




ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО: ОТ СОЗДАНИЯ К ВНЕДРЕНИЮ

Часть 1

Материалы VI Международной научно-практической конференции
молодых ученых Комсомольск-на-Амуре, 5-11 декабря 2022 г.



Комсомольск-на-Амуре
2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО:
ОТ СОЗДАНИЯ К ВНЕДРЕНИЮ**

Часть 1

Материалы VI Международной научно-практической конференции
молодых ученых Комсомольск-на-Амуре, 5-11 декабря 2022 г.

Комсомольск-на-Амуре
2023

УДК 001:62
ББК 95.4
П801

Рецензент – Козин Виктор Михайлович, доктор технических наук, профессор,
заведующий лабораторией «Механика деформирования»
Институт машиноведения и металлургии ХФИЦ ДВО РАН

Редакционная коллегия:

С. И. Сухоруков – канд. техн. наук (отв. ред.);
А. С. Гудим – канд. техн. наук;
Н. Н. Любушкина – канд. техн. наук
(г. Комсомольск-на-Амуре, КнАГУ)

Производственные технологии будущего: от создания к внедрению :
П801 материалы VI Международной научно-практической конференции
молодых ученых, г. Комсомольск-на-Амуре, 5-11 декабря 2022 г. : в 2 частях
/ редкол. : С. И. Сухоруков (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре :
ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2023. – Ч. 1. – 425 с.

ISBN 978-5-7765-1535-4 (Ч. 1)

ISBN 978-5-7765-1534-7

Материалы сборника сформированы по результатам проведения VI Междуна-
родной научно-практической конференции молодых ученых «Производственные тех-
нологии будущего: от создания к внедрению», проходившей в ФГБОУ ВО «КнАГУ»
с 5 по 11 декабря 2022 г., и посвящены актуальным проблемам построения передовых
промышленных производств. Материалы затрагивают все аспекты модернизации
имеющихся и создания новых производств: подготовка кадров, социально-
экономические аспекты, разработка новых и оптимизация имеющихся технологий,
автоматизация и роботизация производства и т.д.

***Конференция проведена в рамках гранта в форме субсидий из федерального
бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию
мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ.***

УДК 001:62
ББК 95.4

ISBN 978-5-7765-1535-4 (Ч. 1)
ISBN 978-5-7765-1534-7

© ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2023

СЕКЦИЯ 1. АВТОМАТИКА, ЭЛЕКТРОПРИВОД И РОБОТОТЕХНИКА

УДК 681.5.042

Азимов Хурсандмурод Хакимович, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Azimov Khursandmurod Hakimovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Мешков Александр Сергеевич, канд. технических наук, доцент, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Meshkov Alexander Sergeevich, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Associate Professor of Electric Drive and Industrial Automation Department, Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ГИСТЕРЕЗИСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ SIMPOWERSYS

MODELING OF A FREQUENCY ELECTRIC DRIVE BASED ON AN ASYNCHRONOUS MOTOR OF A CLOSED SYSTEM BY HYSTERESIS MODULATION USING THE SIMPOWERSYSTEMS LIBRARY

Аннотация. В статье представлено моделирование работы электропривода с асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Разработана модель электропривода замкнутой системы с гистерезисной модуляцией в среде Matlab-Simulink, SimPowerSys которая состоит из электропривод переменного тока с тормозным сопротивлением, инвертор, преобразователь частоты – асинхронного двигателя и система регулирования по току и скорости. Разработанная модель может быть полезна для инженеров, а также специалистов в области автоматизации, проектирования электроприводов и робототехники.

Abstract. The article provides a simulation of the operation of an electric drive from an asynchronous motor with a short-circuited rotor. A closed-loop system electric drive model with hysteresis modulation in Matlab-Simulink, SimPowerSys environment has been developed, which consists of an AC electric drive with braking resistance, an inverter, frequency converter – asynchronous motor and current and speed control system. The developed model can be useful for engineers, as well as specialists in the field of automation, design of electric drives and robotics.

Ключевые слова: частотный электропривод, гистерезисная модуляция, моделирование, Matlab-Simulink, SimPowerSys.

Key words: frequency electric drive, hysteresis modulation, simulation, Matlab-Simulink, SimPowerSys.

Гистерезисная модуляция – метод управления по току обратной связи, где ток двигателя отслеживает задания в пределах гистерезисной зоны.

Следующий рисунок показывает правило действия гистерезисной модуляции. Регулятор генерирует синусоидальный ток поручения желанной величины и частоты, которая сравнивается с фактическим током двигателя. В случае если ток выше верхний граница гистерезисной зоны, то верхний источник плеча инвертора закрывается, а нижний отпирается [1].

В результате, ток начинает уменьшаться. Если ток пересекает нижний предел гистерезисной зоны, нижний ключ плеча инвертора запирается, а верхний отпирается.

В результате, ток возвращается в гистерезисную зону. Следовательно, фактический ток вынужден следовать за током задания в пределах гистерезисной зоны [2].

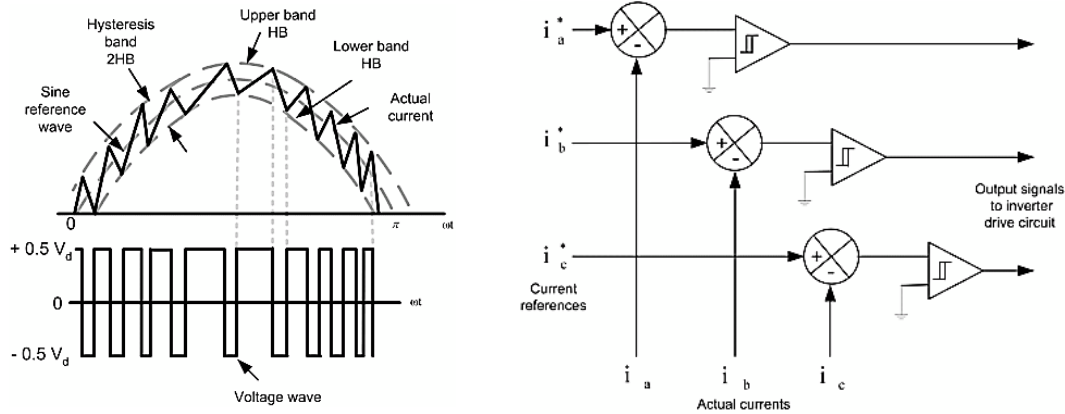


Рисунок 1 – а) Принцип работы гистерезисной модуляции; б) Типичный гистерезисный регулятор тока

На следующем рисунке 1 б) представлена схема управления током при гистерезисной модуляции, которая состоит из трех гистерезисных компараторов, по одному для каждой фазы [1].

Метод пространственной векторной модуляции заключается в том, что в нем нет отдельных компараторов, для каждой из трех фаз. Вместо этого для фиксированной частоты определяется пространственный вектор опорного напряжения V_s , а затем рассчитываются адекватные синхронизированные смежные ненулевые пространственные векторы напряжения инвертора $V_1 - V_6$ и нулевые пространственные векторы напряжения V_0, V_7 . На этой диаграмме, режим проводимости трех плеч инвертора представлен тремя логическими переменными SA, SB, и SC. Логическая 1 означает, что верхний ключ проводит, а логический 0 означает, что проводит нижний ключ [4].

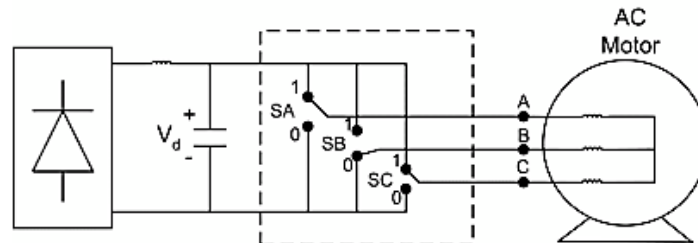


Рисунок 2 – Упрощенная диаграмма VSI PWM инвертора

Переключение SA, SB, SC приводит к восьми различным состояниям инвертора. Шесть векторов – шесть активных режимов работы отстают друг от друга на угол 60 градусов и описывают границу шестиугольника. Два нулевых вектора находятся в начале координат [2].

Напряжение можно найти по формулам 1 и 2.

$$V_b = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot V_s \cdot \sin(\delta) \quad V_a = V_s \cdot \cos(\delta) - \frac{1}{2} \cdot V_b \quad (1)$$

где V_a и V_b – компоненты V_s по векторам V_1 и V_2 , соответственно.

Рассматривая период T_s , в течение которого среднее выходное напряжение должно соответствовать сигналу управления, мы можем определить моменты времени для двух состояний 1 и 2 и состояния нулевого напряжения как:

$$t_a = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_a}{V_d} \cdot T_c; \quad t_b = \frac{2}{3} \cdot \frac{V_b}{V_d} \cdot T_c; \quad t_z = T_c - (t_a + t_b). \quad (2)$$

Рассмотрим моделирование замкнутой системы при гистерезисной модуляции [5].

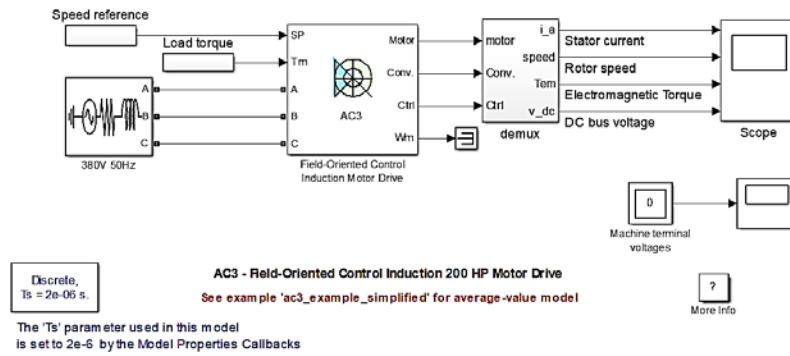


Рисунок 3 – Модель замкнутой системы с гистерезисной модуляцией
 Графики переходных процессов в данной системе представлены на рисунках ниже.

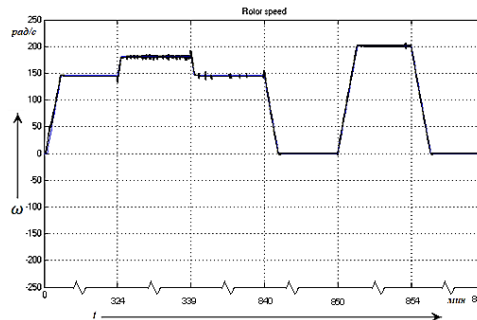


Рисунок 4 – Переходные процессы по скорости

На данном графике отражена скоростная диаграмма работы электропривода. В нулевой момент времени происходит запуск двигателя, и он разгоняется до начальной скорости равной $\omega_c=145,86$ 1/с, далее, в момент времени 125 мин. происходит дальнейший разгон двигателя до $\omega_{max}=181,22$ 1/с. Время переходного процесса составляет при этом 0.5 сек. В момент времени 840 происходит пауза в работе электропривода. Далее происходит запуск электропривода и работа на скорости в режиме затравки и он разгоняется до значения 203,32 1/с. В момент времени 845 мин происходит пауза электропривода.

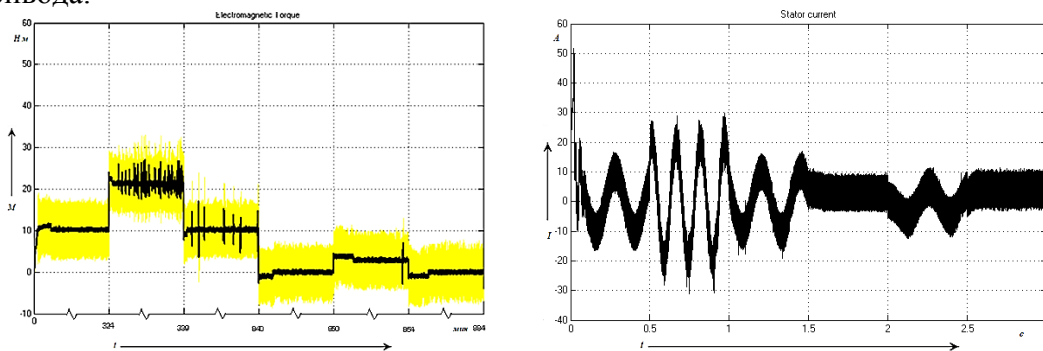


Рисунок 5 – а) Переходные процессы момента двигателя; б) Переходные процессы тока фазы А в статоре

На данном графике наглядно виден переходный процесс тока ротора в фазе А. В момент времени 1,5 сек. двигатель выходит на номинальную скорость при этом амплитуда тока устанавливается на номинальном значении. Увеличенная амплитуда тока до 1,5 сек. обусловлена наличием в момент разгона дополнительного сопротивления на валу двигателя от момента инерции механизма и самого двигателя.

На основе представленных результатов можно сделать вывод о том, что метод векторного управления позволяет регулировать скорость в диапазоне: $D = 1:10000$, с точностью не более 0,2%. Векторное управление позволяет точно регулировать момент даже при низких частотах до 1 Гц.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.
2. Герман-Галкин С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2007. – 320 с.
3. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
4. SimscapePowerSystemsExamples [Электронный ресурс] // MathWorks. - Режим доступа: www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples.html.
5. Терёхин В. Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие / В. Б. Терёхин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 292 с.

УДК 621.3

Биткина Анастасия Александровна, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bitkina Anastasia Alexandrovna, postgraduate student of Komsomolsk-na-Amure State University

Бабушкин Вадим Павлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Babushkin Vadim Pavlovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Киба Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kiba Dmitriy Anatol'evich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Department "Industrial Electronics", Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ МЕЖСИСТЕМНОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ДЕВИАЦИОННЫХ РАБОТ И ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF INTERSYSTEM DATA EXCHANGE OF AN AUTOMATED PLATFORM FOR DEVIATION OPERATIONS AND AN AIRCRAFT

Аннотация. В данном докладе рассматриваются особенности интерфейсов MIL-STD-1553B и RS-485, приведен их сравнительный анализ, проведен анализ возможности применения интерфейса RS-485 для автоматизации технологического процесса установки летательного аппарата на магнитный курс при выполнении девиационных работ.

Abstract. This article examines the features of the MIL-STD-1553B and RS-485 interfaces, provides their comparative analysis, analyzes the possibility of using the RS-485 interface to automate the technological process of installing an aircraft on a magnetic course when performing works on writing off compass deviation.

Ключевые слова: MIL-STD-1553, RS-485, витая пара, промышленные сети

Key words: MIL-STD-1553, RS-485, wire pair, industrial network

В целях автоматизации технологического процесса установки летательных аппаратов на магнитный курс при выполнении девиационных работ одной из важных задач является позиционирование летательного аппарата на магнитном курсе или курсовом углу радиостанции. Для надежности получаемых данных с датчиков принято решение сравнивать значение сенсорной системы платформы текущего магнитного курса или курсового угла радиостанции со значением, определяемым бортовым оборудованием летательного аппарата. В настоящее время, в авионике для информационного обмена используется специально разработанный в США интерфейс MIL-STD-1553 (MIL-STD-

1553В), на основе которого позднее был разработан российский аналог ГОСТ Р 52070-2003 «Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей».

В стандарте MIL-STD-1553 помимо интерфейса описан и собственный протокол передачи данных. Из-за разных протоколов обмена данными, используемых передатчиком (навигационный блок летательного аппарата) и оконечным устройством (система управления автоматизированной маломагнитной платформы) необходимо согласовывать физический и логический уровни сигналов. Из-за значительной удаленности данных элементов системы друг от друга, а также в связи с работой платформы в зоне действия радиолокационных станций и радиотехнических систем ближней навигации, необходимо обеспечить помехозащищенность каналов связи. В целях обеспечения стабильного и устойчивого соединения данных элементов следует выполнить качественное сопряжение двух взаимодействующих интерфейсов.

В качестве интерфейса, используемого платформой, выбран промышленный стандарт RS-485.

В таблице 1 приведено сравнение физических уровней интерфейсов MIL-STD-1553В и RS-485 по некоторым параметрам.

Таблица 1 – Сравнение некоторых характеристик физических уровней интерфейсов MIL-STD-1553В и RS-485

Наименование характеристики	MIL-STD-1553В	RS-485
Тип передачи сигнала	дифференциальный	дифференциальный
Напряжение передачи	Прямое соединение: размах сигнала от 6 до 9 В	От 3 до 10 В
	Соединение через трансформатор: размах сигнала от 18 до 27 В	
Диапазон сигнала приемника	Прямое соединение: размах сигнала от 1,2 до 20 В	-0,2 В ≤ пороговое напряжение ≤ +0,2 В. Это подразумевает пороговый размах напряжения приемника от 0,0 до 0,4 В.
	Соединение через трансформатор: размах сигнала от 0,86 до 14 В	
Метод кодирования сигнала	биполярный фазоманипулированный код (Manchester II)	Не указан
Отклонение прохода через ноль при передаче сигнала	≤ 25 нс	Не указано
Изоляция узла	Требуются изолирующие трансформаторы для всех клемм интерфейса	Изоляция не требуется
Изоляция перекрестных помех между резервированными шинами	≥ 45 дБ	Отсутствует
Входное сопротивление терминала	Прямое соединение: ≥ 2 кОм, от 75 кГц до 1 МГц	Определяет понятие «единичная нагрузка», при которой сопротивление постоянного тока передатчика, приемника или приемопередатчика составляет приблизительно от 8,7 кОм до 12 кОм. Общее входное сопротивление приемника, передатчика или приемопередатчика, включая реактивные (т.е. емкостные) компоненты, не указано. Кроме того, входное сопротивление может быть либо меньше, либо равно, либо больше одной «единичной нагрузки»
	Соединение через трансформатор: ≥ 1 кОм, от 75 кГц до 1 МГц	

Протокол обмена данными MIL-STD-1553 описывает формат сообщения, которое должно состоять из трех 20-разрядных слов: командное слово, ответное слово и слово данных. Передача данных осуществляется на частоте 1 МГц, при этом скорость передачи 20 разрядного слова составляет 1Мбит/с. Скорость передачи для интерфейса RS-485 составляет до 10 Мбит/с.

Необходимая информация о магнитном курсе может быть передана только в слове данных (4 – 19 разряды). Соответственно, контроллер должен получить поток данных, выделить из него полезную информацию и преобразовать в выходной сигнал, который в дальнейшем поступает на терминал интерфейса RS-485.

Согласно стандарту, подключение оконечных устройств осуществляется с помощью развязывающего трансформатора, при этом может дополнительно использоваться согласующий трансформатор. Использование согласующего трансформатора позволяет улучшить основные параметры сигнала и снизить влияние негативных электрических воздействий.

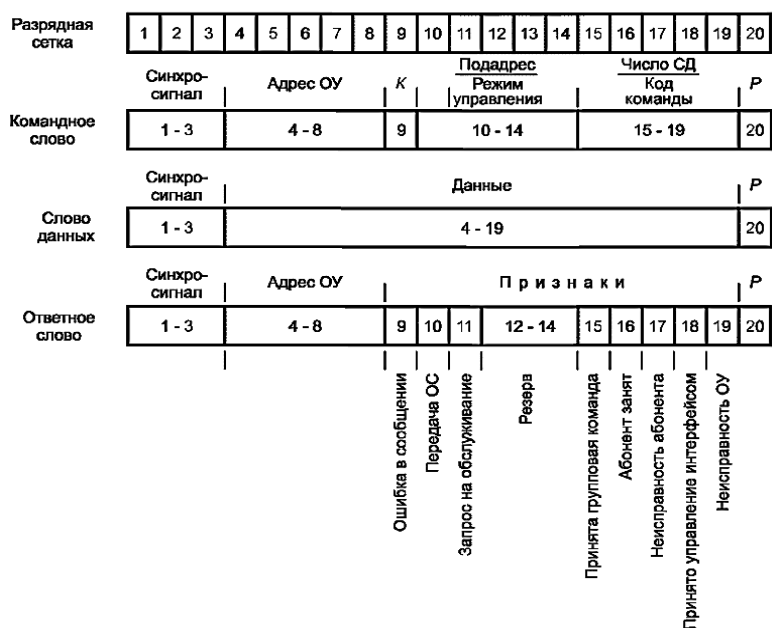


Рисунок 1 – Форматы передаваемых слов

Таким образом, представляется возможным использование интерфейса RS-485 для сопряжения оконечного устройства с источником сигнала на базе протокола MIL-STD-1553 (летательным аппаратом, ориентируемым с помощью автоматизированной платформы для девиационных работ).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- ГОСТ Р 52070-2003. Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Общие требования : принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 5 июня 2003 г. № 182-ст : введен впервые : дата введения 2004-01-01 / разработан Государственным научно-исследовательским институтом авиационных систем с участием Научно-исследовательского института стандартизации и унификации. – Москва : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2003. – IV, 27 с.
- Королев, Е. В. Повышение эффективности использования магистралей ГОСТ 26765.52-87 (MIL-STD-1553B), RS485, CAN в корабельных системах управления / Е. В. Королев // Морской вестник. – 2006. – № 4(20). – С. 38-41.
- Марков, И. Н. Анализ передачи данных по стандарту MIL-STD-1553 / И. Н. Марков, С. Ф. Ключева // Евразийское Научное Объединение. – 2021. – № 4-1(74). – С. 67-71.

Бузикаева Алина Валерьевна, старший преподаватель кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Buzikaeva Alina Valerievna, Senior Lecturer of the Department "Electric Drive and Automation of Industrial Plants", Komsomolsk-na-Amure State University

Зенченко Артем Сергеевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Zenchenko Artem Sergeevich, undergraduate, Komsomolsk-na-Amure State University

Павлов Вячеслав Вячеславович, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pavlov Vyacheslav Vyacheslavovich, undergraduate, Komsomolsk-na-Amure State University

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ С ДВУХЗОННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОДХОДА

IMPLEMENTATION OF CONTROL PROCEDURES IN A SYSTEM WITH TWO-ZONE REGULATION ON THE BASIS OF AN INTELLIGENT APPROACH

Аннотация. В работе представлен синтез многокаскадной нечеткой системы автоматического управления электроприводом с двухзонным регулированием, основным важным свойством которого является формирование законов регулирования для ряда независимых друг от друга физических величин, например, напряжения и потокосцепления. Предложенный подход позволяет сократить трудности, связанные с аппаратной реализацией систем, синтез которых осуществляется путем применения мягких вычислений, а также сократить алгоритмическую сложность в модулях входных и выходных данных.

Abstract. The paper presents the synthesis of a multi-stage fuzzy automatic control system for an electric drive with two-zone regulation, the main important property of which is the formation of control laws for a number of independent physical quantities, for example, voltage and flux linkage. The proposed approach makes it possible to reduce the difficulties associated with the hardware implementation of systems, the synthesis of which is carried out by applying soft calculations, as well as to reduce the algorithmic complexity in the input and output data modules.

Ключевые слова: электропривода с двухзонным регулированием, многокаскадный нечеткий логический регулятор.

Key words: electric drive with two-zone regulation, multistage fuzzy logic controller.

В настоящее время большинство задач, связанных с реализацией систем управления на базе нечеткой логики, сводятся либо к проектированию интеллектуального модуля под конкретный сложный технологический процесс с учетом всех особенностей математического описания, а также ограничений и допущений, накладываемых на объект, либо к применению альтернативных методик, позволяющих увеличить число регулируемых параметров нечетких модулей. Вышеперечисленные подходы чаще всего направлены на упрощение процедур вывода и повышения быстродействия системы в целом, но при этом особенности аппаратной реализации таких систем, а также расширение интеллектуальных возможностей за счет увеличения внутренних параметров модуля при решении таких задач во внимание не принимаются [1].

В качестве типичных объектов регулирования в процессе решения задач комплексной автоматизации производств выступают автоматизированные электроприводы постоянного и переменного тока. Наряду с достаточно большим количеством положительных сторон таких объектов управления, существует и набор недостатков, которые сопутствуют решению сложных задач. Особое внимание в процессах регулирования сложными технологическими объектами уделяется электроприводам с двухзонным регулированием скорости. Такие объекты регулирования применяются в производственных механизмах в том случае, когда работа автоматизированного электропривода на высокой скорости происходит с малым моментом сопротивления на валу двигателя, и, наоборот, когда при работе на низкой скорости требуется максимальное значение момента. Применение двухзонного регулирования скорости в технологических процессах обусловлено предъявляемыми требованиями повышения скорости обработки изделий, что ведет к увеличению производительности и интенсивности производства промышленных установок, и, как следствие, прибыли производства [3,4].

В случаях, когда при решении задач по управлению присутствует необходимость принимать существенное количество допущений (например, при получении полного математического описания технологического объекта), что в результате ведет к снижению точности работы такой системы в целом, целесообразно применять методы, основанные на теории нечетких множеств. Кроме того, применение интеллектуальных регуляторов в СУ позволяет избавиться от ряда недостатков, связанных с особенностями формализации объекта управления.

Таким образом, применение интеллектуальных подходов в системах двухзонного регулирования позволит оптимизировать переходные процессы системы и скомпенсировать влияние нелинейностей в основном канале с учетом изменения параметров объекта управления или окружающей среды [2].

Синтез двухкаскадной системы автоматического регулирования будет осуществляться на базе математической модели системы управления с двухзонным регулированием скорости (рисунок 1).

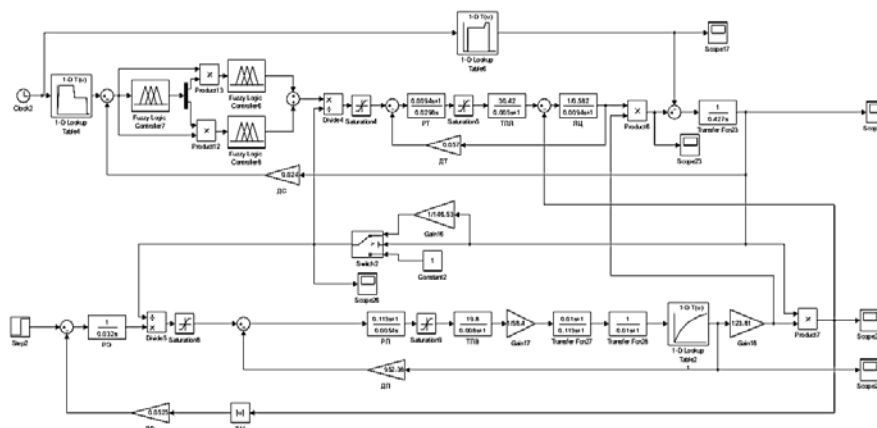
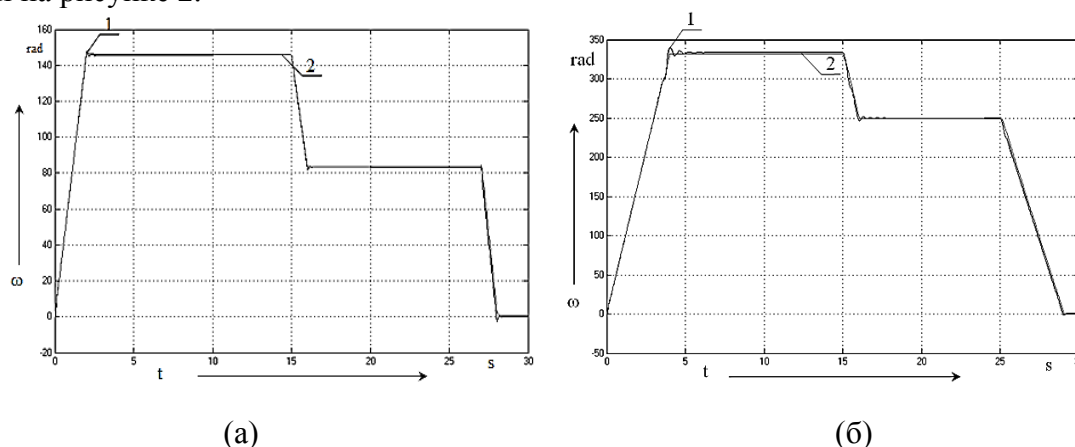


Рисунок 1 – Имитационная модель системы управления с двухзонным регулированием скорости с двухкаскадным нечетким логическим регулятором

Настройка интеллектуальной системы автоматического регулирования осуществляется на основе стандартных подходов, где классический регулятор скорости заменяется интеллектуальным модулем, состоящем из двух каскадов (внешнего и внутреннего) простейших нечетких логических регуляторов с алгоритмом вывода Мамдани и Сугено соответственного. На вход блока фаззификации внешнего нечеткого модуля подается сигнал ошибки по положению. С учетом выбранного механизма вывода в блоке дефаззификации формируются две константы 0 и 1, которые заходят в качестве входных параметров на нечеткие модули внутреннего каскада.

Результаты моделирования классической системы и системы с внедренным интеллектуальным логическим модулем при различных режимах работы скорости приведены на рисунке 2.



1 – система автоматического регулирования с классическим регулятором скорости;
2 – интеллектуальная система автоматического регулирования

Рисунок 2 - Переходные характеристики классической и многокаскадной системы управления с двухзонным регулированием скорости, настроенной на режим до номинальной скорости (а) и на режим сверх номинальной (б)

Анализ графиков переходных характеристик позволяет утверждать, что внедрение в систему автоматизированного электропривода с двухзонным регулированием скорости интеллектуального двухкаскадного модуля позволило получить оптимизированные и качественный переходный процессы, подтверждая работоспособность и эффективность предложенной методики. Модель нечеткой системы управления также показала достаточно хорошие адаптивные свойства.

Благодарности. Исследования проводятся в рамках гранта №ВНО10/2021 «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Соловьев В.А. Нечеткие алгоритмы управления статическим тиристорным компенсатором в системе электроснабжения с переменной нагрузкой / В.А. Соловьев, Н.Е. Дерюжкова, А.В. Купова. Ученые записки КнАГТУ, Комсомольск-на-Амуре, 2020, № 1(41) 2020 «Науки о природе и технике». – С.51-58.
2. Cherniy S.P. Analysis of approaches to modelling the fuzzy control systems with extension of their functional capabilities / S.P. Cherniy V.I. Susdorf, A.V. Buzikaeva, V.N. Khrulkov EAI Endorsed Transactions on Energy Web, 2020, ew 18: e19, DOI:10.4108/eai.13-7-2018.1654969.
3. Стельмашук С. В. , Чернов А. Ю. Синтез ПИД-регулятора системы автоматического регулирования с максимальным быстродействием и ограничением на перерегулирование // Электротехнические системы и комплексы. 2012. № 20. С. 256-265.
4. Стельмашук С.В. Синтез следящего электропривода с контуром скорости, настроенного на модульный оптимум / С.В. Стельмашук, В.А. Бунаков. - Ученые записки КнАГТУ, Комсомольск-на-Амуре, 2016, Т.1, № 4(28), 2016 «Науки о природе и технике». – С.54-62.

Бузикаева Алина Валерьевна, старший преподаватель кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Buzikaeva Alina Valerievna, Senior Lecturer of the Department "Electric Drive and Automation of Industrial Plants", Komsomolsk-na-Amure State University

Павлов Вячеслав Вячеславович, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pavlov Vyacheslav Vyacheslavovich, undergraduate, Komsomolsk-na-Amure State University

Зенченко Артем Сергеевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Zenchenko Artem Sergeevich, undergraduate, Komsomolsk-na-Amure State University

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВОДОГРЕЙНЫМ КОТЛОМ ДКВР

INTELLIGENT CONTROL SYSTEM FOR WATER BOILER DKVR

Аннотация. В работе представлен синтез системы управления расходом топлива модернизированного водогрейного котла ДКВР с применением аппарата мягких вычислений. Предложенная методика внедрения интеллектуального модуля в систему автоматического регулирования, рассматриваемая в рамках работы, позволяет решить проблемы, связанные с повышением быстродействия сложного технологического процесса и его интеллектуальных свойств в целом.

Abstract. The paper presents the synthesis of the fuel consumption control system of the modernized water-heating boiler DKVR using the soft computing apparatus. The proposed method for introducing an intelligent module into an automatic control system, considered within the framework of the work, allows solving problems associated with increasing the speed of a complex technological process and its intellectual properties as a whole.

Ключевые слова: водогрейный котел, электропривод постоянного тока, интеллектуальная система управления, сложный технологический процесс.

Key words: hot water boiler, DC electric drive, intelligent control system, complex technological process.

Термин «энергетика» включает в себя большое количество технологических объектов, встречающихся в различных сферах промышленности. Такие объекты используются при генерации, потреблении и транспортировке как электрической, как и тепловой энергии. Развитие теплогенерирующих установок, функционирующих за счет альтернативных источников энергии (солнечной, ветровой, геотермальной, приливной и др.), является актуальным ввиду увеличения себестоимости добычи традиционных видов топлива. Совокупность всех вышеперечисленные факторов определяет повышение спроса на энергоэффективные виды теплогенерирующих комплексов [1].

В настоящее время водогрейные котлы являются высокоавтоматизированными технологическими объектами. Процесс автоматизации такого сложного технологического объекта позволяет повысить его КПД, снизить удельный расход топлива, а также обеспечить безаварийность работы и оптимизировать процесс выработки теплоносителя. Наряду с глубиной автоматизации технологического процесса эффективность работы определяется еще и оптимальной настройкой автоматических регуляторов системы в целом. Основная масса работ в области теории автоматического управления посвящена вопросам определения приемлемых для данной системы параметров настройки

автоматических регуляторов. При этом необходимо отметить, что все изложенные подходы чаще всего направлены на традиционное выполнение инженерных расчетов. Между тем современная оснащенность объектов промышленности, выполняющих работы по наладке и проектированию систем регулирования путем применения различных электронных устройств для автоматической обработки входных данных, дает возможность их использования для расчета оптимальных параметров настроек регуляторов и повышения интеллектуальных свойств подобного класса сложных нестационарных объектов [2].

На сегодняшний день большое количество исследований связано со сферой искусственного интеллекта, а также интеллектуализацией управления, в частности, со сложными технологическими объектами и процессами. Наиболее перспективным направлением в данной области является развитие нечетких систем на основе аппарата мягких вычислений. Внедрение в автоматическую систему регулирования (АСР) нечеткого логического регулятора (НЛР) позволяет избежать ручной подстройки, так как по определению нечеткая логика моделирует процесс ассоциативного мышления человека, а в данном случае оператора, осуществляющего ручное управление. Кроме этого, основанное на мягких вычислениях управление косвенным образом учитывает неточности и допущения в математическом описании модели объекта управления, которые неизбежны при проектировании классической АСР. Приведенные особенности нечеткого управления позволяют создавать более робастные и эффективные АСР для рассматриваемого класса объектов управления.

При моделировании нечеткой модели АСР расхода топлива применим комбинированный подход. Заменим в структуре АСР (рисунок 1) классический регулятор на интеллектуальный модуль, реализующийся с алгоритмом нечеткого вывода Мамдани; внутренний контур остается без изменений [3, 4].

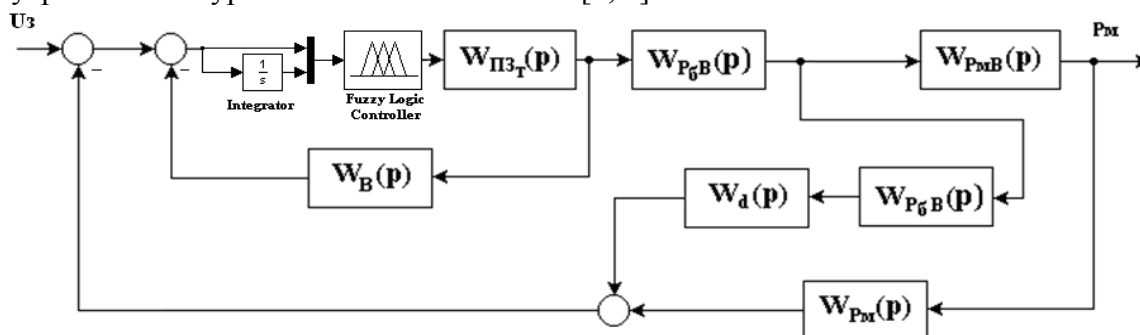


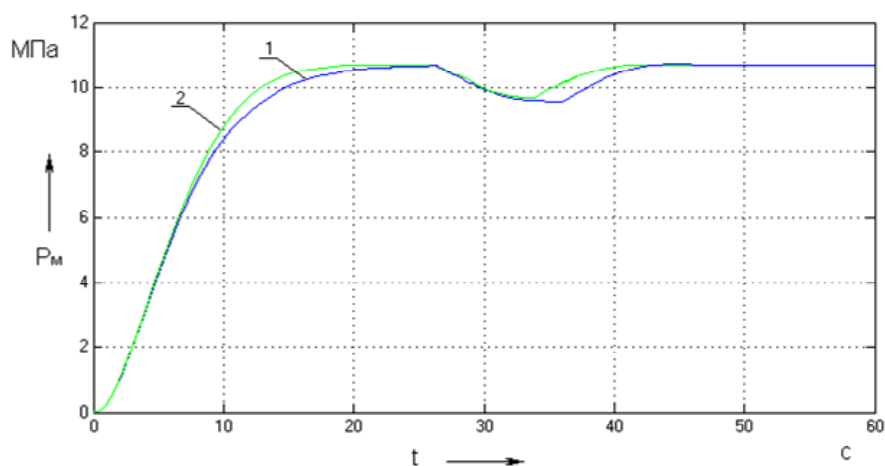
Рисунок 1 - Структурная схема с нечетким регулятором АСР расхода топлива

Настройка регулятора, основанного на принципах нечеткой логики, осуществляется путем применения типовых методик и алгоритмов. Продукционная база правил НЛР представлена ниже:

1. Если (input1 is b) и (input2 is m), тогда (output1 is b),
2. Если (input1 is z) и (input2 is z), тогда (output1 is m),
3. Если (input1 is m) и (input2 is m), тогда (output1 is m),
4. Если (input1 is m) и (input2 is z), тогда (output1 is m).

В процессе моделирования классической и интеллектуальной системы управления расходом топлива модернизированного водогрейного котла ДКВР и подаче возмущающего воздействия были получены графики переходных характеристик, приведенные на рисунке 2.

Исходя из анализа графиков переходных процессов АСР расхода топлива можно сделать вывод, что предложенная реализация нечеткого логического регулятора позволяет организовывать процедуры интеллектуального управления сложным технологическим процессом.



1 - классическая АСР; 2 – нечеткая АСР

Рисунок 2 – Графики переходных процессов

Результат внедрения в АСР интеллектуального модуля заключается в достижении параметрами системы установившегося режима путем увеличения объема и качества обработки входного и выходного сигнала. Однако существует и ряд недостатков, которые связаны с необходимостью привлечения экспертных оценок в процессе настройки НЛР [5].

Полученные результаты могут быть адаптированы и для других подобных систем управления сложными технологическими объектами, которым присущи аналогичные требования и ограничения.

Благодарности. Исследования проводятся в рамках гранта №ВНО10/2021 «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кузьмин Р.В., Ербулатов П.А. Электромеханическая система генерирования энергии на базе ветрогенератора // В сборнике: Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы IV Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 103-105.
2. Стельмашук С.В., Чернов А.Ю. Синтез ПИД-регулятора системы автоматического регулирования с максимальным быстродействием и ограничением на перерегулирование // Электротехнические системы и комплексы. 2012. № 20. С. 256-265.
3. Соловьев В.А. Нечеткие алгоритмы управления статическим тиристорным компенсатором в системе электроснабжения с переменной нагрузкой / В.А. Соловьев, Н.Е. Дерюжкова, А.В. Купова. Ученые записки КнАГТУ, Комсомольск-на-Амуре, 2020, № 1(41) 2020 «Науки о природе и технике». – С.51-58.
4. Максимова Н.А., Черный С.П., Сухоруков С.И. Особенности моделирования развитых нечётких систем с алгоритмом вывода Мамдани для управления электроприводами постоянного тока // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2021. № 1 (49). С. 37-50.
5. Cherniy S.P. Analysis of approaches to modelling the fuzzy control systems with extension of their functional capabilities / S.P. Cherniy V.I. Susdorf, A.V. Buzikaeva, V.N. Khrulkov EAI Endorsed Transactions on Energy Web, 2020, ew 18: e19, DOI:10.4108/eai.13-7-2018.1654969.

Герашенко Владислава Владимировна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Geraschenko Vladislava Vladimirovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University
Сухоруков Сергей Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhorukov Sergei Ivanovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department "Electric drive and automation of industrial installations" of Komsomolsk-na-Amure State University

РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОДУЛЯ ОТРЕЗАНИЯ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СТАНЦИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ СВАРОЧНОЙ ГОРЕЛКИ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

CALCULATION OF MECHANICAL PARAMETERS OF THE WIRE CUTTING MODULE FOR AN AUTOMATED WELDING TORCH MAINTENANCE STATION OF A ROBOTIC COMPLEX

Аннотация. В данной работе на основе анализа требований к осуществлению периодической очистки горелки роботизированного сварочного комплекса описан возможный конструктив модуля обрезки проволоки. Рассмотрены наиболее распространенные варианты проволоки. Осуществлен расчет необходимого усилия резания проволоки и выбран пневмоцилиндр для дальнейшей реализации системы.

Abstract. In this work, based on the analysis of the requirements for the implementation of periodic cleaning of the torch of a robotic welding complex, a possible design of the wire trimming module is described. The most common wire options are considered. The required wire cutting force was calculated and a pneumatic cylinder was selected for further implementation of the system.

Ключевые слова: механические параметры, автоматизация, роботизированный комплекс, сварка.

Key words: mechanical parameters, automation, robotic complex, welding.

Одной из важнейших задач построения эффективного производства сегодня является повышение производительности и качества выпускаемой продукции. Во многих случаях это достигается за счет применения подходов, направленных на снижение влияния человека непосредственно на процессы производства. Одним из вариантов таких подходов является внедрение роботизированных систем в различные производства.

Одной из наиболее известных задач, решаемых с применением промышленных роботов-манипуляторов, является сварка металлических изделий. Роботы применяются для реализации электродуговой сварки (преимущественно MIG/MAG технологии) и точечной сварки. Для каждого из этих типов сварки характерны свои проблемы при реализации и эксплуатации. Так, например, в сфере роботизации электродуговой MIG/MAG сварки существует проблема организации очистки и обслуживания сварочной горелки при больших объемах сварочных работ.

Основными факторами, обуславливающими наличие данной проблемы, являются образование брызг металла в процессе сварки и некорректная длина и форма проволоки при начале сварки нового шва. Брызги металла налипают на элементы сварочной горелки (сопло, токосъемный наконечник и др.), что приводит к ухудшению качества сварного шва, либо прерыванию процесса сварки вообще. Некорректная форма и длин-

на проволоки связана с технологическими особенностями процесса: для нормального зажигания дуги и протекания сварки в целом требуется острого определенной вылет проволоки (рис.1). При этом в реальном процессе сварки по завершению предыдущего сварного шва проволока может не только обладать более коротким вылетом, чем этого требует технология, но и на конце проволоки может образовываться застывшая капля с диаметром большим, чем диаметр проволоки. Это приводит к неравномерности параметров сварки в зоне начала шва и может снижать качество сварных соединений.

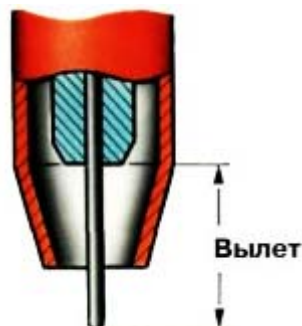


Рисунок 1 – Вылет электродной проволоки

Для решения вышеописанных проблем необходимо обслуживание сварочной горелки – механическая очистка сопла от брызг и подрезка проволоки в требуемый размер. При ручной сварке все это выполняет сварщик вручную, но в роботизированном процессе такой вариант недопустим. Поэтому требуется разработка системы автоматизированного обслуживания сварочной горелки. В процессе разработки такой системы важным этапом является расчет механических параметров модуля отрезания проволоки, входящего в состав системы.

Конструктивно модуль будет представлять собой небольшие ножницы с одним фиксированным лезвием и одним подвижным лезвием, которое предполагается перемещать посредством пневмоцилиндра. В рамках данной работы будет осуществлен расчет механических параметров, и выбор цилиндра для реализации модуля отрезания проволоки.

Базовым исходным параметром для такого расчета будут являться прочностные характеристики проволоки. Эти характеристики определяются диаметром проволоки и пределом прочности на срез материала, из которого изготовлена проволока. Наиболее распространены проволоки с диаметрами в диапазоне от 0,8 мм до 2 мм. Выбор конкретного диаметра зависит от толщины свариваемого металла и положения шва в пространстве. При этом существует возможность замены проволоки на другой диаметр на одном и том же сварочном комплексе. Поэтому расчет необходимо выполнять для наиболее сложного случая и предусматривать запас, чтобы модуль обрезки нормально функционировал при любом диаметре проволоки. Расчеты будем вести для стальной проволоки, как наиболее распространенной в задачах роботизированной сварки. При таком подходе механических характеристик модуля будет достаточно и для работы с алюминиевыми и иными сварочными проволоками.

Рассчитаем усилие, необходимое для отрезания проволоки, для наиболее популярных сочетаний диаметра и материала проволок. Усилие в таком случае можно определить по формуле 1.

$$F = S \cdot \sigma \quad (1)$$

где S – площадь поперечного сечения проволоки, м^2

σ – предел прочности на сдвиг, Па.

Предел прочности на сдвиг рассчитывается по формуле:

$$\sigma = 0.83 \cdot \sigma_{\text{раз}} \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{раз}}$ – предел прочности на разрыв, Па.

Возьмём самые популярные диаметры сварочных проволок и произведём расчёт механических параметров для модуля отрезания проволоки автоматизированной станции обслуживания сварочной горелки роботизированного комплекса для трех различных диаметров проволоки СВ08Г2С: 0,8, 1,2 и 2 мм. Предел прочности на разрыв в данном случае составляет 1372 МПа

Таблица 1 – Параметры для отрезания проволоки

	Площадь поперечного сечения, мм ²	Усилие для отрезания, Н
СВ08Г2С 0,8 мм	0,5	572
СВ08Г2С 2 мм	3,1	2683
СВ08Г2С 1,2 мм	1,1	507

Исходя из полученных данных рассчитаем диаметр необходимого нам пневмоцилиндра. Возьмем наиболее распространённое рабочее давление 8 бар. Для выбора пневмоцилиндра возьмем максимальное из рассчитанных усилий с запасом в 50 %:

$$F_1 = 2683 \cdot 1,5 = 4025 \text{ Н} \quad (3)$$

При рабочем давлении 8 бар минимально необходимая площадь поршня пневмоцилиндра может быть определена по формуле 4:

$$S = \frac{F_1}{P} = \frac{4025}{800000} = 0,0051 \text{ м}^2 \quad (4)$$

Минимальный диаметр поршня при этом составит:

$$d = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,0051 \cdot 4}{3,14}} = 0,08 \text{ м} = 80 \text{ мм} \quad (5)$$

где d – диаметр поршня, мм

Выбираем из стандартных диаметров ближайший, который составляет 80 мм. Из имеющегося ассортимента может быть использован пневмоцилиндр от производителя Camozzi 60M2L080A0025 с диаметром поршня 80 мм и ходом 25 мм.

В рамках данной работы определены требования к модулю отрезания проволоки для автоматизированной станции обслуживания сварочной горелки роботизированного комплекса, а также рассчитаны его механические параметры для подбора. Проведённые расчёты позволили выбрать пневмоцилиндр для дальнейшей разработки модуля отрезания проволоки для автоматизированной станции обслуживания сварочной горелки роботизированного комплекса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сварочная проволока св08г2с - технические характеристики / [Электронный ресурс] // Металлы и металлообработка: — URL: <https://sar-svarka.ru/obrabotka-i-raboty/provoloka-1-2-08g2s.html>
2. SM-70 / [Электронный ресурс] // HYUNDAI WELDING: — URL: <http://hyundaiwelding-rus.ru/catalog/provoloki-sploshnogo-secheniya/provolok-a-dlya-svarki-uglerodistykh-i-nizkolegiro/sm-70/>
3. Предел прочности на сдвиг / [Электронный ресурс] // PART community : — URL: <https://b2b.partcommunity.com/community/knowledge/ru/detail/4565/Предел+прочности+на+сдвиг>
4. Шебеко, Л.П. Оборудование и технология автоматической и механизированной сварки / Л.П. Шебеко – М.: Высшая школа, 1986. – 279 с
5. Юхин, Н.А. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG) / Н.А. Юхин – М.: Союзло, 2008. – 73 с

Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavy Alexander Ivanovich, candidate of technical sciences, associate professor, Komsomolsk-na-Amure State University

Дербенёв Александр Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Derbenyov Alexander Alexandrovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПО ТРАЕКТОРНОЙ ТОЧНОСТИ МАНИПУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE OPTIMAL IN TRAJECTORY ACCURACY OF THE MANIPULATION SYSTEM

Аннотация. В данной статье представлен сравнительный анализ эффективности модального и оптимального подходов при синтезе регуляторов системы управления манипуляционным механизмом в условиях обеспечения заданной траекторной точности и энергоэффективности. Настройка регулятора на оптимальный подход производилась с критерием на точность отработки системы.

Abstract. This article presents a comparative analysis of the effectiveness of the modal and optimal approaches in the synthesis of controllers of the manipulation mechanism control system under the conditions of ensuring a given trajectory accuracy and energy efficiency. The adjustment of the regulator for the optimal approach was carried out with the criterion for the accuracy of the system development.

Ключевые слова: оптимальность, модальность, траекторное перемещение, точность, энергоэффективность.

Key words: optimality, modality, trajectory movement, accuracy, energy efficiency.

Оптимальный подход к синтезу регуляторов состояния [1] обладает большей вариативностью настроек регуляторов по сравнению с подчиненным регулированием и модальным управлением в электромеханических системах.

При соответствующем выборе компромисса между точностью и энергетическими затратами можно формировать оптимальные регуляторы требуемой (или максимальной) эффективности.

Для формирования и анализа траекторных перемещений был разработан моделирующий стенд систем управления мехатронными модулями в составе двухкоординатной манипуляционной системы (рисунок 1).

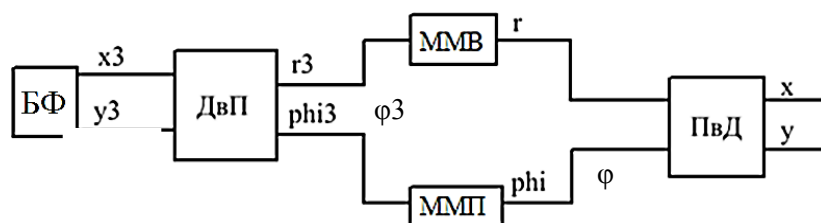


Рисунок 1 – Структура моделирующего стенд

В блоке БФ формируется заданная траектория перемещения (например, квадрат) в декартовой системе координат. Блок ДВП преобразует декартовые координаты в полярные и сигналы задания радиуса и угла (r_3 , ϕ_3) подаются на мехатронный модуль вы-

движения (ММВ) и мехатронный модуль поворота (ММП). Блок ПвД преобразует полярные координаты в декартовые, что позволяет сравнивать заданную траекторию с траекторией выполненной манипуляционной системой.

ММВ и ММП являются электроприводами постоянного тока с четырьмя переменными состояниями ($n = 4$): перемещение (r, φ), скорость (V, ω), ток (I_a) и ЭДС тиристорного преобразователя ($E_{тп}$) с параметрами, приведёнными в пособии [2].

Построение модальных и оптимальных регуляторов производилось в соответствии с расчётами, приведёнными в [1] и [3] так, чтобы переходные характеристики мехатронных модулей в результате синтеза были близки, что обеспечивает возможность сравнения точностных и энергетических характеристик вне зависимости от быстродействия модулей с различными настройками.

Исследование точности траекторного перемещения в форме квадрата со временем обхода траектории за 5 секунд продемонстрировано на рисунках 2-5. Как видно из рисунков 2-3 точность обхода углов мехатронными модулями с модальными и оптимальными регуляторами одинакова, а токи в пиковых значениях в системах с оптимальным регулятором значительно меньше (рисунки 4-5), что подтверждает меньшие затраты энергии.

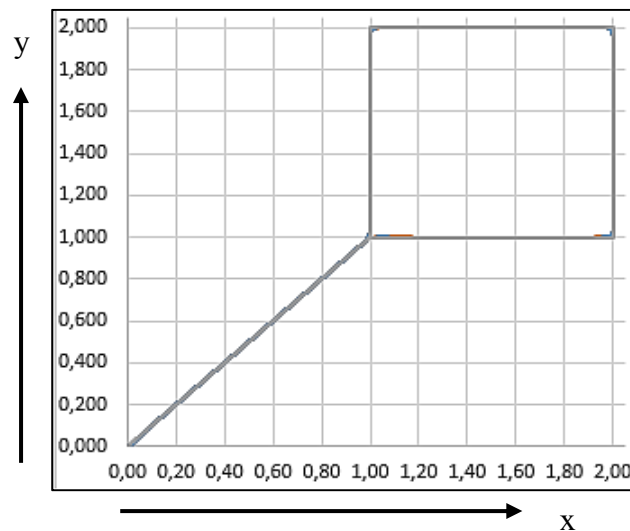
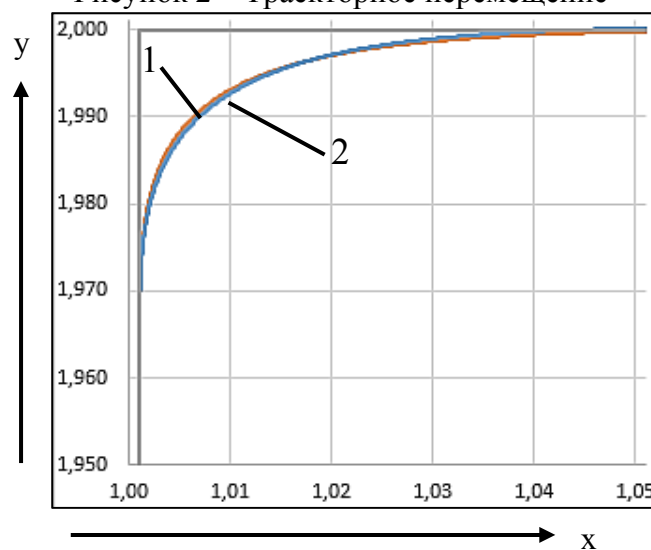


Рисунок 2 – Траекторное перемещение



1 – система с оптимальными регуляторами, 2 – система с модальными регуляторами

Рисунок 3 – Обход углов траекторного перемещения

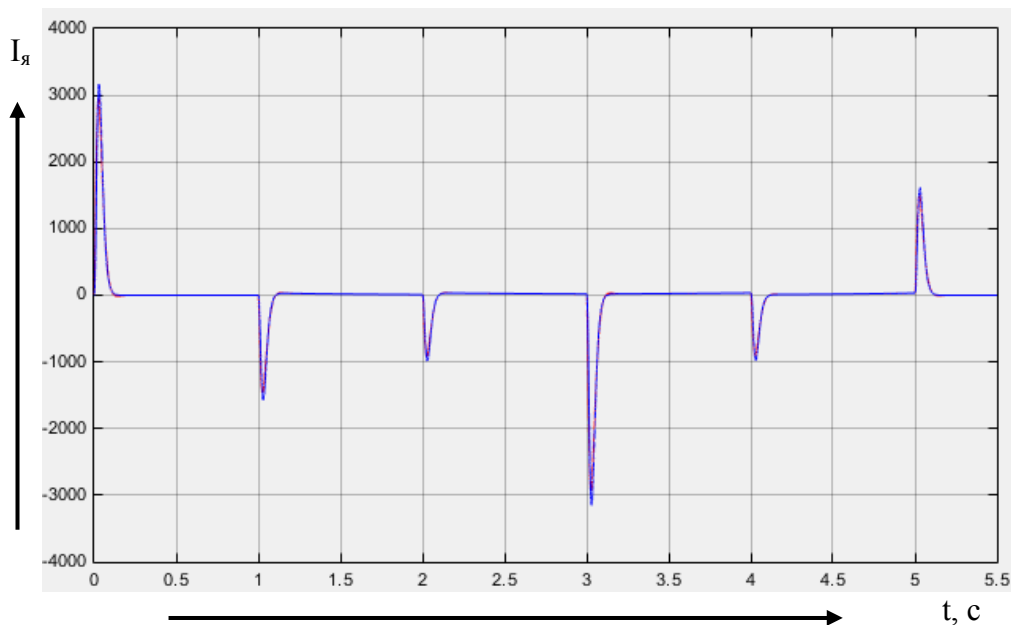
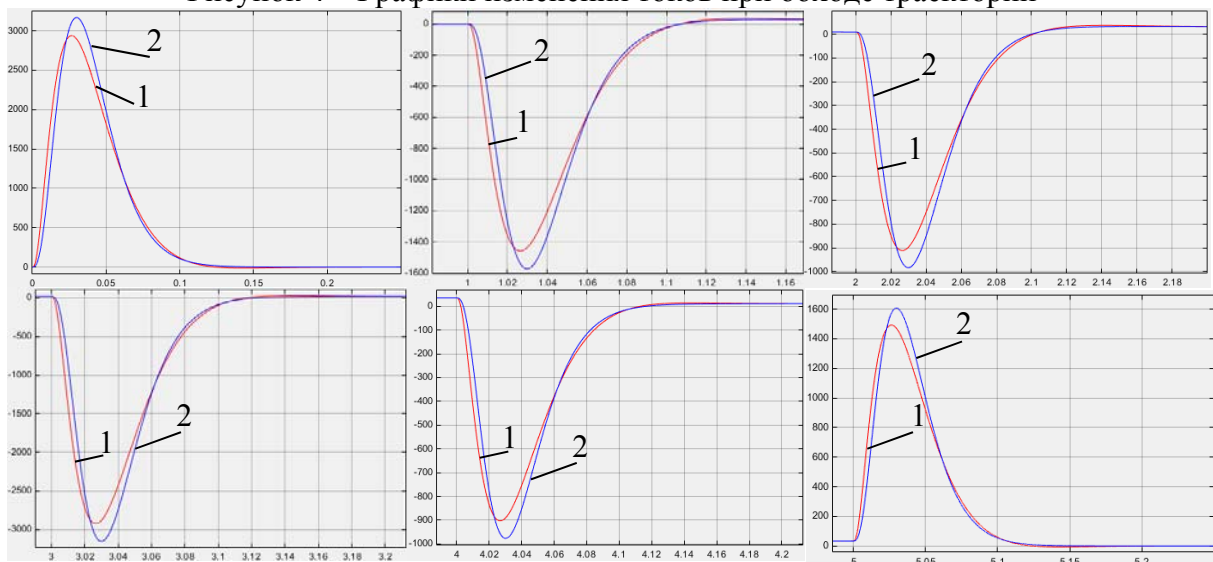


Рисунок 4 – Графики изменения токов при обходе траектории



1 – система с оптимальными регуляторами, 2 – система с модальными регуляторами

Рисунок 5 – Пики токов при обходе траектории

Расчёты и исследования показали, что полученные даже методом подбора компромиссы между точностью траекторных перемещений и энергоэффективностью при оптимальном подходе к синтезу системы позволяют снизить энергетические затраты при сохранении точности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Квакернаак, Х. Линейные оптимальные системы управления / Х. Квакернат, Р. Сиван – М.: Мир, 1977 – 650 с.
2. Горькавый, А.И. Математические основы элементов, систем и процессов управления: учебное пособие / А.И. Горькавый, М.А. Горькавый. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2016. – 70 с.
3. Кузков, Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства / Н.Т. Кузков. – М.: Машиностроение, 1976. – 184 с.

Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривода и автоматизации промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavy Aleksandr Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Electro drive Engineering and Industrial Automation, Komsomolsk-na-Amure State University

Поздняков Виктор Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pozdnyakov Victor Sergeevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ С ГИБКО ИЗМЕНЯЕМОЙ СИСТЕМОЙ ОПТИМАЛЬНОГО АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

MECHATRONIC MODULE WITH FLEXIBLY VARIABLE OPTIMAL ADAPTIVE CONTROL SYSTEM

Аннотация. В работе представлен адаптивно оптимальный подход синтеза системы управления мехатронного модуля, функционирующим в следящем режиме. Проведены исследования разработанной системы на математической модели с вариацией частоты и момента инерции. Получены графики исследования адаптационных возможностей предложенной системы на конкретном примере.

Abstract. The paper presents an adaptively optimal approach to the synthesis of a mechatronic module control system operating in a tracking mode. Studies of the developed system on a mathematical model with a variation of frequency and moment of inertia have been carried out. Graphs of the study of the adaptive capabilities of the proposed system on a specific example are obtained.

Ключевые слова: мехатронный модуль, система управления, адаптивное управление, оптимальный регулятор, электропривод.

Key words: mechatronic module, control system, adaptive control, optimal regulator, electric drive.

В настоящее время промышленные роботы (ПР) являются важной частью автоматизированного производства. Одним из основных элементов ПР являются мехатронные модули, преобразующие электрическую энергию источника питания в механическую с значениями вращающего момента и скорости, необходимыми для формирования движения отдельных осей (исполнительного механизма ПР). Повышение производительности и качества функционирования роботизированных технологических комплексов является одним из требований при формировании структур управления мехатронными модулями. Однако в условиях изменения конфигурации движения манипуляционных механизмов влекут за собой значительные переменные динамические (связанные с изменением инерционности) и статические нагрузки.

Одним из возможных технических решений в таком направлении является использование адаптивной системы с изменяемыми динамическими характеристиками на основе скользящего режима. Данное решение было рассмотрено и обосновано в работе [1]. Адаптивные возможности системы по отношению к изменению инерционности формируется на базе скользящего режима, а точностные характеристики при обработке изменяющего входного сигнала формируются переключением структур оптимальных регуляторов эталонной модели.

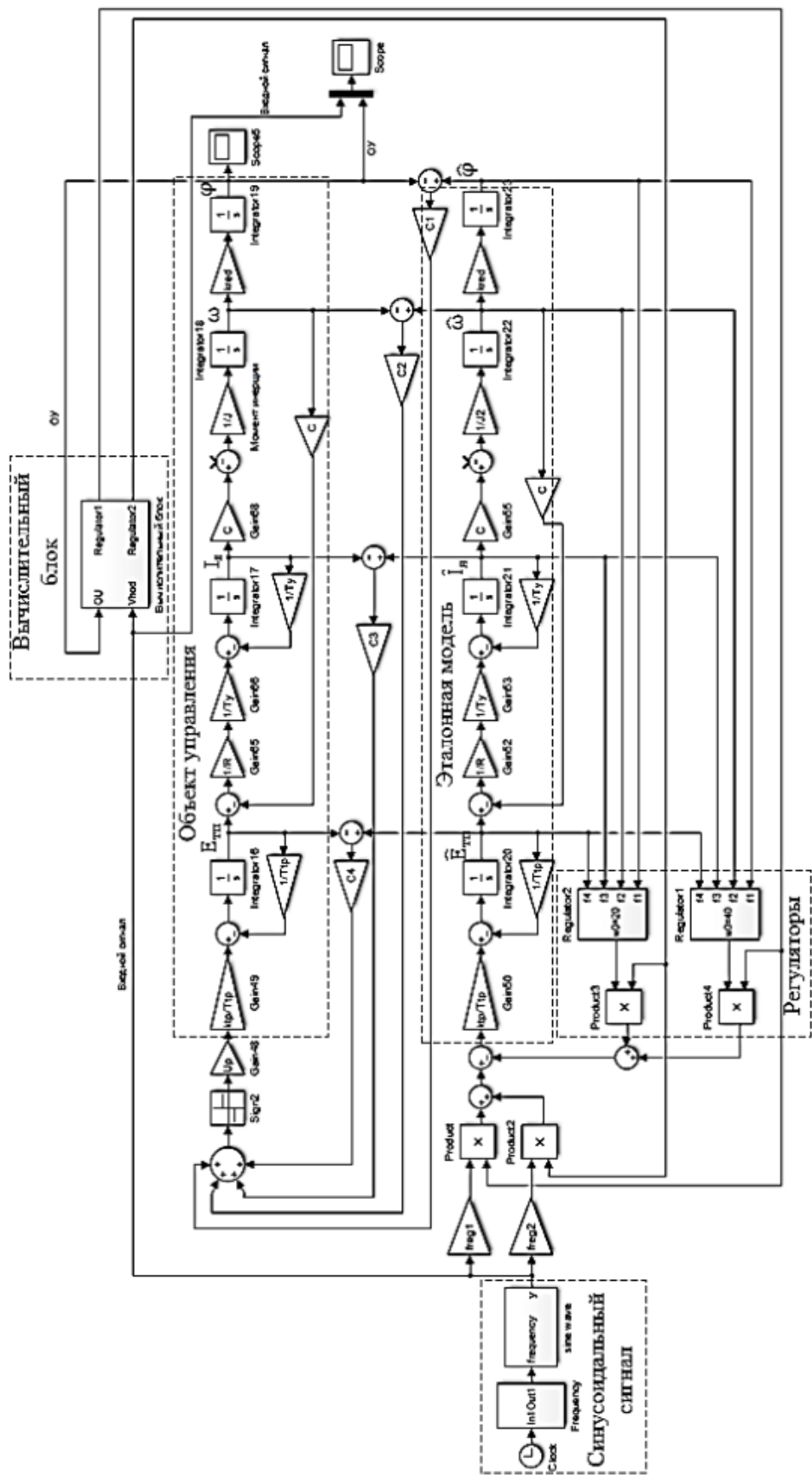


Рисунок 1 – Структурная схема модели мехатронного модуля с гибко изменяемой системой оптимального адаптивного управления

На рисунке 1 представлена математическая модель мехатронного модуля с гибко изменяемой системой оптимального адаптивного управления, смоделированная в среде MATLAB Simulink.

В процесс отработки системой изменяющегося входного сигнала вычислительный блок оценивает ошибку слежения и при ее повышении переключает оптимальный регулятор эталонной модели на большее быстродействие. При моделировании и исследовании работоспособности системы на ее вход подавался гармонический сигнал с изменяющейся частотой

Представленная модель включает в себя объект управления, эталонную модель, два оптимальных регулятора (1, 2), синусоидальный сигнал, вычислительный блок.

Коэффициенты системы (C_1, C_2, C_3, C_4, U_p), изображенной на рисунке 1, либо вычисляются в соответствии с [3], либо подбираются таким образом, чтобы система была адаптивной.

На рисунке 2 приведены графики входного и выходного сигналов системы управления мехатронным модулем.

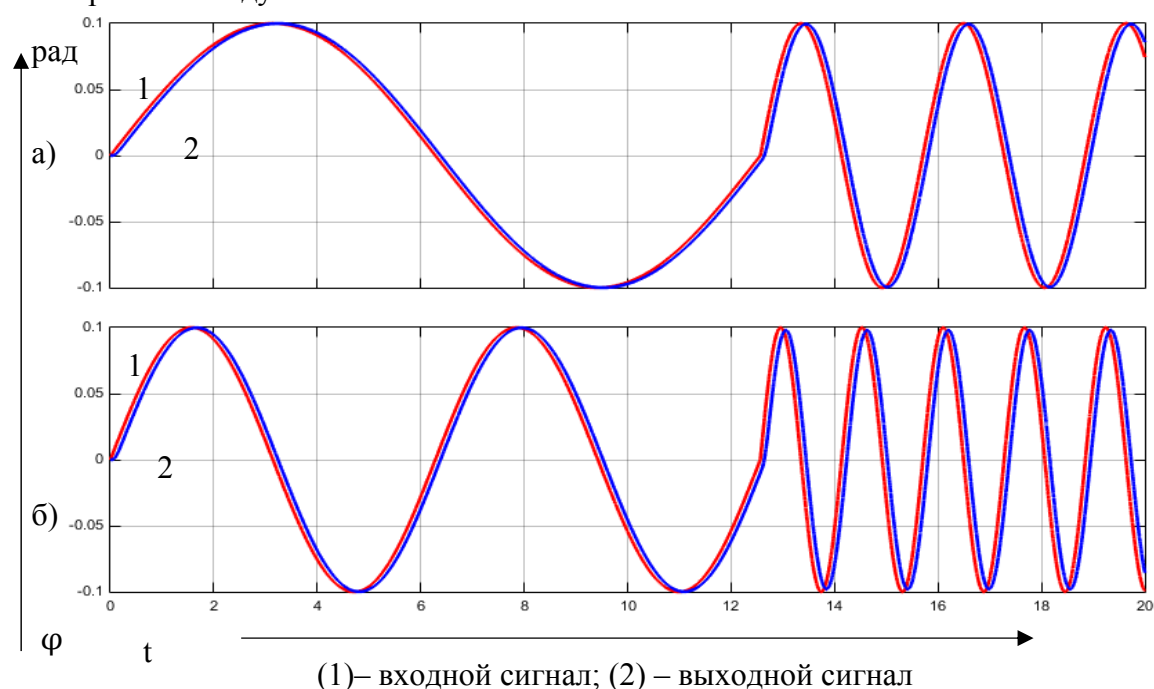


Рисунок 2 – выходного сигналов системы управления мехатронным модулем

Как можно видеть из рисунка 2, система обеспечивает требуемую динамическую точность в условиях изменения частоты входного сигнала. При усложнении вычислительного блока и большего числа регуляторов в эталонной модели динамические ошибки могут быть минимизированы в более широком диапазоне частот.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Поздняков, В.С. Адаптивная система с изменяемыми динамическими характеристиками / В. С. Поздняков, А. И. Горькавый // IV Всероссийская национальная научная конференция молодых учёных «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований» : материалы IV Всеросс. нац. науч. конф., Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апреля 2021 г. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – Ч. 2. – С. 46-48.

2. Горькавый А.И. Математические основы элементов, систем и процессов управления: учебное пособие / А.И. Горькавый, М.А. Горькавый. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2016. – 70 с.

3. Уткин В.И. Скользящие режимы в задачах оптимизации и управления / В.И. Уткин. – М. : Наука, 1981. – 367 с.

Дерюжкова Нелли Егоровна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Deryuzhkova Nelly Egorovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

Горохов Антон Викторович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorokhov Anton Viktorovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ

ENERGY-POWER PARAMETERS OF LONG-RANGE ROLLING

Аннотация: В статье рассмотрена методика расчета энергосиловых параметров сортовой прокатки. Приведены основные аналитические выражения для определения составляющих момента прокатного двигателя. Представленная методика может быть рекомендована для поверочного расчета мощности главных приводов прокатных станов.

Abstract: The article considers a method for calculating the energy-power parameters of section rolling. The main analytical expressions for determining the components of the moment of a rolling engine are given. The presented technique can be recommended for verification calculation of the power of the main drives of rolling mills.

Ключевые слова: сортовая прокатка; энергосиловые параметры; усилие прокатки; крутящий момент; мощность прокатки.

Key words: high-grade rolling; power parameters; rolling force; torque; rolling power.

Применяемые методики расчета деформации металла и силовых энергетических параметрах можно разделять способы расчета на три типа при прокатке в калибрах: эмпирические методы; методы соответственной полосы; методы, основанные на использовании законов механики деформируемого тела.

На базе большого статистического опыта создания калибровок валков построены эмпирические методы, в результате которых составлены эмпирические формулы и графики с целью установления коэффициентов вытяжки, уширения и силовых энергетических параметров при прокатке по разным системам калибров.

Основа всех методов соответственной полосы состоит в том, что расчет формоизменения фасонной полосы в калибре подменяется расчетом формоизменения подходящей прямоугольной полосы в гладких валках.

Метод, уравнения пластичности и совместного решения упрощенных уравнений равновесия, получил большое распространение, которое дает возможность для плоских и осесимметричных задач находить силовые энергетические параметры [1].

Для поверочного расчета мощности рабочей клетки сортового стана используем следующие математические модели силовых энергетических параметров.

В виде четырех составляющих в общем случае можно представить крутящий момент, развиваемый прокатным двигателем, Н·м:

$$M = M_{\text{пр}} + M_{\text{тр}} + M_{\text{xx}} \pm M_{\text{дин}} \quad (1)$$

Для преодоления сил формоизменения прокатываемого металла и сил трения между металлом и валками необходим крутящий момент прокатки $M_{\text{пр}}$, кН·м:

$$M_{\text{пр}} = 2 \cdot F_{\text{пр}} \cdot e, \quad (2)$$

где $F_{\text{пр}}$ – усилие прокатки, кН; e – плечо приложения равнодействующего усилия прокатки, мм.

По нижеследующему выражению рассчитываются моменты добавочных сил трения, в подшипниках рабочих валков и в редукторных механизмах при прокатке металла, Н·м

$$M_{\text{тр}} = M_{\text{тр1}} + M_{\text{тр2}}, \quad (3)$$

где $M_{\text{тр1}}$ – крутящий момент добавочных сил трения в подшипниках валков, Н·м; $M_{\text{тр2}}$ – крутящий момент сил трения в редукторе привода стана, Н·м.

$$M_{\text{тр1}} = \frac{F_{\text{пр}} \cdot d \cdot \mu}{i}, \quad (4)$$

где d – диаметр шейки валков, м; μ – коэффициент трения в подшипниках валков; i – передаточное число.

По нижеследующему выражению рассчитывается крутящий момент сил трения $M_{\text{тр2}}$ в редукторе электропривода стана, Н·м:

$$M_{\text{тр2}} = \left(\frac{1}{\eta} - 1\right) \cdot M_{\text{пр}} + \frac{F_{\text{пр}} \cdot d \cdot \mu}{i}, \quad (5)$$

где η – К.П.Д. редуктора.

$M_{\text{хх}}$ – крутящий момент, необходимый для электропривода стана на холостом ходу (берется равным 3-5% от номинального момента предварительного выбранного двигателя).

$M_{\text{дин}}$ – динамический крутящий момент, необходимый для преодоления инерционных усилий при изменении скорости вращения валков.

Статический крутящий момент сопротивления на валу прокатного двигателя создают первые три составляющие.

Расчет динамического момента производится по нижеследующему выражению при разгоне привода

$$M_{\text{дин}} = \frac{J}{9,55} a, \quad (6)$$

где J – общий момент инерции, кг/см²; a – ускорение, об/мин/с

Из трех составляющих состоит общий крутящий момент инерции: крутящего момента инерции стана, приведенного к валу электродвигателя и крутящего момента инерции металла, которым обычно пренебрегают; крутящего момента инерции электродвигателя, который известен из паспортных данных электрического двигателя;

По выражению (7) рассчитывается усилие прокатки, кН:

$$F_{\text{пр}} = P_{\text{ср}} \cdot A_{\text{конт}}, \quad (7)$$

где $P_{\text{ср}}$ – среднее давление металла на валки, МПа; $A_{\text{конт}}$ – площадь горизонтальной проекции контактной поверхности, мм².

Для определения среднего удельного давления используем выражение (8), МПа:

$$P_{\text{ср}} = n_{\sigma} \cdot \sigma_{\phi}, \quad (8)$$

где n_{σ} – коэффициент напряженного состояния; σ_{ϕ} – фактическое сопротивление металла деформации, МПа.

По нижеследующему математическому выражению, рассчитывается фактическое сопротивление металла, МПа:

$$\sigma_{\phi} = \sigma_0 \cdot U^a \cdot (10\varepsilon)^b \cdot \left(\frac{T}{1000}\right)^c, \quad (9)$$

где σ_0 – сопротивление металла деформации, МПа; U – скорость деформации, с⁻¹; ε – относительное обжатие; a, b, c – термомеханические коэффициенты.

Относительное обжатие:

$$\varepsilon = 1 - \frac{1}{\beta \cdot \mu}, \quad (10)$$

где μ – коэффициент вытяжки; β – коэффициент уширения:

$$\beta = \frac{b_1}{b_0}, \quad (11)$$

Скорость деформации, с⁻¹:

$$U = 0,105 \cdot n \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{кат}} \cdot \varepsilon}{2 \cdot h_{\text{пр}}}}, \quad (12)$$

где n – частота вращения валков, об/мин; $h_{\text{пр}}$ – высота металла до прокатки, мм; $D_{\text{кат}}$ – катающий диаметр валков, мм.

Катающий диаметр, мм:

$$D_{\text{кат}} = D - h_{1\text{пр}} + s, \quad (13)$$

где D – диаметр валков, мм; $h_{1\text{пр}}$ – высота металл после пропуска, мм; s – зазор между валками, мм.

Частота вращения валков, об/мин:

$$n = V_{\text{пр}} \cdot 60 \cdot \frac{1000}{\pi \cdot D_{\text{кат}}}, \quad (14)$$

Коэффициент напряженного состояния:

$$n_{\sigma} = 7,072 - 8,444 \cdot \mu + 2,808 \cdot \mu^2 + 0,22 \cdot \beta^2, \quad (15)$$

Величина проекции контактной поверхности, мм²:

$$A_{\text{конт}} = \frac{l_{\text{дуг}} \cdot (b_0 + b_1)}{2}, \quad (16)$$

где $l_{\text{дуг}}$ – средняя длина горизонтальной проекции дуги контакта металла с валками, мм:

$$l_{\text{дуг}} = \sqrt{R_{\text{кат}} \cdot \Delta h_{\text{пр}}}, \quad (17)$$

где $R_{\text{кат}}$ – катающий радиус, мм; $\Delta h_{\text{пр}}$ – приведенное обжатие, мм.

$$R_{\text{кат}} = \frac{D_{\text{кат}}}{2}, \quad (18)$$

Приведенное обжатие, мм:

$$\Delta h_{\text{пр}} = h_{\text{пр}} - h_{1\text{пр}}, \quad (19)$$

С использованием метода эмпирической зависимости определяется плечо приложения равнодействующего усилия прокатки, предложенной А.П. Чекмаревым:

$$e = \psi \cdot l_{\text{дуг}}, \quad (20)$$

$$\psi = 0,79 - 0,887 \cdot \left(\frac{l_{\text{дуг}}}{h_{\text{ср}}}\right) + 0,444 \cdot \left(\frac{l_{\text{дуг}}}{h_{\text{ср}}}\right)^2, \quad (21)$$

где $l_{\text{дуг}}$ – средняя длина горизонтальной проекции дуги контакта металла с валками, мм; $h_{\text{ср}}$ – среднее значение высоты металла, мм.

$$h_{\text{ср}} = h_{\text{пр}} + \frac{h_{1\text{пр}}}{2}, \quad (22)$$

Рассмотренная методика расчёта силовых энергетических параметров может быть применена для поверочного расчёта мощности двигателя главного привода клетей сортового стана.

Назначение поверочного расчёта заключается в выяснении возможностей выполнения предварительно выбранным двигателем заданной программы прокатки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Берковский, В.С. Теоретические основы и расчет калибровки валков сортовых прокатных станов: учебно-методическое пособие/ В.С. Берковский. – М.: МИСиС, 2003. – 110 с.
2. Шишко, В.Б. Основы калибровки валков сортопрокатных станов: учебное пособие / В.Б. Шишко [и др.]. – М.: МИСиС, 2003. – 103 с.
3. Никитин И. С. Экспертная система технологии прокатки сортовых профилей на непрерывных станах : 22.01.00 : автореф. дипл. / И. С. Никитин; УПИ. – Екатеринбург, 2001. – 57 с.

Емельянов Кирилл Андреевич, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Emelyanov Kirill Andreevich, postgraduate of Komsomolsk-na-Amure State University.

Кобозев Дмитрий Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kobozev Dmitriy Andreevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherniy Sergey Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Department “Electric drive and automation of industrial plants”, Komsomolsk-na-Amure State University

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ

CLASSIFICATION AND FEATURES OF COLLABORATIVE MODES OF OPERATION OF INDUSTRIAL ROBOT MANIPULATORS

Аннотация. В рамках данной работы были рассмотрены основные стандарты и режимы работы коллаборативных роботов-манипуляторов, применяемых в промышленности. Описаны особенности, процессы и функционал роботов в основных режимах работы: контролируемая остановка, контроль скорости и разделения зон, ручное ведение, ограничение мощности и усилия. Приведены возможные сферы применения, достоинства и недостатки.

Abstract. Within the framework of this work, the main standards and modes of operation of collaborative robotic manipulators used in industry were considered. The features, processes and functionality of robots in the main operating modes are described: controlled stop, speed control and zone separation, manual driving, power and effort limitation. Possible fields of application, advantages and disadvantages are given.

Ключевые слова: коллаборативная робототехника, промышленные роботы-манипуляторы, контролируемая остановка, контроль скорости и разделения зон, ручное ведение, ограничение мощности и усилия.

Key words: collaborative robotics, industrial robot manipulators, controlled stopping, speed control and zone separation, manual guidance, power and effort limitation.

Традиционно, в целях обеспечения безопасности, в промышленных робототехнических комплексах доступ человека в рабочую зону роботов при выполнении рабочего цикла исключен. Исходя из этого, автоматизация технологических процессов, требующих вмешательства в его работу человека, с помощью робототехнических комплексов не являлась возможной.

Со временем возросла актуальность робототехнической системы, способной совместить выполнение сложных или трудозатратных, со стороны человека, операций со способностями и навыками людей. В соответствии с данными требованиями были разработаны коллаборативные роботы [2,5].

Основным требованием, определяющим является ли робот коллаборативным, является его возможность удовлетворять следующим стандартам:

ГОСТ Р 60.1.2.3-2021;

ISO/TS 15066:2016;

ANSI/RIA TR R15.606:2016;

Данные стандарты описывают требования безопасности, предъявляемые к коллаборативным роботам, при совместной работе с оператором и их рабочей средой для исключения возможности нанесения травм при совместной работе с человеком.

Далее рассматриваемый стандарт ГОСТ Р 60.1.2.3-2021 дополняет рекомендации и требования, предъявленные в стандартах ISO 10218-1 и ISO 10218-2. Исходя из него, коллаборативные роботы (далее «коботы») – это промышленные роботы, которые предназначены или могут использоваться для совместной работы в одном рабочем пространстве с человеком.

Под совместной работой подразумевается состояние, в котором отдельно взятая робототехнический комплекс или система, могут работать в одном совместном пространстве с человеком. Совместное пространство же, это защищённая территория, в которой робот и человек могут выполнять действия во время рабочего процесса.

Исходя из этого – кобот, это робот способный работать с человеком в общем пространстве, без вреда для него.

Основными отличиями коллаборативного робота от обычного, помимо рассмотренных ранее, является: зачастую меньшие массогабаритные характеристики, менее ресурсозатратная интеграция, более простой способ управления и программирования, большинство моделей обладает меньшей стоимостью, в сравнении с классическими роботами.

Исходя из представленных выше стандартов, существует четыре вида совместной работы с коботами:

1. Контролируемая остановка.

Данный вид работы подразумевает что робот работает автономно, без участия человека, но существует возможность появления человека в совместном пространстве. Примером такой ситуации является, к примеру, выборочный контроль качества, ручная замена заготовки, расходников или контроль труднопрогнозируемых процессов.

Описание процесса данного вида работы следующее: если человек появляется в совместном пространстве, то робот приостанавливает выполнение задачи до выхода предыдущего. При этом важно отметить, что программа не прерывается, как в случае с аварийным остановом, а лишь приостанавливается. После того как человек покинет рабочую зону, робот незамедлительно продолжит работу. Данный способ позволяет устранить время на выведение комплекса из состояния ошибки.

Так же для работы в данном виде функционирования могут использоваться стандартные виды роботов, но с использованием дополнительного оборудования для отслеживания наличия человека в рабочей зоне.

Основным принципом данного режима является то, что в один момент времени может двигаться либо робот, либо человек.

2. Контроль скорости и разделения зон.

Данный вид работы, как и предыдущий, подразумевает что робот работает автономно, без участия человека. Отличие заключается в способе реагирования на появление человека в совместном пространстве: в зависимости от близости последнего изменяется и скорость движения робота.

Данный способ применяется для операций, которые требуют частого присутствия человека. Примером работы в таком режиме, помимо способов использования контролируемой остановки, является ситуация, где могут быть несколько роботов, расположенных в непосредственной близости. При работе с одним из них, находящимся в режиме паузы, остальные продолжают работу, но с безопасной для человека скоростью.

Описание процесса данного вида работы следующее: при помощи датчиков, измеряется положение человека в пространстве. Далее, в зависимости от расстояния между человеком и роботом устанавливается заранее определенная скорость, удовлетворяющая требованиям безопасности [7].

Указание скорости может быть как дискретным, так и параметризованным. В первом случае, определяется набор диапазонов расстояний и их соотношение к скоростным режимам. В случае же с параметризацией, скорость рассчитывается по заданной функции от расстояния. Соответственно, выбор способов расчета скорости напрямую зависит от типов установленных датчиков измерения расстояния. Помимо скоростных диапазонов, есть значения расстояния, требующие паузу или аварийную остановку. Данное решение позволяет увеличить производительность комплекса, минимизируя время простоя.

Для работы в данном режиме также могут быть приспособлены классические роботы, но с применением специального измерительного оборудования (световые барьеры безопасности, лазерные дальномеры, фотодетекторы, камеры или другие устройства измерения расстояния).

Основным принципом данного режима является то, что в один момент времени может двигаться как робот, так и человек, при условии, что скорость движения робота будет безопасной для нахождения человека.

3. Ручное ведение.

Данный вид работы подразумевает что человек находится в непосредственном контакте с роботом, находящимся в режиме ручного управления. При этом ручное управление осуществляется не с пульта управления, а с помощью непосредственного тактильного контакта человека с роботом.

Данный способ широко распространен в практике использования коллаборативных роботов за его возможность применения. Примерами могут служить как перемещение тяжелых грузов без усилий со стороны человека, так и задачи запоминания маршрута сварки или покраски.

Описание процесса данного вида работы следующее: при нахождении робота в данном режиме, человек может с помощью комфортного для него тактильного воздействия изменять положение робота в пространстве. При этом сам робот не предпринимает попыток изменять свое положение без контакта с человеком. Соответственно возможно несколько режимов работы: полностью ручной, когда производится только ручное управление, и полуавтоматический, когда в ручном режиме задается только траектория, а работа происходит в автоматическом режиме.

Для работы в данном режиме также могут быть приспособлены классические роботы, но с применением специального измерительного оборудования (зачастую это силомоментные датчики) [3,4].

Основным принципом данного режима является то, что в один момент времени может двигаться как робот, так и человек, при условии, что движения робота контролируются человеком.

4. Ограничение мощности и усилия;

Данный вид работы также подразумевает что робот работает автономно, но при этом существует возможность совместной работы с человеком без остановки процесса. Это достигается за счет ограничения максимальных значений скорости, мощности и усилия робота [1,6].

Данный способ применяется для любых операций, требующих активного участия как человека, так и робота. Например, полуавтоматическая сборка сложного устройства. Также ограничение усилия применяется и в задачах, не связанных с человеком. К примеру полировка, где требуется поддерживать требуемое усилие, или работа с хрупкими материалами.

Описание процесса данного вида работы следующее: для определения усилия, прилагаемого к осям робота, в них встроены силомоментные датчики. В зависимости от задачи и режима работы, при написании программы указывается требуемое усилие и описывается реакция на превышение/изменение данного параметра. Обычно реакцией

является аварийная остановка. В задачах коллаборативной работы, мощность и сила робота подбирается так, чтобы случайный контакт между роботом и человеком исключал вред или травмирование последнего.

Существует две классификации контакта робота с человеком в данном режиме работы: переходный и квазистатический контакты. Переходный контакт характеризуется кратковременным, импульсным воздействием. Например, удар по человеку частью робота. Квазистатический контакт в свою очередь характеризуется продолжительным воздействием силы, при котором часть человека может быть зажата. Программные параметры робота указываются при разработке комплекса в зависимости от рассчитанных рисков безопасности. При расчете безопасных значений сил руководствуются данными биохимических пределов, показывающей предел значений, выше которых человек будет испытывать боль, для каждой из частей тела. В конечной конфигурации находится компромисс между производительностью и оценкой безопасности комплекса. Ниже приведена таблица сравнения видов контактов, а также способов по снижению риска получения травм.

Благодарности. Исследования проводятся в рамках гранта №ВНО10/2021 «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Булгаков А.Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление / А.Г. Булгаков, В.А. Воробьев // М.: Солон-Пресс, 2007. — 488 с.

2. Сухоруков С. И. Система управления модулем подачи и позиционирования проволоки для роботизированного комплекса трехмерной печати металлических изделий / С. И. Сухоруков, С. П. Черный, А. В. Бузикаева, А. Р. Овсянников // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2022. – Т. 65. – № 3. – С. 66-73. – DOI 10.17213/0136-3360-2022-3-56-63.

3. Черный С.П. Один из подходов к моделированию двухкаскадной нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока с двухзонным регулированием скорости / С.П. Черный, В.А. Соловьев, А.В. Бузикаева, С.И. Сухоруков. – Электротехнические системы и комплексы. 2022. №2 (55). С. 32-39.

4. Савельев, Д. О. Повышение точности компенсации нелинейных элементов систем управления / Д. О. Савельев, С. П. Черный, В. А. Соловьев // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2020. – Т. 63. – № 3. – С. 213-221. – DOI 10.17586/0021-3454-2020-63-3-213-221.

5. Cherniy S.P. Analysis of approaches to modelling the fuzzy control systems with extension of their functional capabilities / S.P. Cherniy, A.V. Buzikayeva, V.I. Susdorf, V.N. Khrulkov. - EAI Endorsed Transactions on Energy Web, 2020, ew 18: e19. DOI:10.4108/eai.13-7-2018.165496

6. Бузикаева А. В. Интеллектуальная система управления технологическим процессом пиролиза древесины / А. В. Бузикаева, С. Б. Ковылин, А. С. Зенченко, С. П. Черный // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 11-13.

7. Бурдаков С.Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов // С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев - М.: Высш. шк. , 1986г. — 264 с.

Жаныбаев Нуржан Семетеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Zhanybaev Nurzhan Semeteevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Попова Валерия Сергеевна, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Popova Valeria Sergeevna, post-graduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

О ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

ABOUT THE TECHNICAL IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM FOR PREDICTION OF ICE FORMATION OF POWER LINES

Аннотация. В представленном материале анализируются возможные пути технической реализации системы ледоудаления, содержащей в своем составе узел прогнозирования ледообразования. Приводится аргументация использования того или иного варианта решения. Рассмотрена функциональная схема реализуемой системы, обеспечивающая достижение поставленных задач.

Abstract. The presented material analyzes possible ways of technical implementation of an ice removal system containing an ice formation prediction unit. The argumentation of the use of one or another variant of the solution is given. The functional scheme of the implemented system, which ensures the achievement of the tasks set, is considered.

Ключевые слова: нечеткий модуль прогнозирования, ЛЭП, параметры ледообразования.
Key words: fuzzy forecasting module, transmission line, ice formation parameters.

Введение

Одним из возможных путей повышения эффективности систем ледоудаления на проводах ЛЭП является наделение системы устройством предсказания предаварийных ситуаций. К таким устройством можно отнести устройство прогнозирования, основной задачей которого является на основании параметров метеоусловий спрогнозировать величину возможного гололедообразования и выдать решение о запуске системы гололедоудаления.

Основная часть

Как показано в [1,2] система прогнозирования гололедообразования линий электропередач (ЛЭП) представляет собой нечеткое логико-вычислительное устройство (НЛВУП), функционирование которого опирается на набор входных параметров. В качестве выходного параметра устройства выступает условный диаметр (масса) возможного ледяного отложения, по величине которого принимается решение о начале процесса ледоудаления. Среди набора входных параметров можно выделить реально измеряемые (температура воздуха, направление и скорость ветра, относительная влажность, атмосферное давление и т.п.) и параметры, связанные с месторасположением ЛЭП (высота над уровнем моря, удаленность от лесополосы, наличие облачности). При этом, если при эксплуатации ЛЭП используется система мониторинга, то часть сигналов используемых при анализе состояния ЛЭП, может быть задействована в качестве входных для системы прогнозирования. В данном случае отпадает необходимость в использовании дополнительной системы передачи данных с датчиков параметров мониторинга на пункт диспетчеризации.

При отсутствии системы мониторинга возникает необходимость создания измерительных узлов укомплектованных набором измерительных датчиков базовых пара-

метров ледообразования. При этом основным требованием при выборе соответствующих датчиков будет требование надежной работы в жестких условиях эксплуатации.

Параметры, связанные с месторасположением ЛЭП, могут поступать на соответствующие входы системы прогнозирования либо в «жестком» формате в виде фиксированных значений, либо с привязкой через систему GPS к координатам местности и системе прогнозирования погоды. Второй подход обеспечит более универсальное решение построения системы прогнозирования и ледоудаления.

ЛЭП как объект управления представляет собой объект протяженного типа, вдоль которого на определенном расстоянии размещены узлы измерения, где сосредоточены датчики контролируемые базовые параметры ледообразования. Поскольку прокладка ЛЭП, как правило, осуществляется по пересеченной местности, то каждый конкретный измерительный узел линии будет описываться параметрами характерными только для данной точки измерения. Это будет накладывать определенные ограничения на функционирование НЛВУП, которые можно свести к следующим. НЛВУП должно выявлять наиболее уязвимые места ЛЭП как по массе прогнозируемого ледоотложения, так и по скорости ледообразования. А это предполагает два возможных пути решения.

При реализации первого варианта функция выявления наиболее «тяжелого» с точки зрения ледообразования однопериодного контролируемого параметра, снимаемого в разных измеряемых узлах ЛЭП должна возлагаться на узел сбора и обработки информации. Это приведет к значительному усложнению аппаратно-программной части данного узла, в силу того, что наиболее «тяжелый» параметр должен выявляться в непосредственной взаимосвязи с другими контролируруемыми и стационарными параметрами.

При реализации второго варианта просчет выходного параметра прогнозируемой величины ледообразования производится для каждого измерительного узла, и по выходной величине определяется наиболее уязвимое место ЛЭП, которая и используется для принятия решения.

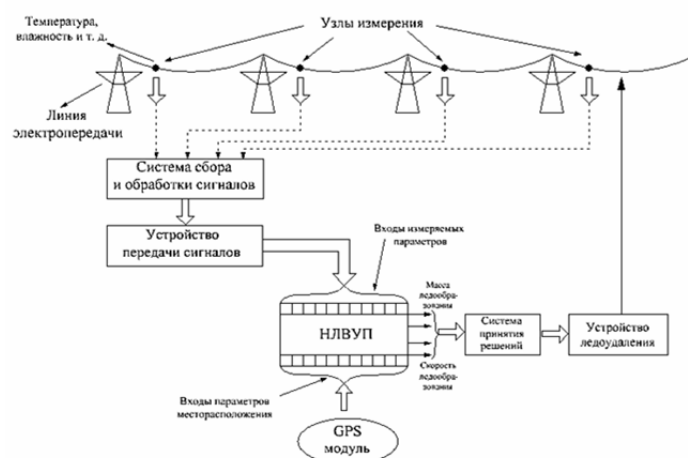


Рисунок 1 – Функциональная схема технической реализации системы ледоудаления

Заключение

На основании выше приведенной аргументации на рисунке показана функциональная схема одного из возможных вариантов технической реализации системы ледоудаления с использованием внутренней системы прогнозирования ледообразования. Приведенное техническое решение ориентировано на использование промышленных датчиков, фиксирующих основные параметры, влияющие на процесс гололедообразования. Апробацию предложенного технического решения предполагается осуществить на создаваемом макетном образце.

Благодарности. Отчетное исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-38-90129.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Popova, V. S. Synthesis of an ETL Icing Forecasting System / V. S. Popova, V. A. Solovyev // Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2022. – Vol. 272. – P. 723-735. – DOI 10.1007/978-981-16-8759-4_75.
2. Хрульков, В. Н. Особенности реализации нечётких алгоритмов управления на базе программируемых логических контроллеров / В. Н. Хрульков, С. П. Черный // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2022. – № 1(57). – С. 52-62. – DOI 10.17084/20764359-2022-57-52.

УДК 611.7

Клопов Андрей Николаевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Klopov Andrey Nikolaevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Муравьев Евгений Максимович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Muravyov Evgeniy Maksimovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Заплутаев Александр Михайлович, старший преподаватель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Zaplutaev Alexander Mikhailovich, senior lecturer of Komsomolsk-na-Amure State University

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

A ROBOTIC COMPLEX OF PHYSIOLOGICAL PURPOSE

Аннотация. Контроль здоровья работников офиса создает много проблем, как для самих работников, так и для начальства. При помощи людей эти проблемы решать проблематично, ввиду необходимости обрабатывать большой поток данных и подбирать решение для каждого из работников, на основе их индивидуальных особенностей и образа работы.

Abstract. Monitoring the health of office workers creates many problems, both for the employees themselves and for the bosses. With the help of people, it is problematic to solve these problems, due to the need to process a large data stream and select a solution for each of the employees, based on their individual characteristics and way of work.

Ключевые слова: роботизированный комплекс, поток данных, здоровье работников.

Keywords: robotic complex, data flow, employee health.

В настоящее время, появляются все больше рабочих вакансий, требующих проведения длительного периода времени в неподвижном состоянии за компьютером. Подобная работа негативно сказывается на здоровье человека, в независимости от её длительности. Несмотря на это большинство работодателей не задумываются о здоровье своих сотрудников ввиду больших затрат времени и средств на решение этой проблемы. Что приводит к необходимости искать замену старым работникам, которые не могут продолжать работу из-за сформировавшихся заболеваний. Однако, основная сложность классического решения проблемы со здоровьем сотрудников заключается в выдаче абонементов на посещение сторонних спортивных комплексов в не рабочее время и последующий контроль посещаемости этих заведений.

Перечень проблем, вызванных сидячим образом жизни и работы, обширен, примером может послужить варикоз, вызванный отсутствием движения, из-за чего кровь

скапливается в венах ног, образуя патологическое расширение. По мимо варикоза, также происходит набор лишнего веса, обусловленный крайне мало, а иногда полностью отсутствующей физической нагрузке на мышцы из-за чего энергия, полученная от приема пищи, откладывается в виде жира, что приводит к возникновению новых проблем со здоровьем, также можно добавить такие заболевания как геморрой, тромбоз, запоры, камни в почках [1]. Все это, приводит к повышенной смертности среди работников. Исследование от 2016 года, проведенное в 54 странах по всему миру заявляет, что 3,8% всех смертей (приблизительно 433000 смертей в год) происходят из-за того, что общество проводит более трех часов в день сидя [2].

Инновационным решением проблемы по контролю за здоровьем сотрудников, будет создание роботизированного комплекса, позволяющего собирать, анализировать и обрабатывать информацию о конкретном сотруднике организации, с последующим формированием списка необходимых упражнений. Первостепенная задача перед владельцами офисов и других организаций, у которых работники проводят большую часть рабочего времени в однообразном сидячем положении, заключается в создании специализированного помещения, оборудованное спортивным инвентарем и тренажерами, которое в последующем должно оснащаться предложенной системой. На рабочем месте каждого сотрудника следует установить специализированные измерительные приборы для отслеживания его физической активности на протяжении всего рабочего дня. Начиная от осанки работника на рабочем месте и заканчивая весом работника в данный промежуток времени.

Все собранные с камер и датчиков данные о деятельности и состоянии сотрудников в последующем поступают в вычислительный центр, который в свою очередь при помощи специальных алгоритмов и нейросетей, обученных при помощи медицинских докладов, статей и опроса специалистов по физической подготовке людей, преобразует в оптимальный алгоритм тренировки, после чего упражнения подгоняются под физические возможности и ограничения по здоровью, индивидуально для каждого сотрудника.

Роботизированный комплекс в реальном времени будет отслеживать, насколько каждый работник утомился, время нахождения в сидячем положении. После чего, на основе полученных данных будет подаваться специальный сигнал, информирующий о необходимости конкретного сотрудника пройти в помещение, предназначенное для физических нагрузок. Как только сотрудник будет готов к выполнению физических нагрузок, система предложит на выбор несколько упражнений, специально подобранных на основе ранее обработанных данных, из которых сотрудник выбирает понравившееся и приступает к их выполнению. Что бы избежать уклонения от выполнения нормативов, в помещении устанавливаются камеры, фиксирующие положение человека в пространстве, работающие с использованием технологии машинного зрения, а весь спортивный инвентарь оснащается датчиками, позволяющими отлавливать процесс выполнения, такими датчиками могут быть как тензометрические, для определения усилия и веса в конкретном месте, так и тахометры, на специальных тренажерах, принцип действия которых базируется на вращении чего-либо, например беговые дорожки и вело-тренажеры. На случай если работник будет уклоняться от упражнений и игнорировать команды системы, будет вводиться система наказаний, которые каждый руководитель назначает сам, что будет добавлять мотивацию сотрудникам на выполнение физически-оздоровительных комплексов упражнений.

Системе необходимо в реальном времени подбирать физические упражнения под каждого сотрудника индивидуально. Для этого система анализирует ранее полученные персональные данные о каждом сотруднике, такие как рост, вес, проблемы со здоровьем, после чего проходит аутентификация для каждого из члена компании посредством сканирования биометрических данных. На основе полученных и проанализи-

зированных данных, роботизированный комплекс исходя, из заложенных в него заранее проработанных комплекса тренировок демонстрирует на экране правильность выполнения того или иного упражнения, считает количество подходов и повторений, а также засекает время проведенной тренировки. По окончании тренировки система вновь отслеживает физическое состояние сотрудника и записывает в память изменения. На основе этих изменений система может автоматически подготовить следующий комплекс физических упражнений, если сотрудник справился с предыдущим комплексом удовлетворительно или неудовлетворительно.

Расположение комнаты спортивного отдыха непосредственно в здании компании позволяет не только поддерживать физическое состояние своих сотрудников в тонусе, но и позволяет экономить на покупке дорогостоящих абонементов в сторонних организациях. В свою же очередь установка системы позволит сэкономить на найме тренеров и людей, следящих за состоянием сотрудников.

Таким образом, внедрение роботизированного комплекса на предприятия позволит отслеживать информацию о физическом состоянии каждого из сотрудников. Также непосредственный контроль и поощрения от руководства занимающихся физической культурой во время рабочего дня позволит более точно оценить физическое состояние и в полной мере подобрать или скорректировать нагрузку, тем самым уменьшив количество полученных травм в повседневной жизни. Внедрение данного комплекса позволит не только повысить мотивационную составляющую, но и повлияет на экономику компании в целом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чем грозит сидячий образ жизни [Электронный ресурс]: информационный ресурс АльтерМедика. - Режим доступа: <https://www.altermedika.ru/about/articles/chem-grozit-sidyachiy-obraz-zhizni/> (дата обращения 23.11.2022).

2. Sitting for long periods of time is the cause of 4% of deaths worldwide [Электронный ресурс]: информационный ресурс ScienceDaily. - Режим доступа: <https://www.sciencedaily.com/releases/2016/09/160921095237.htm> (дата обращения 23.11.2022).

3. Human Pose Estimation Technology Capabilities and Use Cases in 2022 [Электронный ресурс]: информационный ресурс mobidev. - Режим доступа: <https://mobidev.biz/blog/human-pose-estimation-technology-guide> (дата обращения 23.11.2022).

4. Human posture recognition based on multiple features and rule learning [Электронный ресурс]: информационный ресурс SpringerLink. - Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13042-020-01138-y> (дата обращения 23.11.2022).

5. A data analytic framework for physical fatigue management using wearable sensors [Электронный ресурс]: информационный ресурс ScienceDirect. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417420302293> (дата обращения 23.11.2022).

6. От сидячего образа жизни умирает до 433 тысяч человек в год [Электронный ресурс]: информационный ресурс Habr.ru. - Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/397845/> (дата обращения 23.11.2022).

7. Algorithm of athletes' fitness structure individual features' determination with the help of multidimensional analysis (on example of basketball) [Электронный ресурс]: информационный ресурс ResearchGate. - Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/320409946_Algorithm_of_athletes%27_fitness_structure_individual_features%27_determination_with_the_help_of_multidimensional_analysis_on_example_of_basketball (дата обращения 23.11.2022).

8. Рекомендации офисным работникам по уровню физической активности [Электронный ресурс]: информационный ресурс Доказательная медицина для всех. - Режим доступа: <https://medspecial.ru/news/1/26556/> (дата обращения 23.11.2022).

9. Слишком интенсивные физические нагрузки не лучше сидячего образа жизни [Электронный ресурс]: информационный ресурс Habr.ru. - Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/374585/> (дата обращения 23.11.2022).

10. Sitting for too long can kill you, even if you exercise: study [Электронный ресурс]: информационный ресурс CBC.CA. - Режим доступа: <https://www.cbc.ca/news/business/sitting-for-too-long-can-kill-you-even-if-you-exercise-study-1.2918678> (дата обращения 23.11.2022).

УДК 681.53

Клопов Андрей Николаевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Klopov Andrey Nikolaevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Федь Яна Юрьевна, учащаяся лицея Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Fed Yana Yurievna, a student of the Lyceum Komsomolsk-on-Amure State University

Савельев Дмитрий Олегович, старший преподаватель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Savelyev Dmitriy Olegovich, senior lecturer of Komsomolsk-na-Amure State University

СИСТЕМА ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ

MOTION CAPTURE SYSTEM FOR INDUSTRIAL MANIPULATOR CONTROL

Аннотация. В данной статье представлен обзор на существующие программные обеспечения, позволяющие связать программную часть с исполнительными механизмами систем автоматизации. Описаны принципы действия систем захвата движения, используемых в комплексе с промышленными роботами манипуляторами, а также оптимальный способ для цифровой фиксации перемещения частей тела или объекта.

Abstract. This article provides an overview of existing software that allows you to link the software part with the actuators of automation systems. The principles of operation of motion capture systems used in combination with industrial robot manipulators are described, as well as the optimal method for digitally recording the movement of body parts or an object.

В настоящее время практически все технологические процессы (далее ТП) различного производства управляются при помощи автоматизированных систем управления (далее АСУ). Внедрение АСУТП в производственные циклы позволяет не только исключить человеческие факторы из ТП жизненного цикла изделия, но и оптимизировать само производство по быстродействию, качеству и другим не менее важным факторам. Так, например, в автомобильной промышленности, судостроении и некоторых других областях применяются роботы манипуляторы. Несмотря на то, что такие роботы носят локальный характер в производственных циклах, они являются неотъемлемой частью определенных этапов связанных с опасными условиями труда либо точным позиционированием. Роботы решают такие задачи как покраска изделий, сварка, нанесение герметика и различных клеящих составов, выполняют фрезерную и лазерную обработку изделий и многое другое. Однако, несмотря на то, что многие робототехнические системы уже внедрены в производство, большая часть из них до сих пор использует некоторый перечень кинестетических и оптических датчиков, которые в последующем использует система управления. Алгоритмы управления, использующие такие не полные данные об объектах, применяются в несложных стандартных задачах, носящих тривиальный характер.

В современных задачах управления транспортными потоками, видео играх в последние годы прослеживается тенденция видео захвата движений, определение форм объектов и распознавание образов. Внедрение таких технологий в производство позволит роботам получать более достоверные данные о расположении предметов в пространстве и формах в целом, что повысит быстродействие ТП и увеличит количество изготавливаемой продукции.

В большинстве случаев современное техническое зрение использует несколько различных технологий, позволяющих достоверно определять положение, габариты, цвета объектов. Примером использования подобного перечня технологий в быту может послужить сенсор Microsoft Kinect, оборудованный различными камерами и датчиками, имитирующий бинокулярное зрение. Базовыми для него являются такие датчики, как RGB-камера, для фиксации цветов объектов и лиц пользователей, лазерный дальномер, который в свою очередь состоит из инфракрасного лазерного проектора и инфракрасного CMOS-датчика, для выделения необходимого объекта из окружающей среды. Все это в совокупности позволяет анализировать происходящие перед сенсором действия, объекты и предоставлять полученную информацию системе управления.

На основе карты глубины, полученной при помощи лазерного дальномера, можно обработать такие сведения об объекте, как расстояние от сенсора, габариты с учетом перспективы изображения, а также сам процесс передвижения. На рисунке 1 приведен пример измерения расстояния между выбранными точками объекта.



Рисунок 1 – Изображение карты глубины с измерением расстояния

Оптимальным способом, для фиксации перемещения частей тела или объекта является построение скелета, и последующее отслеживание мнимых суставов, что позволяет оптимизировать процесс обработки и написания алгоритмов для управляющего устройства. На рисунке 2 демонстрируется процесс преобразования изображения руки в скелет.

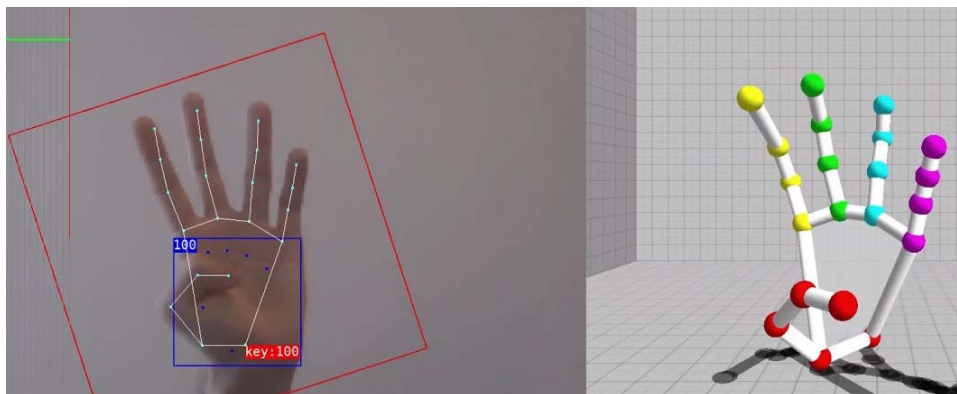


Рисунок 2 – Процесс преобразования изображения руки в скелет

Помимо применения сенсоров такого типа в быту, их также можно использовать и в промышленности. Для выполнения части операций из технологического цикла, нельзя использовать заранее написанные алгоритмы из-за их вариативности, а также сложности написания управляющих программ, что приводит к необходимости непосредственного участия человека в процессе, путем дистанционного управления роботом при помощи различных джойстиков и ползунков. Подобный способ управления весьма сложен в освоении и требует наличия большого количества практики у оператора. Для упрощения подобного рода процесса, оптимально будет использовать технологию машинного зрения. Главным преимуществом данной технологии, выступает непосредственный захват движений оператора, и преобразование их в алгоритм перемещения робота. Процесс обработки базируется на преобразовании изображения оператора или его части в скелет, на основе которого фиксируются перемещения, необходимые для управления роботом.

Такой способ является интуитивно понятным и простым в освоении оператором, а также позволяет перемещать робота сразу в нескольких плоскостях, что ускоряет процесс выполнения технического задания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сенсор Microsoft Kinect [Электронный ресурс]: информационный ресурс Роботоша. - Режим доступа: <http://robotosha.ru/robotics/sensor-microsoft-kinect.html> (Дата обращения 29.11.2022)
2. Motion Tracking by Sensors for Real-time Human Skeleton Animation [Электронный ресурс]: информационный ресурс ResearchGate. - Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/322360066_Motion_Tracking_by_Sensors_for_Real-time_Human_Skeleton_Animation (Дата обращения 29.11.2022)
3. Practical Use of Robot Manipulators as Intelligent Manufacturing Systems [Электронный ресурс]: информационный ресурс MDPI. - Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/9/2877/htm> (Дата обращения 29.11.2022)
4. Коллаборативные роботы Universal Robots [Электронный ресурс]: информационный ресурс Siemens-pro. – Режим доступа: <https://www.siemens-pro.ru/universal-robots/> (дата обращения: 29.11.2022).
5. Роботы-манипуляторы, что они могут и где применяются [Электронный ресурс]: информационный ресурс top3dshop.ru. – Режим доступа: <https://top3dshop.ru/blog/manipulator-robotsfeatures-and-applications.html> (дата обращения: 29.11.2022).
6. Использование промышленных роботов: обзор рынка робототехники в России и мире [Электронный ресурс]: информационный ресурс delprof.ru. – <https://delprof.ru/press-center/openanalytics/ispolzovanie-promyshlennykh-robotov-obzor-rynka-robototekhniki-v-rossii-imire/> (дата обращения: 29.11.2022).
7. Jeeva B. et al. Design and development of automated intelligent robot using OpenCV //2018 International Conference on Design Innovations for 3Cs Compute Communicate Control (ICDI3C). – IEEE, 2018. – С. 92-96.
8. Азин И. Е., Розкаряка П. И. Опыт разработки прототипа двуногого шагающего робота с использованием среды MATLAB //ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ. – 2019. – С. 14-22.
9. Фурман А., Сёмкин К. И. Разработка управляющих программ промышленных роботов //Курс лекций. Минск. – 2008.
10. Du F., Brady M. Self-calibration of the intrinsic parameters of cameras for active vision systems //Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – IEEE, 1993. – С. 477-482.

Коробчук Максим Васильевич, канд. техн. наук, преподаватель кафедры механики, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

Korobchuk Maksim Vasilyevich, Candidate of Engineering Sciences, teacher of the Department of Mechanics, Saint-Petersburg State Institute of Technology

Саенко Савелий Сергеевич, студент, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

Saenko Savelii Sergeevich, student of Saint-Petersburg State Institute of Technology

Веригин Александр Николаевич, проф., д-р техн. наук, зав. кафедрой мехатронных технологических комплексов, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

Verigin Aleksandr Nikolaevich, D.Sc. in Engineering, Prof, honored worker of Science of Russia, professor Department of Mechatronic Technological Systems, Saint-Petersburg State Institute of Technology

СТРУКТУРА МЕХАТРОННЫХ УСТАНОВОК ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

STRUCTURE OF MECHATRONIC INSTALLATIONS FOR TECHNOLOGICAL PURPOSE FOR APPLICATION IN CHEMICAL INDUSTRY

Аннотация. В материалах работы предпринимается попытка осмысления понятия мехатроника применительно к задачам химической технологии. Дается общее описание структуры мехатронной установки химико-технологического назначения с описанием каждой из основных ее частей и указанием взаимных связей между ними. В заключении впервые в литературе сформулировано определение мехатронной установки химико-технологического назначения.

Abstract. In the materials of the work, an attempt is made to comprehend the concept of mechatronics in relation to the tasks of chemical technology. A general description of the structure of a mechatronic installation for technological purposes is given with a description of the main parts. Mutual connections between the main parts of the installation are indicated. In conclusion, for the first time in the literature, the definition of a mechatronic plant for technological purposes intended for application in the chemical industry is formulated.

Ключевые слова: химическая промышленность, химическая технология, вибрационная техника, мехатроника

Key words: chemical industry, chemical technology, vibrating technique, mechatronics.

Несмотря на то, что мехатроника является достаточно молодым направлением (областью) технических знаний, к настоящему времени она получила достаточно широкое распространение не только в промышленности (робото- и станкостроение) но и в повседневной жизни, прочно войдя в нее в виде различных бытовых приборов (стиральных машин, пылесосов, моечных камер), автомобилей, игрушек. Увлечение ею даже стало одним из вариантов полезного времяпрепровождения современной молодежи. Развитие микропроцессорной техники и интегральных схем принципиально увеличило возможности электроники, а появление бюджетных программируемых микроконтроллеров обеспечило массовость реализациям самых разнообразных идей [1–3].

Можно сказать, что в некотором роде, мехатроника является своеобразной технической философией с характерными концептуальными (методологическими) подходами к созданию и модернизации традиционных технических систем, которые, после некоторого переосмысления и перерождения, приобретают расширенные и качественно новые возможности.

От автоматизированных, мехатронные установки отличаются, прежде всего, концепцией построения и подходами к реализации функциональных преобразователей. В установке мехатронного типа происходит не только опрос периферийных устройств и последующее исполнение требующейся команды, но и выполнение необходимых действий по корректировке требуемых параметров с учетом меняющихся внешних факторов. Так, мехатронная установка является следующим поколением автоматизированных устройств, позволяющих не просто выполнить определенный порядок действий, а ещё и осуществлять определенный анализ, сбор и хранение данных. Одним из существенных признаков мехатронной установки является ее модульность. В автоматических системах управления интерфейсы являются отдельными независимыми устройствами, требующими при их монтаже систему применения дополнительных переходников, драйверов и иных промежуточных средств, и способов коммутации.

Традиционно, химико-технологическое оборудование является достаточно высоко автоматизированным. Однако, автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), позволяют реализовать лишь самый нижний, первый уровень управления технологическим процессом. То есть они позволяют организовать локальный контроль над оборудованием, обеспечив поступление сигналов об отказе или изменении режима работы оборудования или об отклонении контролируемых технологических параметров от заданных значений [4,5].

В основе любого мехатронного объекта лежат идеи взаимосвязи механических и электротехнических модулей, находящихся под управлением компьютерных элементов и устройств, когда каждая составляющая обеспечивает отдельный определенный функционал, а их совместное действие позволяет образовать качественно новую систему с принципиально иным функционалом [6]. Спецификой мехатронных установок химико-технологического назначения является то, что помимо трех основных, вышеперечисленных составляющих (механической, электрической и программной) самостоятельной и требующей отдельного учета частью является технология. Другими словами, требуется обеспечить не просто контроль над функционированием и состоянием механической системы – режимом работы, положением в пространстве, характером движения кинематических звеньев и т.д., а дополнительно установить их взаимосвязь и согласовать с конечным качественным состоянием среды, на которую оказывается воздействие. В традиционных мехатронных объектах контроль и управление за определяющими режим функционирования параметрами осуществляется на входе. Точное соответствие заданным значениям обеспечивает постоянство результата на выходе. Для реализации требуемых условий функционирования мехатронных технологических установок этого оказывается недостаточно, поскольку появляется необходимость не просто учитывать обрабатываемую среду, как объект воздействия, но и как составляющую часть единой технологии.

На примере традиционного графического представления синтеза отдельных направлений технической деятельности, дополнив изображение соответствующим блоком, сказанное выше, можно проиллюстрировать представленной на рисунке 1 схемой. Ниже, для каждой из частей мехатронной химико-технологической установки приводится описание с указанием взаимосвязей между ними.

Механический блок включает в себя корпусные элементы установки, узел привода, устройства уплотнения и рабочие элементы, оказывающие непосредственное воздействие на обрабатываемую среду. Контроль над состоянием, положением и т.д. отдельных элементов выполняется с помощью различных преобразователей, датчиков и сенсоров.

Электрический блок состоит из силовой и низковольтной частей. В силовую часть входят элементы привода (например, электродвигатель или электромагнит), ста-

билизаторы, сетевые фильтры, блоки питания, предохранительные автоматы, регуляторы мощности и так далее.

Различные преобразователи, сенсоры, конечные выключатели и прочие элементы, позволяющие получить данные об актуальном состоянии оборудования, внешней и обрабатываемых сред, состоянии механических и электрических цепей входят в состав низковольтной части. Работа с низковольтной частью осуществляется с помощью средств управления, состоящих из электронных устройств, силовых преобразователей и информационно-измерительных цепей, которые иерархически могут так же входить в состав низковольтной электрической сети установки. Устройства управления могут представлять собой как отдельные микроконтроллерные блоки, так и быть интегрированными в систему управления верхнего уровня, например, в компьютер оператора. В последнем случае, для управления мехатронной системой используется комплекс специально разрабатываемых аппаратных и программных средств.



Рисунок 1 – Структура мехатронной установки химико-технологического назначения

В технологическом блоке мехатронной установки решаются вопросы, связанные с анализом состояния обрабатываемой среды не с точки зрения результата процесса (например, качества), а с позиции происходящих в ней качественных изменений. То есть обрабатываемые вещества являются не только объектом воздействия, но и средой, в которой необходимо реализовать определенные физико-химические или механические процессы при определенных условиях. Сложность реализации и управления реальными процессами обусловлена рядом причин, среди которых в качестве основных, и характерных для многих процессов можно отнести, например, проблемы неоднородности распределения полей скоростей, градиентов температур, концентраций и прочее. В технологическом блоке перед разработчиком ставятся и решаются задачи интеллектуализации не отдельно взятых механических узлов и устройств, а всего химико-технологического агрегата в целом.

В свою очередь с учетом сказанного меняются и задачи, стоящие перед системой управления мехатронной установки химико-технологического назначения. Теперь они заключаются не просто в преобразовании в определенное механическое воздействие первоначальной, поступающей с верхнего уровня управления информации, а с учетом реализации принципов обратной связи, требуют и оперативного анализа поступающих данных, и соответствующего выбора (корректировки) режима функционирования.

Подводя итог можно сформулировать следующее определение мехатронной установки химико-технологического назначения. Это объект мехатроники, в котором заданные функциональные движения при физическом воздействии на обрабатываемую среду реализуются с учетом предварительно определяемых параметров управления процессом и в дальнейшем, на основании объективных данных контроля, корректируются с учетом специфики и особенностей отдельных, характерных для каждой кон-

кретной технологии факторов. Примером может служить комплекс вибрационного перемешивания, где над находящимися в его объеме веществами совершаются определенные действия, сопровождающиеся их, как качественными, так и количественными изменениями, и в результате которых меняются как реологические свойства среды, так и гидродинамическая обстановка в объеме рабочей камеры [7].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кориков А.М. О развитии понятия «мехатроника» // Доклады ТУСУРа, июнь 2010. – № 1 (21). – Ч. 2. – С. 199–202.
2. Dan Zhang, Bin Wei Robotics and mechatronics for agriculture – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017 - 214 p.
3. Hamid Reza Karimi Offshore mechatronics systems engineering – Boca Raton CRC Press 2018 274 p.
4. Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / В.В. Шувалов, Г.А. Огаджанов, В.А. Голубятников – М.: Химия, 1991. – 480 с.
5. Гладких Т.Д. Автоматизация технологических процессов в нефтегазовой отрасли / Т.Д. Гладких. Инфра-Инженерия. 2022. 152 с.
6. Marina Indri, Roberto Oboe Mechatronics and robotics: new trends and challenges Boca Raton. CRC Press. 2020. 280 p.
7. Коробчук, М. В. Использование программных средств и электронных компонентов, применительно к проектированию мехатронных вибрационных установок / М. В. Коробчук, А. Н. Веригин // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 16–26 февраля 2021 года / Редколлегия: С.И. Сухоруков (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 212-216.

УДК 537.622

Лебединский Владислав Евгеньевич, студент, Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого
Lebedinsky Vladislav Evgenievich, student of Sukhoi State Technical University of Gomel.
Веппер Леонид Владимирович, доцент, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого
Vepper Leonid Vladimirovich, Associate Professor, Sukhoi State Technical University of Gomel

ПОГРУЖНОЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ С ЗАЗОРОМ С ФЕРРОМАГНИТНОЙ ЖИДКОСТЬЮ

SUBMERSIBLE MOTOR WITH FERROFLUID CLEARANCE

Аннотация. Цель данной разработки - снижение потерь электроэнергии, доставляемой по кабелям к погружному насосу на время функционирования погружного электродвигателя. В работе представлена схема электродвигателя с зазором из ферромагнитной жидкости. Также представлены преимущества электродвигателя с зазором из ферромагнитной жидкости над двигателями заполненными диэлектрическим маслом. В работе присутствуют способы реализации данной разработки.

Abstract. The purpose of this development is to reduce the loss of electricity delivered via cables to the submersible pump for the duration of the operation of the submersible motor. The

paper presents a diagram of an electric motor with a ferrofluid gap. The advantages of an electric motor with a ferrofluid gap over motors filled with dielectric oil are also presented. The paper contains ways to implement this development.

Ключевые слова: ферромагнитная жидкость, снижение потерь, погружной, электродвигатель, зазор.

Key words: ferrofluid, loss reduction, submersible, electric motor, clearance.

Введение

Вопросы эффективного использования энергии имеют высокую актуальность в современных условиях. В том числе, важным направлением в энергосбережении является разработка подходов и конструкций, обеспечивающих снижение энергетических потерь при штатных режимах эксплуатации. В частности, одним из таких решений предлагается использование ферромагнитной жидкости в зазоре электродвигателя погружного насоса.

Основная часть

Предлагаемая система состоит из автономного источника питания, находящегося на поверхности, силовых линий, подключающих погружной насос к источнику автономного питания для использования погружного электродвигателя, представленного на рисунке 1. Электродвигатель состоит из корпуса 1, в котором находятся статор 2 и ротор 3. Ферромагнитная жидкость 4 находится в корпусе, в количестве достаточной для помещения в неё статора 2 и ротора 3.

Разработка служит для уменьшения магнитного сопротивления магнитной цепи погружного электродвигателя, для снижения высокого напряжения на источнике питания или снижения высокого тока в источнике питания. Разработка направлена на уменьшение потерь электроэнергии в погружном электродвигателе.

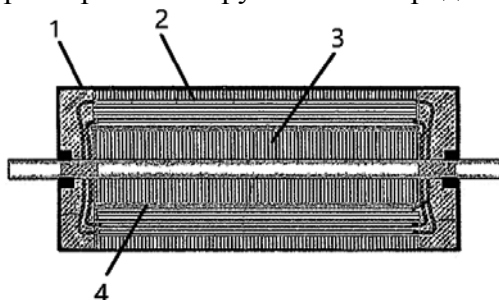


Рисунок 1 – схема погружного электродвигателя с зазором из ферромагнитной жидкости

Известны исследования, в которых изучались возможности помещения магнитной жидкости в зазоры электродвигателя. Целями таких работ являлись: охлаждение обмотки, герметизация, повышение КПД двигателя и снижение радиальных биений.

Целью данной разработки является создание способа уменьшения потерь электроэнергии и повышение эффективности погружного электродвигателя.

По одному из способов реализации система позволяет уменьшить потребление электроэнергии по длинным силовым линиям к электрическому погружному насосу. В системе находятся: источник питания который находится на поверхности скважины, силовые линии передачи электрического тока, соединяющие источник питания на поверхности с электрическим погружным насосом находящегося в скважине, погружной электродвигатель насоса состоящий из тонкостенного корпуса, статора, ротора и ферромагнитной жидкости, которая заполняет зазоры между статором и ротором.

В данной системе ферромагнитная жидкость служит для снижения магнитного сопротивления, для уменьшения высокого напряжения и тока в источнике питания и уменьшения нагрева всей системы.

В одном из вариантов электродвигатель частично заполнен ферромагнитной жидкостью, достаточной для компенсации потерь мощности в силовых линиях, для

поддержки нужного уровня выходной мощности двигателя, что позволяет значительно экономить электроэнергию.

Также для достижения наилучших характеристик можно изменять концентрацию, состав и размер магнитных частиц в жидкости (можно как повысить их концентрацию и размер, так и понизить) в зависимости от размера двигателя, зазора между статором и ротором.

Ферромагнитная жидкость может выступать в роли гасителя вибрации и для дополнительной герметизации системы за счёт разности плотности ферромагнитной жидкости и жидкости в скважине.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что особая компоновка специальных электродвигателей даёт возможность уменьшить величину тока, требуемого для запуска электродвигателя погружной насосной системы с его номинальной частотой вращения и мощностью на выходе, по сравнению с обычным электродвигателем. При этом применение ферромагнетиков в электродвигателях способствует уменьшению сопротивления магнитной цепи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Погружной электродвигатель с зазором с ферромагнитной жидкостью. Режим доступа: <https://patentdb.ru/patent/2543099> (дата обращения: 20.11.2022).

2. В.Е. Ферман - Магнитные жидкости. Режим доступа: <https://studizba.com/files/show/djvu/3232-1-v-e-fertman--magnitnye-zhidkosti.html> (дата обращения: 11.11.2022).

УДК 681.5

Лепехина Светлана Юрьевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Lepekhina Svetlana Yurevna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Сухоруков Сергей Иванович, канд.техн.наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhorukov Sergei Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Department "Electric drive and automation of industrial plants", Komsomolsk-na-Amure State University

Громыко Глеб Аркадьевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gromyko Gleb Arkadievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ ПЛАСТИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

REVIEW OF EXISTING TECHNOLOGIES OF THREE-DIMENSIONAL PRINTING OF METAL PRODUCTS

Аннотация. В данной статье представлены и проанализированы существующие виды аддитивных полимерных технологий для активного внедрения в промышленность и другие сферы. Описаны принципы работы, преимущества и недостатки, принципиальные отличия различных видов технологий трехмерной печати. Исходя из собранных данных, выбран самый распространенный вид печати.

Abstract. This article presents and analyzes the existing types of additive polymer technologies for active implementation in industry and other areas. The principles of operation, advantages and disadvantages, fundamental differences of various types of three-dimensional printing technologies are described. Based on the collected data, the most common type of printing was selected.

Ключевые слова: аддитивные технологии, технология печати, промышленность, полимеры, трехмерная печать.

Key words: additive technologies, printing technology, industry, polymers, three-dimensional printing.

Введение

За прошедшее десятилетие аддитивные технологии набрали большую популярность во многих сферах промышленности. Подобная технология позволяет быстро и точно создавать геометрически сложные детали и макеты из различных материалов. Суть аддитивного производства заключается в сложении, а не вычитании. При традиционном производстве вначале имеется заготовка, от которой потом отсекается все лишнее, а в случае с аддитивными технологиями новое изделие создается из ничего, а точнее, из расходного материала.

Существует множество видов технологий трехмерной печати, в данной статье рассматриваются те виды, которые чаще всего используют в полимерных аддитивных технологиях.

FDM печать

На данный момент экструзия термопластика является одним из самых распространенных видов трехмерной печати. Для большинства специалистов по 3D-печати он известен как технология послойного плавления пластиком или Fusing Deposition Modeling (FDM). Несмотря на то, что технология существует с 1990-х годов, активное внедрение в промышленность началось не так давно.

Одной из причин популярности технологии FDM является большой выбор материала, с которым можно работать, а именно:

- ABS-пластик
- SBS-пластик
- PLA-пластик
- Nylon (нейлон)
- Polycarbonate (поликарбонат)
- HIPS (материал поддержки)
- PVA (материал поддержки)
- PETG-пластик
- FLEX (резиноподобный пластик)
- RUBBER (пластик со свойствами резины)

Процесс работы представляет из себя буквально послойное нанесения расплавленной пластмассовой нити на рабочую поверхность в соответствии с данными из программы. Каждый слой отвердевает, после чего рабочий стол опускается и на предыдущий слой наносится следующий слой. Материал нагревается через экструдер, входящий в состав печатной головки и выталкивается путем работы шагового двигателя через сопло.

Трехмерные модели для печати создаются и обрабатываются в слайсере. Данное программное обеспечение анализирует все плоскости изделия и затем подбирает оптимальный алгоритм наплавления и формирования команд для процесса печати.

Кроме положительных сторон данная технология обладает несколькими недостатками. Главным недостатком является деформация деталей. После выхода из экструдера материал затвердевает, и габариты объекта уменьшаются. Из-за того что разные участки детали высыхают с разной скоростью возникает деформация. Наиболее подвержены деформации большие плоские участки и тонкие выступающие элементы. Во избежание деформаций специалисты, по возможности, скругляют углы и печатают на таких материалах как пластик PLA или PET-G. Чаще всего деформация возникает у ABS-пластика.

SLA печать

Лазерная стереолитография – распространенная технология в которой модель изготавливается из жидкой фотополимеризующейся композиции (фотополимерная смола). На данный момент SLA – самая точная технология 3D-печати. Благодаря этому она нашла свое применение в создании высоко качественных прототипов и мастер-моделей. Чаще всего SLA-технологии применяют в ювелирном деле, дизайне и конструировании, точном литье, оптике и медицине.

В первую очередь, в специальную программу (слайсер) размещают 3D-модели будущих деталей. Далее загруженная в программу модель с помощью специального алгоритма программы послойно разрезается, после чего и формируются команды для управления печатью. Рабочий стол, на котором печатается изделие, постепенно погружается в ёмкость с фотополимером на глубину толщины слоя. Лазерный луч засвечивает фотополимер, тем самым воссоздавая сечение трехмерной модели будущей детали. После процесса засвечивания рабочая поверхность опускается ниже на толщину слоя. Данные операции повторяются до тех пор, пока не деталь не будет готова. После завершения процесса печати из ёмкости извлекаются изделия и очищаются от остатков фотополимера.

К недостаткам SLA-технологии относят достаточно большую стоимость расходных материалов и самого оборудования, сложную технологическую подготовку, а также сложность работы с полимерами.

MJM печать

Технология многоструйного моделирования (MJM) - это метод многоструйного выращивания прототипов. Трехмерная печать MJM используется для создания полнофункциональных узлов, деталей и других геометрически сложных изделий.

Главный элемент принтера - многоструйная печатающая головка, которая имеет множество линейно расположенных мелкогабаритных сопел. Через сопла головки микрокаплями выдавливается фотополимерная смола, после чего происходит процесс отверждения светодиодами ультрафиолетового спектра, расположенных непосредственно на печатной головке. По принципу работы технология MJM очень схожа со струйными принтерами, однако в данной технологии в качестве материала используется фотополимерная смола.

Технология MJM печати имеет несколько особенностей. Во-первых, печатающая головка, проезжая над зоной печати, укладывает тонкий слой фотополимерной смолы в соответствии с управляющей программой, которая была предварительно создана в программе слайсере. Следовательно, печать изделия производится не в отдельной области, а сразу по всей плоскости печатающей головки. Таким образом, печать одновременно производится и послойно и построчно.

Главным преимуществом технологии Multi Jet Modeling на другими - возможность одновременного использования нескольких материалов, которые имитируют физические и химические свойства классических материалов для печати.

SLS печать

Технология SLS– селективное лазерное спекание, одна из наиболее широко применяемых аддитивных технологий. Принцип действия SLS заключается в точечном

спекании пластиковых порошков разного состава лазерным лучом. Чаще всего селективное лазерное спекание используется для изготовления моделей для точного литья, деталей силовых установок, мелкосерийного производства и функциональных прототипов в промышленности.

Главной особенностью SLS-печати является возможность печати сложных деталей без добавления конструкций поддержки. Для создания поддерживающей структуры выступает порошок, не подвергшийся излучению лазера. Для данной технологии в качестве материала применяются порошковые смеси из различных материалов.

К недостаткам данной технологии относят долгое охлаждение детали, высокую пористость поверхности напечатанных изделий, большое количество отходов печати и усадку материала.

DLP печать

Технология DLP – это технология в основе которой лежит сложное устройство из множества микрозеркал. В процессе работы зеркала изменяют свой угол наклона для фокусирования света на экране. Для получения черных участков изображения микрозеркала направляют свет в светопоглотитель, в остальных случаях световой поток направляется в фокусирующие линзы. Каждый пиксель на экране - это отражение света от одного микрозеркала. Для окрашивания света, его пропускают через светофильтры.

Данную технологию выбирают из-за высокой скорости и точности печати, а также обширного выбора материала для печати. DLP принтеры используют те же материалы, что и SLA принтеры.

SHS печать

В отличие от других технологий, в SHS, технологии выборочного теплового спекания, используется не лазер, а тепловое излучение, проходящее через специальную маску. Суть технологии заключается в плавке слоев металлического или термопластического порошка с помощью теплового излучателя. После окончания формирования слоя рабочая платформа передвигается вниз на дистанцию, равную толщине одного слоя. Затем наносится новый слой порошка и проводится спекание нового слоя по заданному контуру. Данная технология очень схожа с выборочным лазерным спеканием, однако в ней вместо лазерной печатающей головки используется тепловая.

LOM печать

Laminated Object Manufacturing (LOM) – это технология трехмерной печати, в которой в качестве материала используется листовый тип сырья, такой как бумага, металлическая фольга и полиэтиленовая пленка. Суть технологии заключается в последовательном вырезании, склеивании листов расходного материала между собой. Последовательные нагрев и укладка под давлением формирует цельное изделие, которое после окончания процесса изготовления извлекается и подвергается постобработке.

Данная технология привлекает возможностью создания полноцветных изделий, применением распространенных расходных материала, а также невысокой стоимостью производства, однако, данная технология совершенно не применима в промышленности, где важна точность и прочность изготавливаемого изделия.

LED display печать

Одной из разновидностей технологий трехмерной печати является технология LED. В печатающих устройствах находится LED-дисплей, высвечивающий сразу целый слой на материале, подобно своеобразному световому штампу. Использование LED-дисплея позволяет увеличить скорость печати. В качестве расходного материала используется фотополимерная смола, которая под действием ультрафиолетового света полимеризуется, то есть изменяет свои качества, переходя из полужидкого состояния в твердое.

Технология отличается высокой точностью и детализированностью, получаемую за счет толщины слоев 10-15 микрон. Фотополимеры практически не дают усадки и после застывания не изменяют своей геометрии, что является достоинством, особенно ко-

гда необходима печать анатомически точных моделей. Сама технология 3D печати DLP LED, хоть и предусматривает послойную методику создания модели, все же не отличается выраженной слоистостью готовой модели. Поверхность получается практически идеально гладкой, не требующей дополнительной обработки. Эти поддержки впоследствии удаляются вручную. LED-технология подразумевает невозможность использования нескольких материалов сразу. Также невозможна и цветная 3D печать. Свойства готового прототипа и его цвет будут определять начальные характеристики используемого фотополимера.

Заключение

Таким образом, в рамках данной работы были представлены и проанализированы виды технологий полимерной аддитивной печати. А также описаны принципиальные отличия, преимущества и недостатки различных видов печатающих устройств.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Современные наукоемкие технологии / Лысыч М. Н. // Области применения технологий 3д печати. - Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2014. - 165-169 с.

2. Шкуро, А. Е. Технологии и материалы 3Д печати: учеб. пособие / А. Е. Шкуро. - Екатеринбург: ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет, 2017. - 101 с

УДК 621.3.078, 621.316.71

Мешков Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Meshkov Alexander Sergeevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

Ненюк Василий Юрьевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Nenyuk Vasily Yurievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ДВИГАТЕЛЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО ЭДС

SIMULATION OF AN ELECTRIC DRIVE SYSTEM WITH A SERIES-WOUND MOTOR WITH EMF FEEDBACK

Аннотация. Данная статья посвящена моделированию работы схемы стабилизации частоты вращения электродвигателя постоянного тока последовательного возбуждения с использованием обратной связи по ЭДС самоиндукции двигателя. Представлена модель исследуемой схемы, построенная в среде Matlab Simulink, и результаты моделирования работы данной схемы.

Abstract. This article is devoted to modeling the operation of a circuit for stabilizing the rotational speed of a series-wound motor using the motor self-induction EMF feedback. The model of the scheme under study, created in the Matlab Simulink environment, and the results of modeling the operation of this scheme are presented.

Ключевые слова: электродвигатель постоянного тока последовательного возбуждения, стабилизация частоты вращения, обратная связь по ЭДС электродвигателя.

Key words: series-wound motor, speed stabilization, electric motor EMF feedback.

Введение

Модель построена на основе патента SU997216A1 [1]. В нем приведена методика автоматической стабилизации скорости электродвигателя постоянного тока.

Согласно данной методике, время спада ЭДС самоиндукции до нуля прямо пропорционально зависит от тока электродвигателя и обратно пропорционально – от ЭДС вращения, благодаря чему можно контролировать частоту вращения.

Задача по повышению стабилизации частоты вращения достигается путем измерения времени спада ЭДС самоиндукции до нуля, после чего устанавливается постоянное напряжение и интегрируется на промежутке времени спада ЭДС самоиндукции. Результирующее напряжение используется в обратной связи. Это приводит к изменению управляющего сигнала на базе транзистора в цепи якоря, за счет чего увеличивается точность стабилизации частоты вращения и диапазон регулирования [1].

Способ реализуется с помощью следующей схемы (рисунок 1).

Электродвигатель 1 можно считать отключенным от сети в момент времени, когда тиристоры усилителя мощности 2 находятся в закрытом состоянии. Если при этом его цепь замкнута на разрядный резистор 4, для контура электродвигатель-диод-резистор можно записать уравнения:

$$L \frac{di(t)}{dt} + e(t) + (R_{\text{я}} + R_{\text{ОВ}})i(t) = 0, \quad (1)$$

$$\bar{e}(t) = k_{\text{Ф}} C \Omega i(t), \quad (2)$$

где $e(t)$ – ЭДС якоря электродвигателя;

C – конструктивная постоянная электродвигателя;

$k_{\text{Ф}}$ – коэффициент пропорциональности между током якоря и магнитным потоком;

$R_{\text{я}}$ – сопротивление якоря;

$R_{\text{ОВ}}$ – сопротивление обмотки возбуждения;

Ω – частота вращения вала электродвигателя;

L – индуктивность цепи электродвигателя.

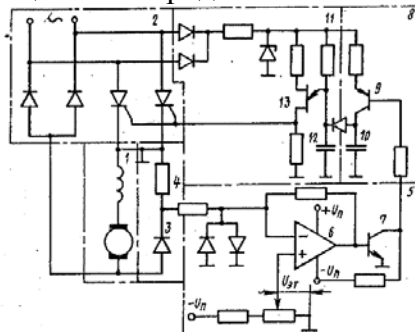


Рисунок 1 – Стабилизация частоты вращения двигателя постоянного тока

Так как ток $i(t)$ якоря вызван действием ЭДС самоиндукции можно принять, что $L = \text{const}$ и $k_{\text{Ф}} = \text{const}$.

Ток $i(t)$ и ЭДС самоиндукции обращаются в нуль в момент времени t_0 , которое с высокой степенью точности обратно пропорционально частоте вращения двигателя и прямо пропорционально току нагрузки. Ширина импульса напряжения на резисторе 4, после того как увеличится усилителем 5 и поступит на вход интегратора 8, определит время интегрирования постоянного напряжения. Сформированное на конденсаторе 12 коммутирующего устройства 11 заданное напряжение суммируется с выходным напряжением интегратора 8, которое используется в обратной связи. Напряжение питания подается на электродвигатель 1 только в момент равенства суммарного напряжения с опорным напряжением, которое равняется напряжению отпираания транзистора 13 коммутирующего устройства 11.

Увеличение времени спада ЭДС самоиндукции до нуля, вызванное увеличением нагрузки на валу двигателя и снижении частоты вращения, увеличивает ширину

импульса напряжения в цепи обратной связи. В результате на конденсаторе 10 возрастает «пьедестал», подаваемый на вход коммутирующего устройства 11, благодаря чему отпирание тиристоров происходит раньше, чем стабилизируется скорость двигателя 1.

Моделирование ДПТ ПВ со стабилизацией частоты вращения

Модель, выполненная в ПО MATLAB Simulink, представлена на рисунке 2.

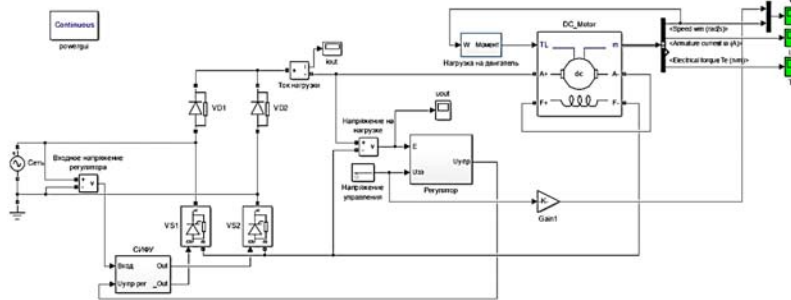


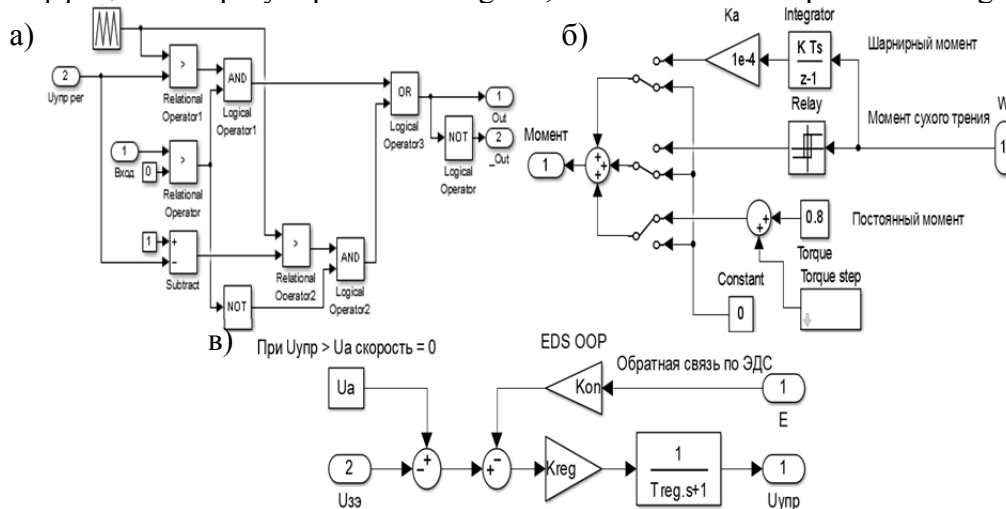
Рисунок 2 – Общая схема модели

В силовой части модели используется управляемый однофазный двухполупериодный выпрямитель, преобразующий переменного напряжения в постоянное [2].

Для управления выпрямителем в модели применяется система импульсно-фазового управления (СИФУ) (рисунок 3, а). Чем больше угол управления α , тем позже открывается тиристор VS1, и тем меньше напряжение на выходе выпрямителя.

Для симуляции нагрузки на валу используется блок нагрузок (рисунок 3, б).

Регулятор частоты вращения в данной модели использует обратную связь по напряжению (рисунок 3, в). При увеличении механической нагрузки на валу двигателя снижается его скорость вращения, повышается ток якоря, и напряжение на нагрузке. Значение напряжения на нагрузке измеряется вольтметром, и уменьшается коэффициентом передачи $K_{оп} = 0,1$. Сигнал датчика напряжения $U_{он}$ вычитается из напряжения управления, получаемого из разности номинального напряжения якорной цепи U_a и напряжения задания $U_{зз}$. Полученный сигнал передается на СИФУ с пропорциональным коэффициентом регулирования $K_{рег} = 0,010862085$ и интегральным $T_{рег} = 0,1$.



а – СИФУ; б – имитации нагрузки на валу; в – регулятора частоты вращения

Рисунок 3 – Блоки

С увеличением сигнала с датчика напряжения, уменьшается напряжение на выходе регулятора (на входе системы управления выпрямителем), что приводит к уменьшению угла управления α , следовательно, увеличению напряжения на выходе выпрямителя и разгону двигателя до заданной скорости.

Когда двигатель разгоняется быстрее заданной скорости, ток якоря и напряжение на двигателе уменьшается. Сигнал на выходе регулятора увеличивается, угол α тоже, напряжение на выходе выпрямителя снижается и скорость снижается.

Характеристики модели со способом стабилизации по частоте вращения
 Была построена механическая характеристика (рисунок 4).

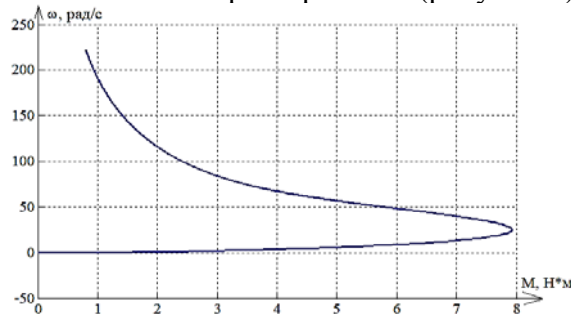
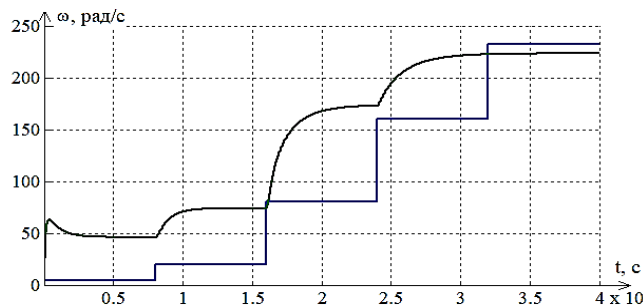


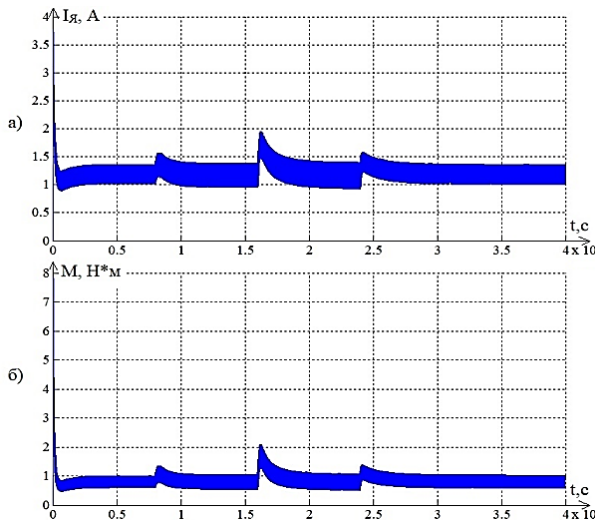
Рисунок 4 – Механическая характеристика двигателя

Видно, что применение отрицательной обратной связи по напряжению двигателя увеличивает диапазон регулирования скорости, то есть повышает жесткость механической характеристики двигателя [3].

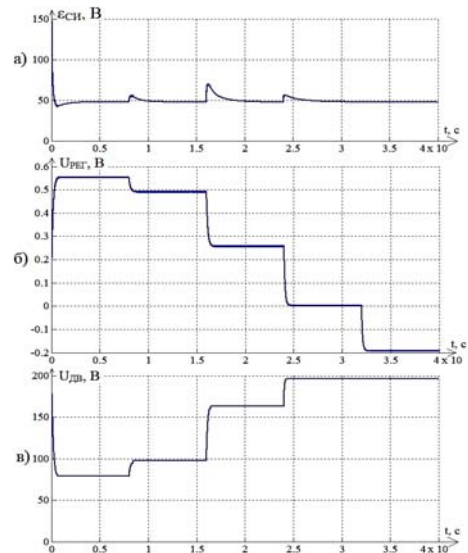
При изменении напряжения задания сняты графики изменения скорости вращения, тока якоря и момента (рисунки 5, 6) и графики изменения ЭДС самоиндукции и напряжения на выходе регулятора скорости (рисунок 7).



1 – напряжение задания скорости, 2 – скорость
 Рисунок 5 – График изменения скорости



а – тока; б – момента
 Рисунок 6 – График изменения



а – ЭДС самоиндукции двигателя; б – на выходе регулятора; в – питания двигателя
 Рисунок 7 – Графики напряжений

Для моделирования переходных процессов при изменении нагрузки на вал двигателя при постоянном напряжении задания скорости 50 В, были сняты графики изменения скорости вращения, тока якоря и момента (рисунки 8, 9).

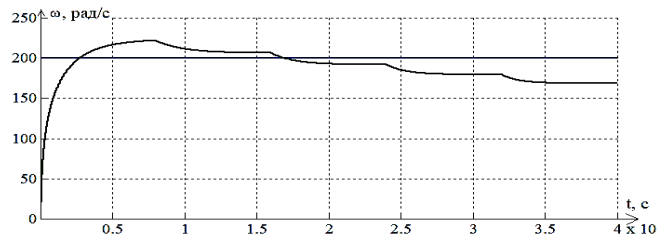
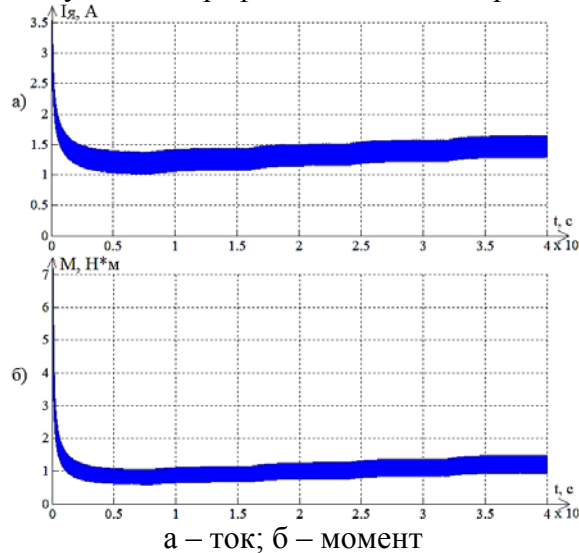


Рисунок 8 – График изменения скорости



а – ток; б – момент

Рисунок 9 – График изменения

Заключение

Проведя симуляцию метода стабилизации частоты вращения однофазного коллекторного электродвигателя, можно сделать вывод, что данный способ действующий и подходит для регулирования электропривода последовательно возбуждения.

Установка скорости не слишком точно работает. Неточно стабилизируется и частота вращения двигателя при изменении нагрузки. Это связано с простотой регулятора, для лучшей стабилизации нужен контур тока и/или скорости.

В рассматриваемой системе управления вместе с ЭДС электродвигателя будет регулироваться и ток якоря. Системы с одним контуром, подобные исследованной системе, используют только в тех случаях, когда сложно или невозможно реализовать обратную связь по скорости (например, когда напряжение подводится при помощи троллеев). Так как прямое измерение ЭДС электродвигателя также невозможно, то для получения сигнала, пропорционального ему, используют датчики напряжения [4].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Патент SU997216A1 СССР, МПК H02P 7/28 (2006.01). Способ стабилизации частоты вращения однофазного коллекторного электродвигателя / Алехин А.Е., Бобровский А.С., Петров Я.В., Суздорф В.И. (СССР); заявитель и патентообладатель Томский Орден Октябрьской Революции и Ордена Трудового Красного Знамени Политехнический институт им. Кирова. – № 3240934/24-07; заявл. 28.01.1981; опубл. 15.02.1983, Бюл. № 6. – 5 с.: ил.

2. Селиванов, В.А. Системы управления электроприводами: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений обучающихся по специальности «Автоматизированные электроприводы» / В.А. Селиванов. – Могилев, 2010. – 28 с.

3. Фомин, Н.В. Системы управления электроприводами: учебное пособие / Н.В. Фомин. – Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2014. – 350 с.

4. Башарин, А.В. Управление электроприводами / А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с.

Муравьев Евгений Максимович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Muravyov Evgeniy Maksimovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University.

Савельев Дмитрий Олегович, старший преподаватель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Savelyev Dmitriy Olegovich, senior lecturer, of Komsomolsk-na-Amure State University.

Черный Сергей Петрович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherny Sergey Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department «Electric Drive and Automation of Industrial Installations», Komsomolsk-na-Amure State University

ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАФИКА В ГОРОДЕ

DISCRETE-EVENT MODEL OF TRAFFIC AUTOMATION SYSTEM IN THE CITY

Аннотация. В данной статье рассматриваются технологии управления, возможности которых позволяют создать систему светофора-регулирования посредством реализации имитационной модели с применением дискретно-событийного класса систем. Данная система светофора-регулирования дает возможность автоматизации и оптимизации регулирования трафика транспортных средств.

Abstract. This article discusses control technologies, the capabilities of which make it possible to create a traffic light-regulation system by implementing a simulation model using a discrete-event class of systems. This traffic light-regulation system makes it possible to automate and optimize vehicle traffic regulation.

Ключевые слова: система автоматического регулирования, дискретно-событийное моделирование, имитационное моделирование, автоматизация трафика в городе.

Key words: automatic control system, discrete-event modeling, simulation modeling, traffic automation in the city.

В условиях современного мира и большого технологического прогресса с каждым днем растет спрос на автомобили, что многократно увеличивает количество неблагоприятных явлений связанных с автомобилизацией. Автомобили плотно вошли во все сферы жизнедеятельности человека, но помимо пользы появляются и негативные эффекты, связанные с повышенным движением на дорожной сети. Негативное воздействие от автомобилизации влияет не только на окружающую среду, также усугубляется качество дорожного покрытия, что ведет к частым ремонтным работам и соответственно затрудняет и без того сложное движение.

С развитием технологий управления транспортными потоками появилась возможность создать систему светофора-регулирования посредством дискретно-событийного моделирования [1]. На данном этапе авторами ранее была разработана система реализующая передвижение транспортных потоков от и на перекрестке, но без применения блоков, реализующих контроль светофора-регулирования. В приведенной статье описывается один из возможных способов осуществления управления в дискретно-событийном моделировании.

На рисунке 1 представлена части перекрестка в виде имитационной модели, которая позволяет регулировать непосредственно движение транспортных потоков с помощью использования подсистемы блока Control. Имитационная модель позволяет локально отразить с помощью применения блочно-событийного моделирования [2] принцип поступления и движения объектов в различный период времени.

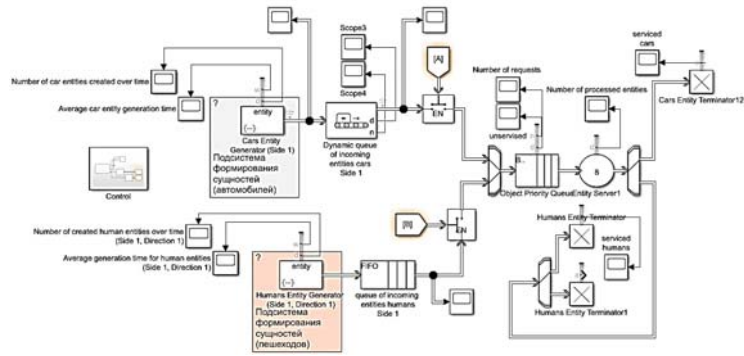


Рисунок 1 – Имитационная модель части перекрестка

В представленной модели сигналы управления контролируются при помощи блока Control (рисунок 2). Такая подсистема передает сигналы управления на блоки «Gate» имитационной модели, тем самым инициируя процесс их переключения. Блок «Gate» работает в двух положениях – открытом и закрытом. Начальным положением контактов данного блока является нормально-разомкнутым. Шлюз этого блока открывается каждый раз, когда порт управления получает сообщение типа «double» с положительным значением, и закрывается, когда сообщение содержит нулевое, либо отрицательное значение. Активированный шлюз остается открытым до тех пор, пока блок не получит сообщение в виде сигнала управления с нулевым или отрицательным значением, после чего положение шлюза меняется.

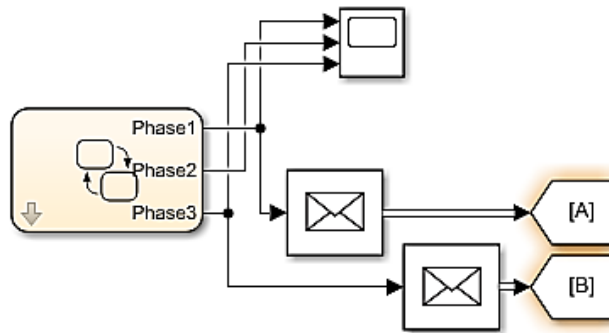


Рисунок 2 – Имитационная модель подсистемы Control

Непосредственное управление в подсистеме Control реализуется при помощи инструмента логического управления Stateflow. Такой подход реализуется с помощью моделирования конечных автоматов и блок-схем в модели объекта управления [3] и позволяет получить визуальную информацию об иерархии управления с предоставлением таблиц истинности и переходов состояний. Такой инструмент логики управления используется для задач дискретного контроля в гибридных системах с непрерывной динамикой процессов.

Пример разработанной системы, осуществляющей контроль фаз светофора-регулирования, состоящей из трех состояний представлен на рисунке 3.

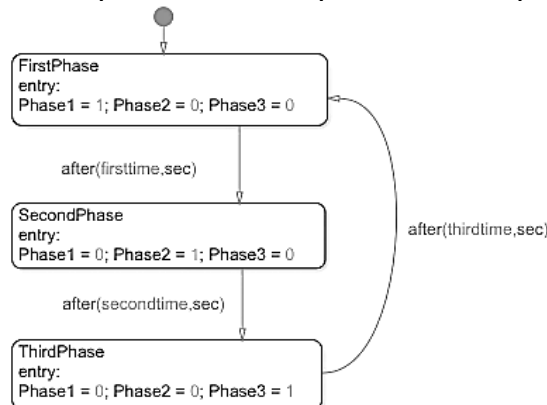


Рисунок 3 – Stateflow-диаграмма трехфазной системы регулирования

Реализованная система управления на основе логики принятия решения [3], позволяет создавать, как простые, так и сложные системы гибридного управления при помощи логики конечных автоматов. Это позволяет анализировать переходные процессы системы управления и применять классические и интеллектуальные подходы к управлению распределенными системами.

Благодарности. Исследования представленных результатов статьи проводятся в рамках гранта №ВНО10/2021 «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности»

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Савельев Д.О. Автоматизированная маркировка транспортных средств с целью выявления метаданных для автоматизации регулировки городского трафика. / Д.О. Савельев, Е.М. Муравьев, В.Р. Кагаловская, Я.С. Барскова В сборнике: Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы V Международной научно-практической конференции. Редколлегия: С.И. Сухоруков (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. Комсомольск-на-Амуре, 2022. С. 58-60.

2. Применение stateflow логики в регулировании транспортными потоками Клопов А.Н., Муравьев Е.М., Кагаловская В.Р., Савельев Д.О. В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях. Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Комсомольск-на-Амуре, 2022. С. 28-30.

3. Соловьев В.А., Черный С.П. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами / В.А. Соловьев, С.П. Черный; - Владивосток: «Дальнаука», 2010. – 280 с.

УДК 681.5

Сбитнев Никита Романович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sbitnev Nikita Romanovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Григорец Роман Дмитриевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grigorets Roman Dmitrievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Носаченко Родион Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Nosachenko Rodion Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Сухоруков Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhorukov Sergei Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Department “Electric Drives and Automation of Industrial Plants”, Komsomolsk-na-Amure State University

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

THE STRUCTURE OF THE SYSTEM FOR MEASURING THE MECHANICAL PARAMETERS OF THE TOOL MOVEMENT OF AN INDUSTRIAL ROBOT

Аннотация. В приведенной статье рассматривается способ измерения параметров перемещения инструмента робота, основные требования к данной системе и принцип получения данных с датчиков. Для предложенного принципа разработана структура системы,

реализующей измерение параметров перемещения инструмента. Осуществлено предварительное определение классов датчиков, необходимых для построения системы.

Abstract. In the present article the method of measuring the parameters of movement of the tool of the robot, the basic requirements to this system and the principle of obtaining data from sensors are considered. The structure of the system for measuring the parameters of tool displacement is developed for the proposed principle. A preliminary determination of the classes of sensors required for the construction of the system is made.

Ключевые слова: робототехника, система измерения, датчик, ускорение, скорость.

Key words: robotics, measurement system, sensor, acceleration, speed.

Введение

В настоящее время робототехника активно развивается и внедряется в промышленное производство. При этом в некоторых задачах возникает необходимость измерения параметров перемещения инструмента робота (скорость, ускорение и т.д.). Эти данные полезны для синхронизации функционирования технологической оснастки и инструментов с перемещениями робота при реализации сложных технологических процессов (например, наплавки, трехмерной печати и т.д.). Получение этих данных напрямую из системы управления роботом серьезно затруднено из-за закрытости внутренней архитектуры и алгоритмов работы штатных контроллеров промышленных роботов. Это приводит к необходимости разработки некоторой внешней системы, которая будет измерять скорость и ускорение перемещения инструмента и передавать результаты измерения тем внешним устройствам, функционирование которых зависит от параметров движения робота. В рамках данной статьи будет рассмотрена структура системы измерения механических параметров перемещения инструмента промышленного робота.

Основные требования к системе

В рассматриваемой системе измерения механических параметров перемещения инструмента главными задачами является:

- получение актуальных данных о текущих величинах и направлениях векторов скорости и ускорения, а также проекции этих векторов по каждой из осей;
- получение данных об угловых скоростях/ускорениях инструмента, так как промышленный робот позволяет в значительной степени свободно переориентировать инструмент в пространстве;
- установка необходимых датчиков на корпус предполагаемого робототехнического устройства;
- организация передачи результатов измерений на внешние системы.

Следует отметить, что в рамках первого требования достаточно измерять или текущую скорость, или ускорение, так как остальные необходимые величины можно получить расчетным методом за счет интегрирования или дифференцирования по времени.

Структура системы

В соответствии с вышеописанными требованиями была разработана структурная схема системы мониторинга параметров перемещения инструмента промышленного робота, приведенная на рис. 1.

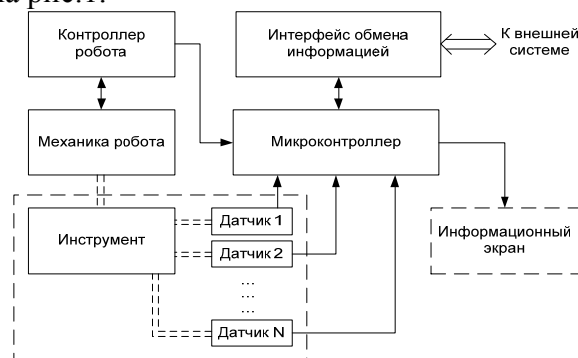


Рисунок 1 – Структурная схема системы

На данной схеме изображена взаимосвязь основных элементов системы. Не смотря на то, что контроллер робота и механика робота непосредственно не участвуют в процессах измерения, они отображены в левой части схемы, так как именно под действием команд, обрабатываемых контроллером робота, механика робота перемещает в пространстве инструмент. Механические связи на схеме показаны в виде двойных пунктирных линий.

Неподвижно относительно инструмента устанавливаются датчики, которые будут осуществлять непосредственно измерения.

Для измерения параметров перемещения рабочего инструмента необходимо использовать два основных типа датчиков - гироскоп и акселерометр, с учетом количества измеряемых осей. На схеме на рис.1 приведен общий вид системы, в котором не задано жестко количество используемых датчиков. Это связано с различными вариантами реализации конкретных моделей датчиков – на рынке присутствуют, например, акселерометры, которые проводят измерения как по одной оси, так и по двум или трем одновременно. В большинстве случаев акселерометры и гироскопы в качестве выходных сигналов дают поток информационных пакетов, передаваемых посредством одного из стандартных интерфейсов (I2C, SPI и т.д.). Для достижения максимальной точности измерений датчик акселерометра и гироскопа нужно откалибровать. Калибровка акселерометра позволяет выставить “ноль” для вектора силы тяжести, а калибровка гироскопа уменьшает его “дрифт”, то есть статическое отклонение в режиме покоя.

Выходные сигналы со всех датчиков подаются в необработанном виде на микроконтроллер. Задачами микроконтроллера являются:

- обработка сигналов с датчиков (получение из потока сигналов с датчиков необходимых исходных величин для дальнейших расчетов);
- выполнение расчетов всех необходимых величин (скорости, ускорения);
- учет при расчетах сигналов синхронизации от контроллера робота;
- формирование информационных пакетов для передачи внешним системам через интерфейс обмена информацией.

Помимо сигналов от датчиков, на микроконтроллер подаются сигналы синхронизации от контроллера робота (например, сигнал о нахождении инструмента в статическом положении, при котором скорость равна нулю).

Интерфейс обмена информацией служит для передачи результатов работы системы к внешним технологическим системам. Интерфейс может быть реализован различным образом в зависимости от имеющихся средств информационного обмена в составе системы-получателя и от используемой модели микроконтроллера. Так, при использовании в качестве микроконтроллера AVR-контроллер семейства ATmega и при необходимости передачи данных по сети на базе Ethernet, потребуется применение внешнего интерфейса. В случае же необходимости передачи данных по сети I2C может быть использован встроенный в микроконтроллер интерфейс без добавления внешнего устройств.

При необходимости, для организации стороннего наблюдения человеком-оператором данные с микроконтроллера могут дублироваться и выводиться на внешний информационный экран.

Заключение

В рамках данной работы была разработана структура системы, которая позволит в дальнейшем измерять параметры перемещения инструмента промышленного робота и по результатам измерений корректировать параметры функционирования инструмента.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-00267, <https://rscf.ru/project/22-79-00267/>

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Программное обеспечение систем управления [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://studfile.net/preview/941986/> (дата обращения: 25.07.2022)
2. Дмитриев Н.И., Хрусталева А.А., Ляпин А.И., Суворов Е.Ю. Система распознавания объектов, обеспечивающая работу бортовой системы технического зрения в реальном времени В сборнике: трудов научно-технической конференции Техническое зрение в системах управления. 2011. С. 40-47 (дата обращения: 25.11.2022)
3. Власов С. М., Бойков В. И., Быстров С. В., Григорьев В. В. Навигационные системы со сканированием пространства В книге: Бесконтактные средства локальной ориентации роботов. 2017. С. 73-101. (дата обращения: 25.11.2022)
4. Давыдов О.И., Платонов А.К. Метод определения позиции и ориентации мобильного робота с лазерным сканером. Москва — 2015. (дата обращения: 25.11.2022)
5. М.Е. Калинин, О.И. Пирожникова, В.Л. Ткалич, А.В. Комарова Анализ конструкций и принципов работы микромеханических датчиков Учебное пособие: Микро-электромеханические системы и датчики. Санкт-Петербург 2020.

УДК 681.5.01:658.5

Сбитнев Никита Романович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sbitnev Nikita Romanovich, student, of Komsomolsk-na-Amure State University

Савельев Дмитрий Олегович, старший преподаватель; Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Savelyev Dmitriy Olegovich, senior lecturer, Komsomolsk-na-Amure State University

НАСТРОЙКА НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕССЕТОЧНОГО РАЗБИЕНИЯ

TUNING THE FUZZY MODEL USING MESHLESS PARTITION

Аннотация. В приведенной статье предлагается способ настройки нечеткого регулятора с алгоритмом вывода Мамдани в системе управления тиристорного преобразователь-двигателя, а также способ сокращения числа правил нечетких множеств для упрощения настройки нечеткого логического регулятора, при сохранении точности модели.

Abstract. This article proposes a way of tuning a fuzzy controller with Mamdani's inference algorithm in a thyristor converter-motor control system, and a way of reducing the number of fuzzy set rules to simplify the tuning of a fuzzy logic controller, while maintaining model accuracy.

Ключевые слова: нечеткий логический регулятор, нечеткая логика, база правил, точность модели.

Key words: fuzzy logic regulator, fuzzy logic, rule base, model accuracy.

Введение

Увеличение числа нечетких множеств и правил позволяет достичь большей точности модели. Однако встречаются и такие нечеткие модели, в которых может быть допущена ошибка по причине неверно спроектированной базы правил, либо в случае самоорганизующихся нечетких моделей, где генерация может быть вызвана недостатком обучения, либо с целью усиления их заключений. Такого рода ошибки усложняют непосредственную настройку регулятора физического объекта, особенно в случае увеличения числа входных переменных. С увеличением числа входов усложняется настройка нечеткой модели. Повышенная сложность нечеткого логического регулятора (далее НЛР) является причиной неспособности к обобщению результатов измерения входов и выходов системы, либо приводит к ненужному воспроизведению шумов и помех измерений.

Основная часть

Существует большое множество способов сокращения и настройки базы правил, а также исключения входных и выходных сигналов нечеткого логического регулятора. Например, в данном случае, на примере системы управления тиристорный преобразователь-двигатель, необходимо установить характер изменения поверхности моделируемой системы в различных точках, что позволит использовать бессеточное разбиение входного пространства. Смоделировав объект в программной среде Matlab, и заменив классический регулятор на нечеткий, получим структурную схему, представленную на рисунке 1.

Где $W_{pc}(p)$ - регулятор скорости, $W_{pt}(p)$ - регулятор тока, $T_{яц}$ - постоянная времени якорной цепи, T_m - электромеханическая постоянная времени, C - конструктивный коэффициент, $k_{дт}$ - датчик тока, $k_{дс}$ - датчик скорости, U_z - задающий сигнал, $k_{тп}$ - коэффициент передачи, тиристорного преобразователя, $T_{тп}$ - постоянная времени тиристорного преобразователя.

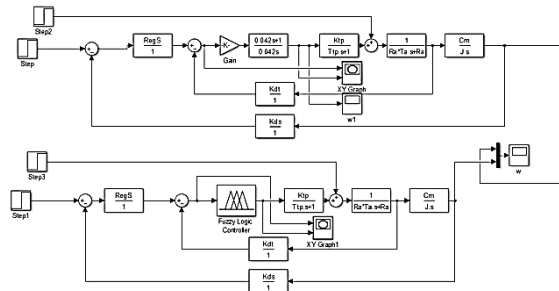


Рисунок 1 – Структурная схема подчиненного регулирования «тиристорный преобразователь – двигатель»

Входные и выходные функции принадлежности представлены на рисунке 2.

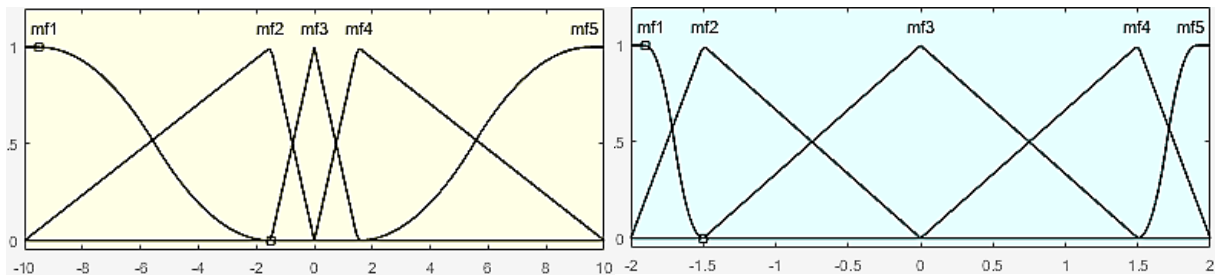


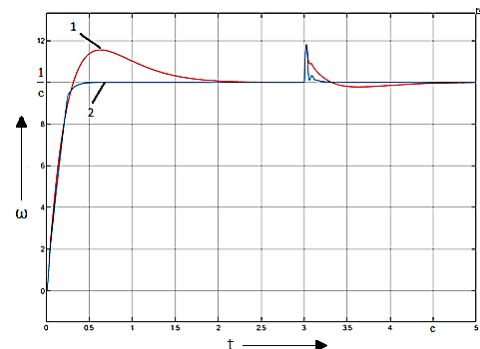
Рисунок 2 – Входные и выходные функции принадлежности

Глядя на входные и выходные функции принадлежности видно, что число нечетких сегментов можно сократить, так как они дублируют друг друга.

Графики переходного процесса классического и нечеткого регулятора представлены на рисунке 3.

Произведем настройку входных термов принадлежности модели. Нечеткие множества $mf1$ и $mf2$ имеют близкие модальные значения в связи, с чем объединение этих множеств в одно множество $mf1^* = mf1 \cup mf2$ не должно привести к чрезмерному уменьшению точности модели. Также обстоит дело и с нечеткими множествами $mf4$ и $mf5$, которые можно объединить в одно множество $mf5^* = mf4 \cup mf5$ (рисунок 4).

Рисунок 3 – Графики переходных процессов по скорости при подаче возмущающего воздействия при $t=3c$
1 – классического регулятора,
2 – нечеткого регулятора



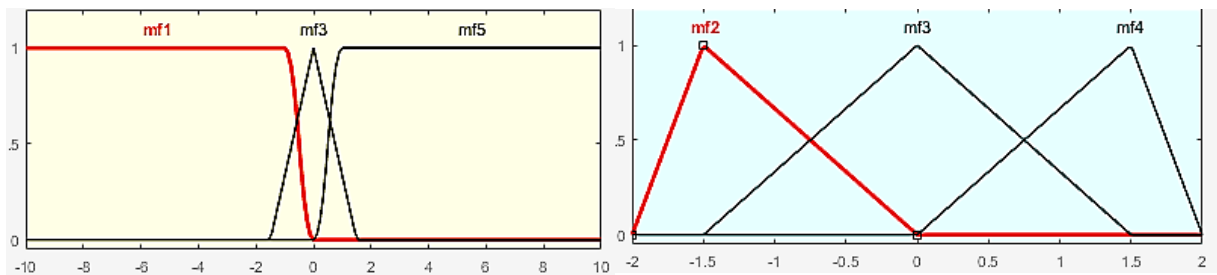


Рисунок 4 – Входные и выходные функции принадлежности при сокращении нечетных множеств

Результат применения метода объединения представлена на рисунке 4. Как видно из рисунка 4, уменьшение числа множеств путём их объединения привело к существенному изменению точности модели несмотря на то, что число правил уменьшилось с 5 до 3.

Графики переходных процессов классического и нечеткого регулятора после уменьшения числа правил представлены на рисунке 5.

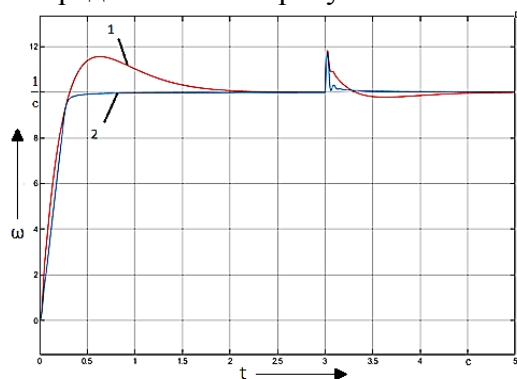


Рисунок 5 – Графики переходных процессов по скорости при подаче возмущающего воздействия при $t=3$ с, и сокращению числа нечетких множеств
1 – классического регулятора, 2 – нечеткого регулятора

Заключение

Из рисунка 5 видно, что применение предложенного подхода с уменьшением базы продукционных правил никак не сказывается на работе системы с требуемыми показателями качества, однако позволяет увеличить скорость обработки данных и отклика реальной системы управления.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Piegat A., Jaszczak S., Pluciriski M. Selflearning neuro-fuzzy PID controller without simplifications. Proceedings of the International Symposium on Methods and Models in Automation and Robotics MMAR'96 vol.3. Miedzyzdroje, Poland. 1996. С. 1195-1200. (дата обращения: 07.10.2022).
2. Савельев Д.О., Черный С.П., Соловьев В.А. Повышение точности компенсации нелинейных элементов систем управления // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2020. Т. 63. № 3. С. 213-221. (дата обращения: 07.10.2022).
3. Бузикаева А.В., Черный С.П. Интеллектуальные подходы к моделированию сложных объектов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. 2018. С. 241-244. (дата обращения: 07.10.2022).
4. Савельев Д.О., Гудим А.С., Черный С.П., Сухоруков С.И. Способ компенсации статических нелинейностей с использованием мягких вычислений // Электротехнические комплексы и системы управления. 2015. № 1. С. 35-42. (дата обращения: 07.10.2022).

5. Efimov A.Y., Gorkavyy M.A., Egorova V.P., Gorkavyy A.I. Optimization of technological parameters of robotized mechanical processing processes of aviation products // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. T. 200. С. 204-215. (дата обращения: 07.10.2022).

УДК 62-83-52

Семенецкий Иван Сергеевич, студент, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

Semenitsky Ivan Sergeevich, student of Sukhoi State Technical University of Gomel

Савельев Вадим Алексеевич, доцент, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

Supervisor: Savelyev Vadim Alexeyevich, Associate Professor, Sukhoi State Technical University of Gomel

СИСТЕМА ОЦЕНКИ ПОЛОЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

UNMANNED AERIAL VEHICLE POSITION EVALUATION SYSTEM

Аннотация. В проекте поставлена цель создания модели БПЛА мультироторного типа (квадрокоптер) на базе микроконтроллера STM32F4 и датчика пространственного положения MPU6050 для лабораторно-исследовательского стенда. В ходе работы над проектом разработана функциональная и принципиальная схемы макетной платы полетного контроллера, получена программная реализация системы оценки положения БПЛА, использующая возможности цифрового процессора движения (DMP) датчика MPU6050.

Abstract. The aim of the project is to create a model of a multirotor UAV (quadcopter) based on STM32F4 microcontroller and spatial position sensor MPU6050 for the laboratory-research bench. During the work on the project a functional and circuit diagram of the flight controller breadboard was developed, the software implementation of the system of evaluation of the UAV position, using the capabilities of the digital motion processor (DMP) sensor MPU6050 was obtained.

Ключевые слова: беспилотное летательное средство, квадрокоптер, система стабилизации положения, гироскоп, акселерометр, MPU6050, STM32F4.

Key words: unmanned aerial vehicle, quadcopter, position stabilization system, gyroscope, accelerometer, MPU6050, STM32F4.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) применяются везде, где необходим обзор местности и мониторинг объектов с воздуха. Благодаря размещению различного оборудования на борту БПЛА, последние могут решать задачи получения тепловых карт, создания сложных изображений объекта, видеомониторинга объектов, инспекции качества воздуха и др. БПЛА помогают минимизировать риски для персонала, сократить издержки, оптимизировать работу предприятия и оперативно контролировать обстановку.

Основными достоинствами беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа являются:

- значительное снижение габаритных характеристик, что уменьшает стоимость по сравнению с традиционными летательными аппаратами;
- возможность создания БПЛА малых размеров, позволяющих выполнять различного рода задачи не доступных обычным летательным аппаратам;
- высокая мобильность и маневренность, небольшой вес аппарата;

- возможность загрузки дополнительного оборудования для решения поставленных задач;
- большая грузоподъемность, малая чувствительность к ветру;
- для обслуживания достаточно одного или двух операторов.

Таким образом, актуальной является задача подготовки специалистов в области разработки аппаратных и программных средств БПЛА. Для успешного решения этой задачи необходимо разработать лабораторно-исследовательский стенд, позволяющий изучать режимы работы БПЛА на действующей модели.

В рассматриваемом проекте поставлена цель создания модели БПЛА мультироторного типа (квадрокоптер) на базе микроконтроллера STM32F407 [1] и датчика пространственного положения MPU6050 [2] с целью дальнейшего использования в составе учебно-исследовательского стенда.

В ходе работы над проектом разработана функциональная схема БПЛА мультироторного типа (рисунок 1). Основными узлами схемы являются:

- микроконтроллер STM32F407, на базе которого реализована схема захвата сигналов управления, система ПИД-регуляторов, блок формирования ШИМ-сигналов управления (миксер);
- датчик пространственного положения MPU6050, объединяющий гироскоп, акселерометр и цифровой процессор движения (Digital Motion Processor – DMP).

Кроме того, на схеме показаны:

- передатчик радиосигнала управления;
- приёмник радиосигнала управления;
- блок регуляторов, выполняющий роль силового преобразователя для управления двигателями;
- модуль bluetooth, необходимый для дистанционного мониторинга параметров БПЛА;
- ЖК-дисплей, используемый для визуализации параметров настройки БПЛА.

Примененный в проекте микроконтроллер семейства STM32F4, дает следующие преимущества:

- наличие четырёхканальных таймеров с 32-битными регистрами счёта позволяет легко организовать захват сигналов управления с приемника радиосигнала и передавать их на блок ПИД-регуляторов БПЛА;
- наличие модуля прямого доступа к памяти (DMA) позволяет разгрузить микропроцессор от операций распределения данных в памяти, что, в свою очередь, позволяет использовать свободное время процессора для обработки данных с других датчиков;
- микроконтроллер STM32F407 может работать на частоте до 168 МГц, что позволяет ему выполнять вычисления намного быстрее конкурирующих микроконтроллеров;
- на борту микроконтроллера STM32F407 имеется большое количество интерфейсов связи, что позволяет подключить все необходимые датчики.

Для стабилизации положения БПЛА в пространстве использован датчик MPU6050 содержащий на борту 3-х осевой акселерометр и 3-х осевой гироскоп. Кроме того, MPU6050 содержит цифровой процессор движения (Digital Motion Processor – DMP), который позволяет обрабатывать данные, получаемые от гироскопа и акселерометра, и формировать на выходе как отфильтрованные значения угловых ускорений и векторов силы тяжести, так и значения кватернионов положения объекта. Это позволяет снять с микроконтроллера значительную часть вычислительной нагрузки, необходимой для фильтрации данных приходящих от датчика, с помощью программных алгоритмов фильтрации Махони или Маджвика [3].

Датчик MPU6050 передает данные по интерфейсу I2C на частоте 400 кГц. Данные, поступающие от MPU6050, обрабатываются микроконтроллером по внешнему прерыванию, приходящему от датчика. В качестве примера на рисунке 2 приведена диаграмма изменения угла наклона по оси тангажа, полученная с датчика MPU6050.

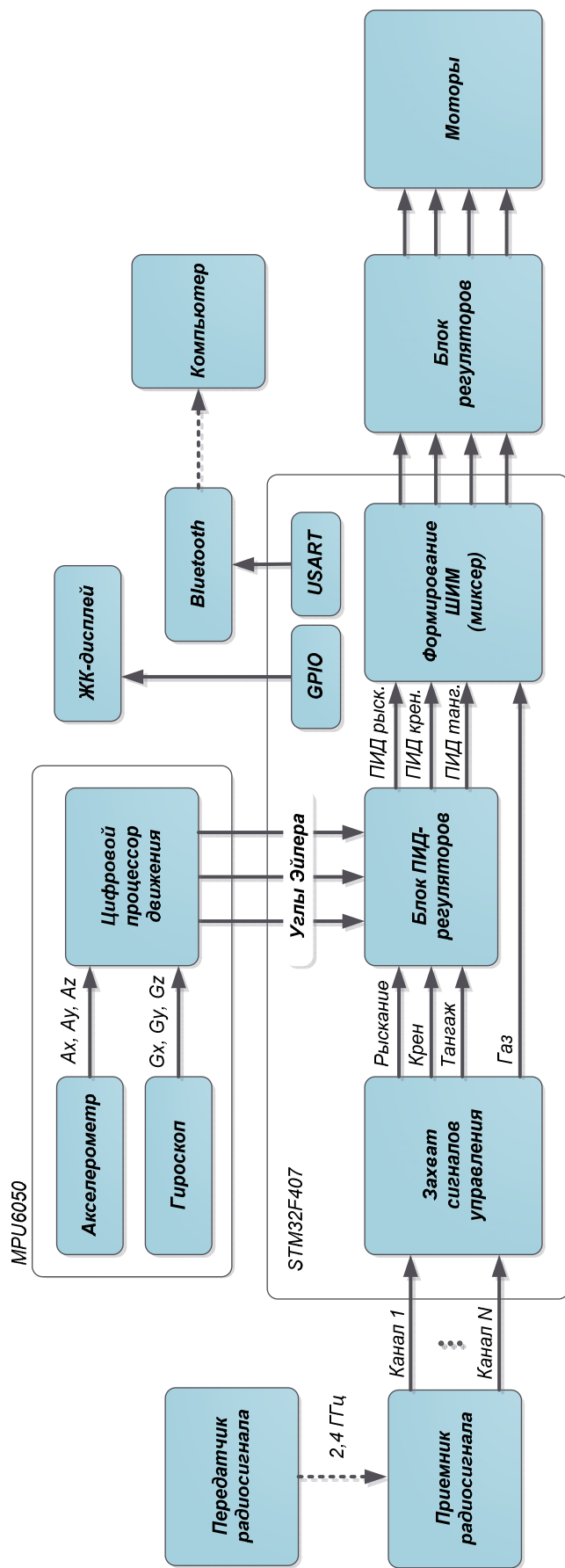


Рисунок 1 – Функциональная схема БПЛА мультироторного типа

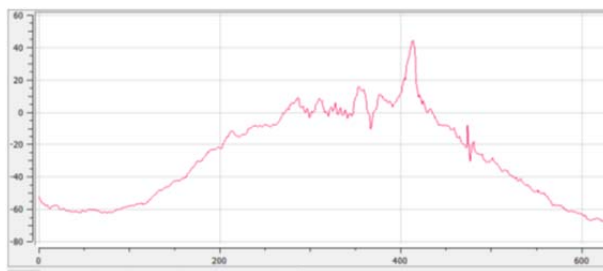


Рисунок 2 – Диаграмма изменения угла наклона по оси тангажа

Таким образом, задача микроконтроллера сводится к расчёту углов наклона БПЛА на основе значений кватернионов, получаемых от MPU6050, расчёту ПИД-регуляторов и формированию ШИМ сигналов на каждый из четырех моторов БПЛА.

В ходе дальнейшей работы над проектом планируется реализовать систему стендовых исследований БПЛА, которая будет включать:

- исследования характеристик винтомоторной группы;
- исследования диапазона управления БПЛА, возможные способы его увеличения;
- исследования различных протоколов передачи сигналов управления моторами, таких как IBUS или SBUS;
- исследования альтернативных способов управления БПЛА, например, с использованием GPS, с целью реализации передвижения БПЛА по заданной системе координат с возможностью распознавания препятствий, удержания высоты и автоматической посадки.

Также планируется реализовать удалённую отладку БПЛА, для более удобного варианта работы с прошивкой БПЛА.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. STM32F407/417 [Электронный ресурс]: www.st.com. URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f407-417.html> (дата обращения: 01.12.2022)
2. Анализ данных MPU6050 [Электронный ресурс]: Русские Блоги. URL: <https://russianblogs.com/article/6012840510/> (дата обращения: 01.12.2022)
3. Sebastian O.H. Madgwick. An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays. URL: https://x-io.co.uk/downloads/madgwick_internal_report.pdf (дата обращения: 01.12.2022)

УДК 621.313

Свиридович Иван Валерьевич, студент, Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого

Sviridovich Ivan Valerievich, student of Sukhoi State Technical University of Gomel.

Логвин Владимир Васильевич, доцент, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

Logvin Vladimir Vasilyevich, Associate Professor, Sukhoi State Technical University of Gomel

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

ENERGY-SAVING ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE OF OSCILLATING MOTION

Аннотация. Цель данной разработки, экономия электроэнергии в электроприводе колебательного движения. В данной работе предлагается вместо маятника или дисбаланса использовать электропривод с возможностью рекуперации энергии в сеть. Тогда на

участке торможения энергия, запасенная в механизме, будет использоваться не в дисбалансе, а возвращаться в сеть. Таким образом, за счет рекуперации энергии в сеть мы повысим КПД установки и уменьшим затраты на электроэнергию.

Abstract. The purpose of this development is to save electricity in an oscillatory motion electric drive. In this robot, instead of a pendulum or imbalance, it is proposed to use an electric drive with the possibility of energy recovery into the network. Then, in the braking section, the energy stored in the mechanism will not be used in imbalance, but will be returned to the network. Thus, by recuperating energy into the network, we will increase the efficiency of the installation and reduce energy costs.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, колебательное движение, энергосберегающий, рекуперация.

Key words: asynchronous electric drive, oscillatory motion, energy-saving, recuperation.

В данной работе предлагается усовершенствование электропривода возвратно-вращательного движения с мягким реверсом.

Широко используется метод реализации колебательного электропривода, на условии появления устойчивого автоколебательного режима работы в электромеханическом узле асинхронного электродвигателя и упругого элемента (рисунок 1).

В таком варианте автоколебательный электропривод чрезвычайно просто исполняется. Для его построения необходимо обмотки общепромышленного асинхронного электродвигателя подключить к однофазной электросети. А на валу разместить пружину или маятник для обеспечения дисбаланса [1].

Для получения максимальной магнитодвижущей силы предлагается обмотки соединить следующим образом (рисунок 2).

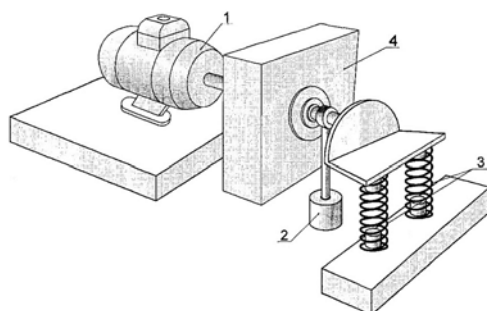


Рисунок 1 - Автоколебательный стенд для испытания пружин асинхронный электродвигатель (1), понижающий редуктор на цилиндрических шестернях (4), компенсатор реактивной механической энергии в виде маятника (2) или испытываемых пружин (3)

Схемы электропитания статорных обмоток АД в автоколебательном режиме

№	Соединение звезда			Соединение треугольником		
	Схема подключения	Векторная диаграмма МДС	Относ. МДС, F_{θ}/F_{ϕ}	Схема подключения	Векторная диаграмма МДС	Относ. МДС, F_{θ}/F_{ϕ}
1			2			2
2			2			2

Рисунок 2 - Схемы соединения статорных обмоток

В качестве одного из возможных вариантов предлагается вместо маятника или дисбаланса использовать электропривод с возможностью рекуперации энергии в сеть. Тогда на участке торможения энергия, запасенная в механизме будет использоваться не в дисбалансе, а возвращаться в сеть (рисунок 3).

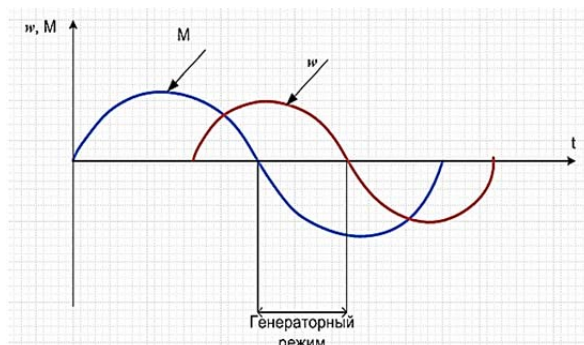


Рисунок 3 - Характеристики момента и частоты вращения в колебательном режиме

Таким образом, за счет рекуперации энергии в сеть мы повысим КПД установки и уменьшим затраты на электроэнергию. Данная система регулирования позволит экономить электроэнергию не только на участке торможения (генераторном режиме), но и в двигательном режиме за счет отсутствия маятника (дисбаланса).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Патент РБ №22642 на изобретение по заявке № а20170496. Способ управления колебательным электроприводом с асинхронным двигателем / Тодарев В.В., Логвин В.В., Зайцев А.С., Беликова А.И. //Официальный бюллетень №4/2019, дата публикации 30.08.2019.

УДК 621.3.078

Соловьев Вячеслав Алексеевич, доктор технических наук, профессор, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Solovjev Vyacheslav Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

Садовский Дмитрий Дмитриевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sadovsky Dmitry Dmitrievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА ТРАКТА ТОПЛИВОПОДАЧИ

IMPROVEMENT OF THE CONTROL SYSTEM OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE BELT CONVEYOR OF THE FUEL SUPPLY PATH

Аннотация. В работе показано, что узким местом тракта топливоподачи является система электропривода ленточного конвейера, оказывающая существенное влияние на надежность и долговечность эксплуатации тракта. Рассмотрен возможный вариант повышения эффективности системы электропривода путем перехода с нерегулируемого электропривода на регулируемый. Приведены результаты исследования.

Abstract. The paper shows that the bottleneck of the fuel supply path is the belt conveyor electric drive system, which has a significant impact on the reliability and durability of the path operation. A possible variant of increasing the efficiency of the electric drive system by switching from an unregulated electric drive to an adjustable one is considered. The results of the study are presented.

Ключевые слова: частотно регулируемый привод, ленточный конвейер, асинхронный двигатель, модель, векторное управление.

Key words: variable frequency drive, belt conveyor, asynchronous motor, model, vector control.

Анализ эксплуатации ленточного конвейера показал, что используемая система управления электроприводом конвейера тракта топливоподачи Амурской ТЭЦ-1 спроектирована в 70 годы прошлого века. При проектировании были использованы решения соответствующие уровню развития электропривода на то время.

Как правило, электропривод ленточных конвейеров, ленточных и качающихся питателей, молотковых дробилок выполнен на базе асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, пуск в работу которых производится толчком на полное напряжение питающей сети.

В связи с этим, в момент пуска в механической части привода возникают значительные динамические усилия, которые зачастую достигают предела прочности деталей и ведут к износу механики [3,5].

Среди наиболее частых неисправностей, происходящих во время пусков конвейеров, повреждение шпонок на полумуфтах редукторов, как со стороны приводного барабана, так и со стороны приводного электродвигателя, повреждение шестерен редукторов, повреждение беличьих клеток роторов электродвигателей при пусках, повреждение кабельных линий и релейной части схемы управления вследствие ее обширности, подрывы и местные истирания ленты конвейера при пробуксовке приводного барабана. Кроме того, существующая релейная схема управления трактом топливоподачи не обеспечивает современных требований к оборудованию. Так, существующая схема не предоставляет возможности контроля срабатывания технологических защит и состояния электрооборудования в период времени между подачами угля. Кроме того, при большой протяженности конвейеров сказываются упругие свойства ленты, что приводит к колебательности момента и скорости электропривода.

Анализ влияния упруго-диссипативных свойств ленты конвейера на динамические показатели электропривода проводился путем моделирования. Учитывая реальную протяженность ленты за основу была принята трехмассовая модель нагрузки [1]. Для возможности воздействия на негативные свойства нагрузки электропривод конвейера предложено выполнять регулируемым, например, частотно-управляемым. На рисунке 1 приведена схема математической модели частотно-регулируемого электропривода ленточного конвейера с векторным принципом управления выполненная в среде Matlab [2,4].

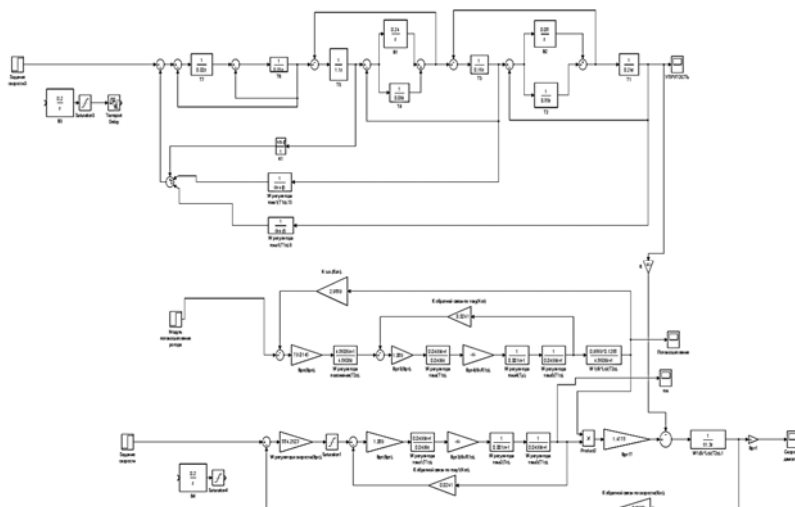


Рисунок 1 - Математическая модель системы векторного управления асинхронным приводом ленточного конвейера

Таблица 1 – Параметры асинхронного двигателя

Тип двигателя	Номинальные параметры										
	Ном. мощность, кВт	Ном. скорость, об/мин	Ном. момент, Н*м	Макс. скорость, об/мин	Ном. ток, А	Ном. напряжение, В	Ном. частота, Гц	Cos φ	S(скольжение), %	КПД	Момент инерции ротора, кг*м ²
BAO2-280L4	200	1480	1291	1500	360	380	50	0,9	1,3	94	4,3

Расчет коэффициентов модели производился в среде Matchcad, за основу принимались параметры реально используемого двигателя BAO2-280L4, основные данные которого приведены в таблице 1, и параметры преобразователя частоты ALTIVAR ATV61 IP54 с АВН 220кВт 380В 3Ф.

Результаты моделирования режима пуска конвейера приведены на рисунках 2 и 3. На рисунке 2 показана осциллограмма изменения скорости при прямом пуске электропривода, а на рисунке 3 при плавном пуске.

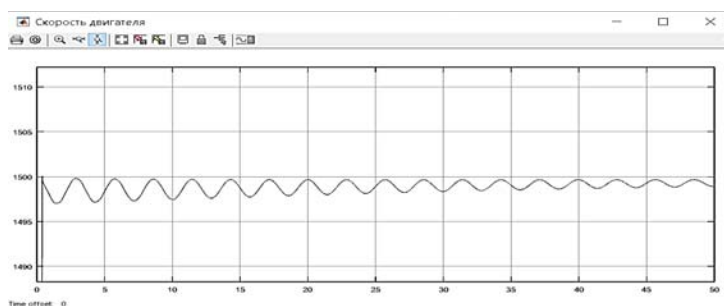


Рисунок 2 - Осциллограмма прямого пуска электропривода

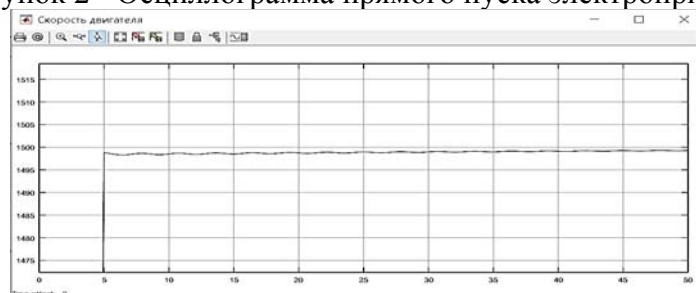


Рисунок 3 - Осциллограмма плавного пуска электропривода

Анализ приведенных осциллограмм наглядно свидетельствует что применение плавного пуска электропривода конвейера существенно снижает колебательность скорости в системе, а, следовательно, уменьшаются динамические усилия, что в конечном итоге повышает надёжность конвейера.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Башарин А.В., Постников Ю.В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ // Л.: Энергоатомиздат, 1990. - 511 с.
2. Андриевский, Б.Р. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB // Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. - СПб. : Наука, 1999. – 466 с.
3. Терехов, В. М. Система управления электроприводов // В. М. Терехов. – М.: Машиностроение, 2005. – 299 с.
4. Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink // И.В. Черных. – СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
5. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами // Л.: Энергоиздат, 1982. - 334 с.

Соловьев Вячеслав Алексеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ЭПАПУ, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Solovjev Vyacheslav Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the EPAPU Department, Komsomolsk-na-Amure State University

Шелковников Вадим Юрьевич, аспирант кафедры ЭПАПУ, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Shelkovnikov Vadim Yurievich, post-graduate student of the Department of EPAPU, Komsomolsk-na-Amure State University

Ляпин Владимир Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Lyapin Vladimir Vladimirovich Student, Komsomolsk-na-Amure State University

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АСИНХРОНИЗИРОВАННОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

DEVELOPMENT FEATURES OF THE MATHEMATICAL MODEL OF AN ASYNCHRONIZED SYNCHRONOUS GENERATOR

Аннотация. В статье представлено математическое описание машин двойного питания в качестве генератора электрической энергии с указанием особенностей разработки, приведена имитационная модель. Рассмотрен подход позволяющий генератор представлять в виде источника. Разработанная модель позволяет проводить исследование генератора в различных режимах включая режим холостого хода, режим изменения подключаемой нагрузки при нестабильности скорости вращения вала ротора.

Abstract. The article presents a mathematical description of dual-feed machines as a generator of electrical energy, indicating the development features, and a simulation model. An approach is considered that allows the generator to be represented as a source. The developed model makes it possible to study the generator in various modes, including the idle mode, the mode of changing the connected load with instability of the rotor shaft rotation speed.

Ключевые слова: машина двойного питания, математическое описание, имитационная модель.

Key words: double powered machines, mathematical description, simulation model.

Асинхронизированный синхронный генератор представляет собой асинхронный двигатель с фазным ротором. Математическое описание базируется на дифференциальных уравнениях, представляющих обобщенную электрическую машину [1]:

$$\left\{ \begin{array}{l} u_{1d} = R_1 \cdot i_{1d} + p \cdot \psi_{1d} - (\omega_2 + p_d \cdot \omega_{val}) \cdot \psi_{1q}; \\ u_{1q} = R_1 \cdot i_{1q} + p \cdot \psi_{1q} + (\omega_2 + p_d \cdot \omega_{val}) \cdot \psi_{1d}; \\ \psi_{2d} = \frac{1}{p} \cdot (u_{2d} - R'_2 \cdot i_{2d} + \omega_2 \cdot \psi_{2q}); \psi_{2q} = \frac{1}{p} \cdot (u_{2q} - R'_2 \cdot i_{2q} - \omega_2 \cdot \psi_{2d}); \\ \psi_{1d} = L_1 \cdot i_{1d} + L_\mu \cdot i_{2d}; \psi_{1q} = L_1 \cdot i_{1q} + L_\mu \cdot i_{2q}; \\ i_{2d} = \frac{1}{L'_2} \cdot (\psi_{2d} - L_\mu \cdot i_{1d}); i_{2q} = \frac{1}{L'_2} \cdot (\psi_{2q} - L_\mu \cdot i_{1q}); \\ M_{em} = \frac{m \cdot p_d}{2} \cdot 1 \cdot (\psi_{1d} \cdot i_{1q} - \psi_{1q} \cdot i_{1d}); M_{val} = J_z \cdot p \cdot \omega_{val} - M_{em}. \end{array} \right.$$

где u_1, i_1, ψ_1 – вектора напряжения, тока и потокосцепления статора; u_2, i_2, ψ_2 – вектора напряжения, тока и потокосцепления ротора; R_1, L_1 – активное сопротивление и индуктивность фазы статора; R'_2, L'_2 – активное сопротивление и индуктивность фа-

зы ротора, приведенные к цепи статора; L_{μ} – взаимная индуктивность статора и ротора; m – число фаз статора/ротора; p_d – число пар полюсов статора; J_z – суммарный момент инерции электропривода; M_{em}, M_{val} – электромагнитный момент и механический момент, приложенный к валу ротора; ω_{val} – угловая скорость вращения вала ротора.

Данная система дифференциальных уравнений представлена проекциями на оси координат d–q. Система координат d–q связана с основным магнитным потоком, который создается вращающимися обмотками ротора ($\omega_k = \omega_2 + p_d \cdot \omega_{val}$).

Такое описание позволяет 3-фазные синусоидальные значения представить постоянными проекциями на оси d–q, что значительно облегчает исследования и анализ как статических, так и динамических характеристик генератора [2,3].

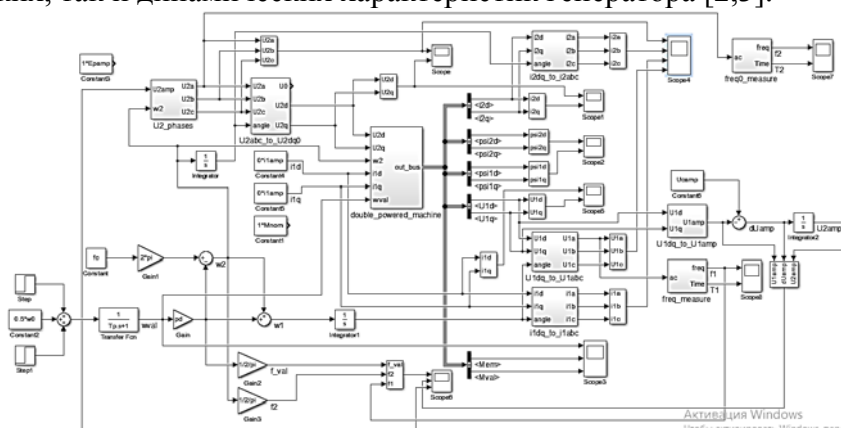


Рисунок 1 – Имитационная модель управления асинхронизированного синхронного генератора

Из-за особенностей режима генератора, уравнения тока и потокосцепления ротора преобразованы с целью использования функции интегрирования вместо дифференцирования [4].

В связи с ограничениями программного пакета Matlab / Simulink, проекции тока статора задаются напрямую, а не рассчитываются из уравнений электромагнитного момента. Таким образом, данная математическая модель будет имитировать работу генератора в качестве источника тока, а не напряжения.

В соответствии с математическим описанием, в программе Matlab / Simulink создана структурная схема и имитационная модель управления асинхронизированного синхронного генератора, которая показана на рисунке 1.

Разработанная модель обладает универсальной блочно-модульной архитектурой, что позволяет довольно легко модифицировать отдельные блоки, не затрагивая все остальные.

Данная модель позволяет исследовать не только виртуальные проекции координат d–q, но и реальные синусоидальные напряжения и токи, протекающие в обмотках генератора.

Система управления позволила исследовать работу генератора в различных режимах – на холостом ходу и с подключаемой электрической нагрузкой, в статических и динамических режимах с меняющейся скоростью вращения вала ротора.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Усольцев, А.А. Частотное управление асинхронными двигателями / А.А. Усольцев // Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО. – 2006. – 94 с.
2. Дубовик, М.Е. Динамическая модель машины двойного питания при управлении со стороны ротора / М.Е. Дубовик, В.А. Соловьев // Электротехнические системы и комплексы. – 2019. – № 2(43). – С. 60–64. [https://doi.org/10.18503/2311-8318-2019-2\(43\)-60-64](https://doi.org/10.18503/2311-8318-2019-2(43)-60-64)

3. Шайбеков, А.Ф. Электромагнитные процессы в асинхронизированной синхронной машине / А.Ф. Шайбеков, Л.Э. Рогинская, В.В. Семенов // Вестник уфимского государственного авиационного технического университета. – 2015. – Т. 19, №4. – с. 72-76.

4. Ляпин, А.С. Получение и анализ статических характеристик машины двойного питания при питании роторных обмоток от источника напряжения / А.С. Ляпин // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2014. – №1. – с. 30-34.

УДК 621.65

Стельмашук Сергей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Stelmashchuk Sergey Valerevich, Candidate of Engineering Sciences, Komsomolsk-na-Amure State University

Корендясов Владимир Викторович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Korendyasov Vladimir Viktorovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ «НАСОС-СЕТЬ» ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСА

MATHEMATICAL MODEL OF THE PUMP-NETWORK SYSTEM WHEN CHANGING WATER CONSUMPTION FOR THE DESIGN OF AN ELECTRIC PUMP DRIVE

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос моделирования движения воды в трубопроводе системы водоснабжения гражданской инфраструктуры с целью получения объекта управления, представляющего систему «насос-сеть». Модель необходима для разработки электроприводов насосов с обратной связью по напору воды. Представлен пример моделирования системы «насос-сеть».

Abstract. The paper considers the issue of modeling the movement of water in the pipeline of the civil infrastructure water supply system in order to obtain a control object representing the "pump-network" system. The model is necessary for the development of electric pump drives with feedback on water pressure. An example of modeling the "pump-network" system is pre-sented.

Ключевые слова: электропривод, моделирование, напор, QH-характеристика, линеаризация.

Key words: electric drive, modeling, pressure, QH-characteristic, linearization.

Введение

В работе системы водоснабжения характерны частые изменения параметров гидравлической сети, что вызывает изменения давления в трубопроводе подачи воды. Это приводит к необходимости рассмотрения динамики движения воды в гидравлической сети при проектировании электропривода насоса трубопровода. Учет особенностей движения воды в трубопроводе способствует повышению уровня автоматизации насосного оборудования при проектировании электроприводов насосов [1].

Гидравлическую систему водоснабжения можно представить в виде длинного трубопровода, на одном конце которого насос, на другом разветвлённая сеть трубопроводов сравнительно короткой длины и с меньшим сечением, на конце которых вентили потребителей воды. Открывание и закрывание вентилей можно заменить одним вентилем, произвольно изменяющим во времени площадь сечения на конце трубопровода водоснабжения. Примем движение воды турбулентным, однонаправленным, а воду как несжимаемую жидкость. Тогда изменение напора и расхода воды описывается системой из нелинейных дифференциального и алгебраического уравнений [2]:

$$\begin{cases} C_m \frac{dQ}{dt} = H - RQ^2; \\ H = A\omega^2 - CQ^2, \end{cases} \quad (1)$$

где H , Q – соответственно напор, Н/м^2 , и подача, $\text{м}^3/\text{с}$, воды в трубопроводе; A , C – параметры насоса; R – гидравлическое сопротивление трубопровода; ω – угловая скорость электродвигателя насоса, с^{-1} .

Левая часть дифференциального уравнения $C_m \frac{dQ}{dt}$ является инерционной составляющей давления в трубопроводе, где $C_m = \frac{\rho l}{S}$ – коэффициент инерционной составляющей давления; ρ – плотность воды, кг/м^3 ; l , S – соответственно длина, м, и площадь сечения, м^2 , трубопровода.

Гидравлическое сопротивление определяется сечениями в начале $S_{\text{нач}}$ и в конце $S_{\text{кон}}$ трубопровода [3]:

$$R = \frac{\rho}{2} \left(\frac{1}{S_{\text{нач}}^2} - \frac{1}{S_{\text{кон}}^2} \right). \quad (2)$$

Площадь сечения в начале трубопровода равна сечению по всей длине трубопровода $S_{\text{нач}} = S$. Сечение $S_{\text{кон}}$ в конце изменяется вентилями потребителей. Следовательно, гидравлическое сопротивление R зависит от потребителей воды и поэтому необходимо его рассматривать как возмущающее воздействие в системе «насос–сеть».

Линеаризация уравнений системы «насос–сеть»

На рисунке 1 линеаризация системы уравнений (1) на QH-характеристике.

Базовая точка, относительно которой осуществляется линеаризация, определяется координатами базовых значений напора H_6 и расхода Q_6 . Варьирование выполняется по скорости насоса относительно базовой скорости ω_6 и по гидравлическому сопротивлению относительно базового сопротивления R_6 . Все базовые значения должны быть связаны с параметрами насоса и гидравлической сети:

$$\frac{P_n}{\omega_n} = \frac{Q_6 H_6}{\omega_6}; \quad R_6 = \frac{H_6}{Q_6^2}; \quad A = \frac{H_0}{\omega_6^2}; \quad C = \frac{H_0 - H_6}{Q_6^2}, \quad (3)$$

где P_n , ω_n – номинальные значения мощности и скорости электродвигателя насоса;

$H_0 = (1,2 \div 2)H_6$ – фиктивное давление.

Разложение в степенной ряд системы уравнений (1) по отклонениям ΔH , ΔQ , $\Delta \omega$ и ΔR относительно базовых значений:

$$\begin{cases} C_m \Delta \dot{Q} = \Delta H - Q_6^2 \Delta R - 2R_6 Q_6 \Delta Q; \\ \Delta H = 2A\omega_6 \Delta \omega - 2CQ_6 \Delta Q. \end{cases} \quad (4)$$

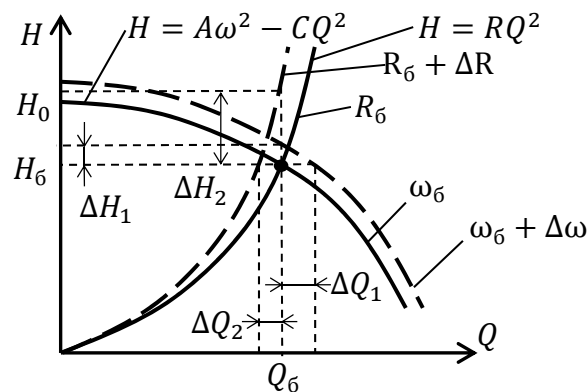


Рисунок 1 – Линеаризация системы нелинейных уравнений на QH-характеристике системы «насос–сеть»

Выразим линеаризованные уравнения в операторном виде:

$$\Delta Q(p) = \frac{k_R}{T_R p + 1} (\Delta H(p) - k_Q \Delta R(p));$$

$$\Delta H(p) = k_A \Delta \omega(p) - k_C \Delta Q(p),$$
(5)

где параметры линеаризованной системы уравнений (5):

$$k_A = 2A\omega_6; k_C = 2CQ_6; k_R = \frac{Q_6}{2H_6}; T_R = \frac{C_m Q_6}{2H_6}; k_Q = Q_6^2.$$
(6)

Моделирование системы «насос-сеть»

На рисунке 2 представлены структурные схемы системы «насос-сеть» в нелинейном и линеаризованном виде.

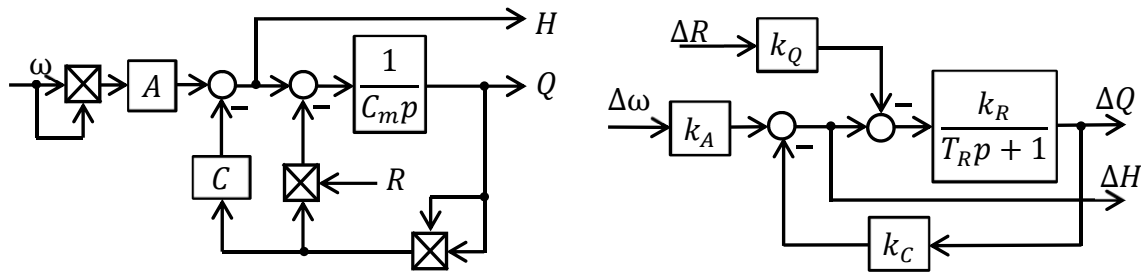


Рисунок 2 – Структурная схема системы «насос-сеть» в нелинейном (а) и линеаризованном (б) виде

Для проверки адекватности линеаризации рассмотрим систему «насос-сеть» с трубопроводом длиной $l = 100$ м и сечением $S = 0,01$ м². Базовые значения соответствуют требуемым значениям давления воды $H_6 = 10000$ кг/м² и расходу воды $Q_6 = 0,1$ м³/с. Фиктивное давление примем в 2 раза выше базового. Тогда параметры линеаризованной системы уравнений: $k_A = 400$, $k_C = 200000$, $k_R = 5000000$, $T_R = 50$, $k_Q = 0,01$. Сравнение переходных процессов нелинейной (1) и линеаризованной (5) систем уравнений при отклонениях по скорости $\Delta\omega = 10$ с⁻¹ и по гидравлическому сопротивлению ΔR , составляющему 40% от базового значения $R_6 = 1$ МПа · с/кг, приведены на рисунке 3. Сплошной линией представлены переходные процессы линеаризованной системы (5), а пунктирной – нелинейной системы (1).

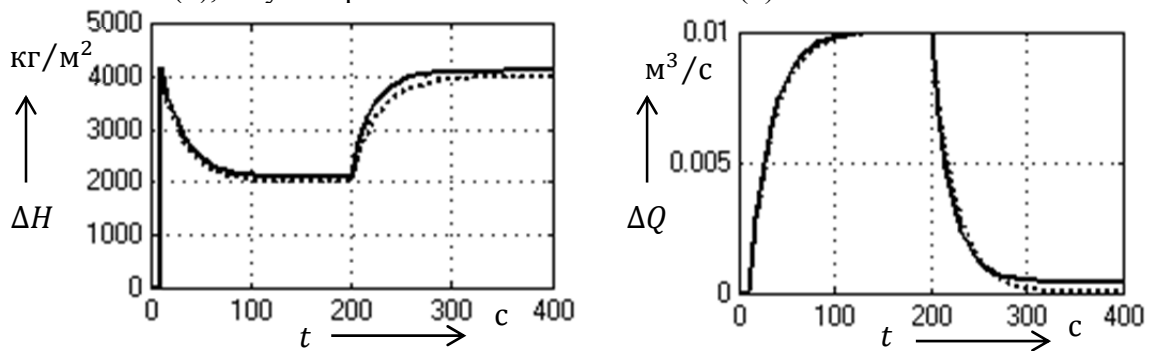


Рисунок 3 – Переходные процессы отклонений напора (а) и расхода (б) воды

В момент времени 10 сек, графики переходных процессов показывают реакцию системы «насос-сеть» на отклонение по скорости, а в момент 200 сек – реакция на отклонение гидравлического сопротивления. Из графиков видно, что даже при существенных отклонениях скорости и гидравлического сопротивления линеаризованная система уравнений (5) вполне адекватно моделирует переходные процессы напора и расхода воды в системе «насос-сеть» (1).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Автоматизация и диспетчеризация повышающей насосной станции с применением цифровых технологий экосистемы industrial IOT / А. Р. Белокопытов, А. В. Гуляев, А. М. Березнев [и др.] // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 7(55). – С. 58-67. – DOI 10.17084/20764359-2021-55-58.
2. Автоматизированный электропривод промышленных установок / Г. Б. Онищенко [и др.]. – Москва : РАСХН, 2001. – 520 с.
3. Кассина, Н. В. Математическое моделирование разветвленных гидравлических систем / Н. В. Кассина, Л. В. Смирнов // Компьютерные исследования и моделирование. – 2009. – Т. 1. – № 2. – С. 173-179.

УДК 62-531.6

Стельмашук Сергей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Stelmashchuk Sergey Valerevich, Candidate of Engineering Sciences, Komsomolsk-na-Amure State University

Салмин Алексей Игорьевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Salmin Aleksey Igorevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

ТРАНСПОРТНЫЕ ТРУБЫ И ЭЛЕКТРОПРИВОД ТРУБ

TRANSPORT PIPES AND ELECTRIC PIPE DRIVE

Аннотация. В статье представлена обзорная информация об одном из основных средств транспортирования сыпучих сред, применяемых в строительной, пищевой, химико-технологической и др. области. Рассмотрено общее описание механизма вращения трубы, формулы для расчета требуемой скорости и мощности электропривода трубы.

Abstract. The paper provides an overview of one of the main means of transportation of bulk media used in the construction, food, chemical and technological, etc. areas. The general description of the pipe rotation mechanism, formulas for calculating the required speed and power of the electric pipe drive, as well as the load moment on the drive shaft are considered.

Ключевые слова: технологический процесс, перемещение груза, расчет мощности.

Key words: technological process, cargo transportation, power calculation.

Введение

Транспортирующая труба представляет собой полый цилиндр диаметром D (см. рисунок 1), который вращается на парных опорных роликах. На внутренней поверхности трубы установлена спираль (винтовые витки), образуя винтовой жёлоб. Сыпучий груз размещается в начале трубы. При вращении трубы груз, постепенно пересыпаясь под действием силы тяжести, перемещается вдоль винтового желоба до конца трубы. Труба устанавливается горизонтально или под небольшим наклоном вверх до 5° . За один оборот трубы груз перемещается на шаг спирали. На трубу насажены бандажи, которыми труба вращается на опорных роликах. Также снаружи на трубе установлен зубчатый венец, который входит в зацепление с зубчатыми колесами электропривода, от которого передается вращающий момент.

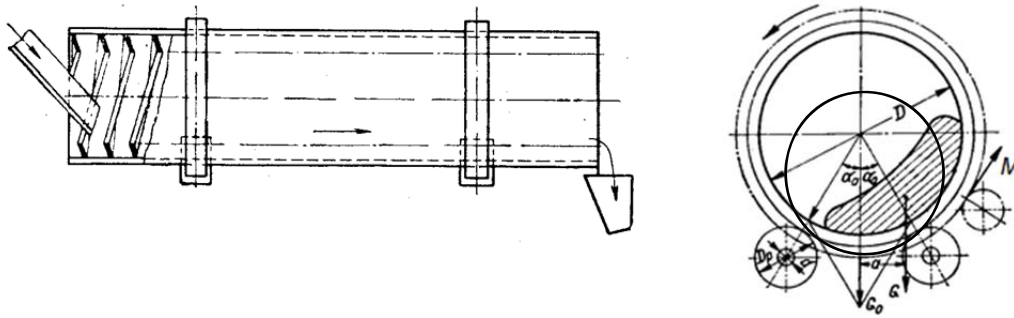


Рисунок 1 – Транспортирующая труба

Требования к приводу трубы

Во многих технологических процессах перемещение груза сопровождается с технологической операцией: сушка, обжиг, смешивание и др. Для всех этих операций важным техническим требованием является постоянство скорости вращения вне зависимости от количества перемещаемого груза, т.е. от момента нагрузки на электроприводе трубы. Это обусловлено заданным временем, в течение которого груз должен быть в трубе для обработки. Значение заданной скорости вращения трубы определяется свойствами груза, который должен отрываться от стенок трубы и не вращаться вместе с трубой под действием центробежных сил. Критическая частота оборотов трубы в минуту:

$$n_{кр} = \frac{42,3}{\sqrt{D}}. \quad (1)$$

Скорость вращения трубы определяется требованием к технологическому процессу и может варьироваться в диапазоне $\frac{n_{max}}{n_{min}} = 3 \dots 6$, но максимальная скорость не должна превышать критическую $n_{max} < n_{кр}$. Выбирают $n_{max} = (0,5 \dots 0,65)n_{кр}$.

В итоге можно утверждать, что основным требованием к электроприводу транспортной трубы является поддержание требуемой скорости вне зависимости от момента нагрузки в небольшом диапазоне скоростей. Быстродействие здесь не является важным показателем. Разгон трубы должен быть плавным.

Для удовлетворения таких требований можно использовать асинхронный электропривод с частотным регулированием со скалярным управлением. Настройка системы автоматического регулирования скорости вращения трубы желательна на симметричный оптимум с фильтром. Для обеспечения плавного пуска, на управляющем входе сигнал задающий скорость вращения трубы должен определяться задатчиком интенсивности. Данный комплекс требований можно удовлетворить разработкой системы управления электропривода с многокаскадным нечетким регулятором [1].

Расчет мощности привода

Мощность привода расходуется на трение в опорных роликах и на подъем пересыпающегося груза внутри трубы. Принимая нагрузку на опорные ролики с обеих сторон от трубы примерно одинаковой, давление трубы с грузом на опорные ролики:

$$P = \frac{G + G_0}{2 \cos \alpha_0}, \quad (2)$$

где G и G_0 – сила тяжести груза в трубе и сила тяжести трубы;
 α_0 – половина центрального угла расположения опорных роликов.

Момент, необходимый для преодоления сил трения в опорных роликах:

$$M_{тр} = P \frac{2\mu + fd}{D_p} D, \quad (3)$$

где μ – коэффициент сопротивления качению бандажей трубы по роликам;
 f – коэффициент трения в цапфах роликов;
 D_p, d – диаметры ролика и цапфы ролика.

Момент, необходимый на пересыпание груза внутри трубы:

$$M_{гр} = Ga, \quad (4)$$

где a – расстояние от центра массы груза до вертикальной оси трубы, $a \approx 0,25D$.
Мощность двигателя привода транспортирующей трубы:

$$P_{дв} = \frac{(M_{тр} + M_{гр})\omega_{max}}{\eta_m}, \quad (5)$$

где $\omega_{max} = \frac{\pi n_{max}}{30}$ – максимальное значение угловой скорости вращения трубы;
 η_m – КПД механизма вращения трубы, включающего КПД редуктора привода, бандажа, роликов.

Заключение

В итоге можно утверждать, что основным требованием к электроприводу транспортной трубы является поддержание требуемой скорости вне зависимости от момента нагрузки в небольшом диапазоне скоростей. Быстродействие здесь не является важным показателем. Разгон трубы должен быть плавным.

Для удовлетворения таких требований можно использовать асинхронный электропривод с частотным регулированием со скалярным управлением. Настройка системы автоматического регулирования скорости вращения трубы желательна на симметричный оптимум с фильтром. Для обеспечения плавного пуска, на управляющем входе сигнал задающий скорость вращения трубы должен определяться задатчиком интенсивности. Данный комплекс требований можно удовлетворить разработкой системы управления электропривода с многокаскадным нечетким регулятором [1].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бузикаева, А. В. Анализ многокаскадных нечетких регуляторов Сугено и Мамдани во внешнем каскаде для систем управления электроприводами переменного тока / А. В. Бузикаева, С. П. Черный // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – № 7(47). – С. 76-84.

УДК 62-523:621.86

Стельмашук Сергей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Stelmashchuk Sergey Valerevich, Candidate of Engineering Sciences, Komsomolsk-na-Amure State University

Курбатов Всеволод Валерьевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kurbatov Vsevolod Valerevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОВОРОТА БАШНИ КРАНА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

MULTIMOTOR ELECTRIC CRANE TOWER ROTATION DRIVE WITH SERIAL DC MOTORS

Аннотация. В статье представлено общее описание принципа работы многодвигательного электропривода с последовательным соединением якорей двигателей. Также рассмотрен инженерный вопрос расчета максимально допустимого суммарного напряжения якорной цепи многодвигательного электропривода. Для проверки аналитических заключений произведено имитационное моделирование привода из трех двигателей.

Abstract. The paper presents a general description of the principle of operation of a multi-motor electric drive with a serial connection of motor anchors. The engineering issue of calculating the maximum acceptable total voltage of the anchor circuit of a multimotor electric drive is also considered. To test the analytical conclusions, a simulation of the drive of three motors was performed.

Ключевые слова: имитационное моделирование, привод постоянного тока.

Key words: simulation modeling, DC drive.

Введение

Многодвигательные электроприводы используются в тех случаях, когда необходимо передавать механизмам большую мощность при ограничении на массогабаритные показатели. Таким наиболее частым случаем является электропривод транспортных механизмов. Также может использоваться в узких специализациях таких как лечение переломов аппаратами для остеосинтеза [1]. Как правило, в многодвигательных электроприводах используются двигатели одной марки равной мощности. Но даже в этом случае абсолютного равенства параметров двигателей не бывает. Для двигателей постоянного тока независимого возбуждения таким наиболее вариативным параметром является активное сопротивление якорной цепи, которое включает в себя сопротивление обмотки якоря, коллекторных щёток, активное сопротивление преобразователя, трансформаторной обмотки и др. Все эти составляющие активного сопротивления якорных цепей двигателей привода также зависят от температуры окружающей среды. Таким образом, при работе этих двигателей на один механический вал возникает неравномерное распределение нагрузки механизма на валах двигателей, что приводит к скорейшему износу самого нагруженного (с наименьшим активным сопротивлением) электродвигателя.

Основная часть

Для равномерного распределения нагрузки между двигателями используются различные типовые соединения двигателей в многодвигательном электроприводе. Последовательное соединение якорей двигателей постоянного тока с независимым возбуждением (см. рисунок 1) обладает эффектом самовыравнивания нагрузки т.к. через якорные обмотки всех двигателей при их последовательном соединении проходит один и тот же ток. Следовательно, электромагнитные моменты у всех двигателей, при одинаковых магнитных потоках, равны. Это позволяет разрабатывать систему управления многодвигательным приводом без необходимости в разработке дополнительных контуров коррекции для достижения равенства токов якорей двигателей используя как известные классические методы синтеза, так и более перспективные с использованием нечетких регуляторов [2].

Но при последовательном соединении возникает одна проблема: общее (или суммарное) напряжение якорной цепи многодвигательного электропривода $U_{я\Sigma}$ неравномерно распределяется между якорными цепями каждого двигателя $U_{я1} \neq U_{я2} \neq \dots \neq U_{ян}$, и может возникнуть ситуация когда на каком-либо двигателе $U_{яi} > U_{ян}$, что недопустимо.

Уравнение механической характеристики многодвигательного электропривода с последовательным соединением двигателей:

$$\omega = \frac{U_{я\Sigma}}{nC\Phi} - \frac{R_{я\Sigma}}{(nC\Phi)^2} M, \quad (1)$$

где $R_{я\Sigma} = \sum R_{яi}$ – суммарное активное сопротивление якорной цепи всего привода;

$M = nC\Phi I_{я}$ – суммарный электромагнитный момент всего привода.

Падение напряжения на якоре отдельного двигателя:

$$U_{яi} = C\Phi\omega + R_{яi}I_{я}. \quad (2)$$

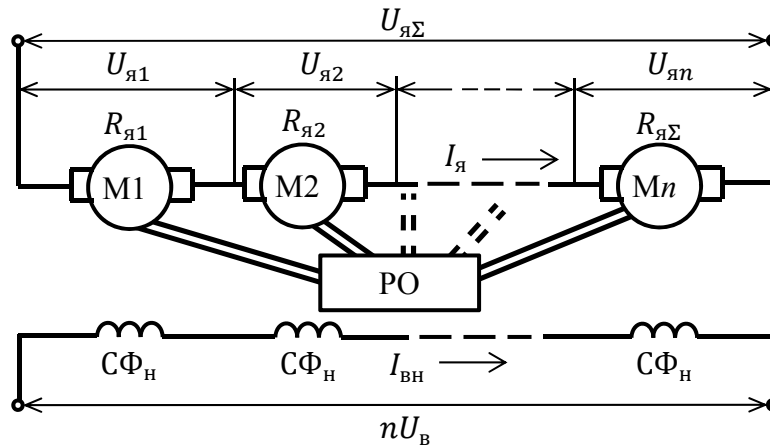


Рисунок 1 – Многодвигательный электропривод с последовательным соединением двигателей постоянного тока с независимым возбуждением

Из этого следует, что максимальное падение напряжения приходится на якорь двигателя с максимальным значением активного сопротивления якоря $R_{я\max}$. Поэтому рассмотрим падение напряжения на якоре с $R_{я\max}$ и подставим вместо ω уравнение (1) и заменим $I_я$ выражением через M :

$$U_{я\max} = \frac{U_{я\Sigma}}{n} + \frac{nR_{я\max} - R_{я\Sigma}}{nC\Phi} \frac{M}{n}. \quad (3)$$

Задавая максимально допустимое значение момента всего привода $M = M_{\max}$ и номинальное напряжение двигателя $U_{я\max} = U_{ян}$ в (3), выразим суммарное напряжение всего привода $U_{я\Sigma}$. Это и будет максимально допустимое значение напряжения якорной цепи многодвигательного привода:

$$U_{я\Sigma\max} = nU_{ян} - \frac{nR_{я\max} - R_{я\Sigma}}{C\Phi} \frac{M_{\max}}{n}. \quad (4)$$

В этом случае при заданной нагрузке привода M_c требуемая статическая скорость привода не должна превышать:

$$\omega_c \leq \omega_{c\max} = \frac{U_{ян}}{C\Phi} - \frac{R_{я\max}}{C\Phi^2} \frac{M_c}{2}. \quad (5)$$

Удовлетворение данного условия можно также достичь определением коэффициента потока $C\Phi \leq C\Phi_n$. Таким образом, для обеспечения заданных ω_c и M_c привода суммарное напряжение привода должно быть в диапазоне $-U_{я\Sigma\max} \leq U_{я\Sigma} \leq U_{я\Sigma\max}$.

Для исследования электромеханических систем используются различные программные средства имитационного моделирования [3]. На рисунке 2 представлена имитационная модель многодвигательного электропривода с последовательным соединением двигателей П71 с табличным значением активного сопротивления якоря $R_я = 0,3$ Ом. В остальных двигателях модели заданы вариации сопротивления якоря 0,36 Ом и 0,26 Ом. Нагрузка привода в модели задана как максимально допустимая $M_c = n\lambda M_n$.

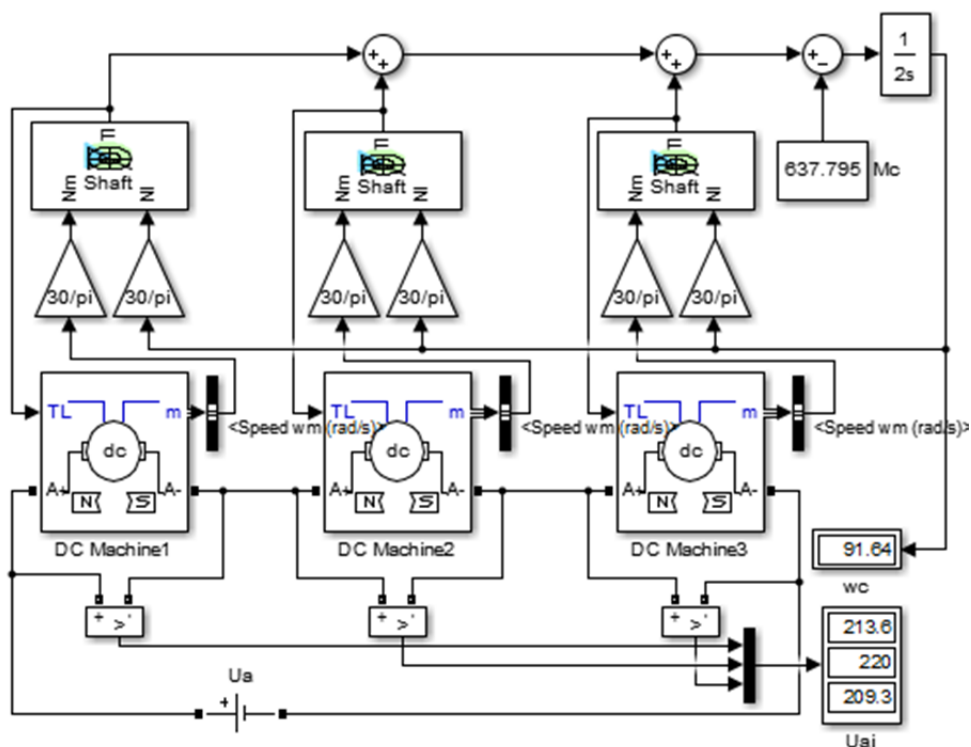


Рисунок 2 – Имитационная модель многодвигательного электропривода с последовательным соединением двигателей постоянного тока с независимым возбуждением

Заключение

Результат моделирования показал, что на якоре с максимальным активным сопротивлением падение напряжения равно номинальному значению 220 В. На остальных двигателях падение напряжения меньше номинального значения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Левицкий, Е. Е. Система автоматического управления электрическим приводом в аппарате для остеосинтеза / Е. Е. Левицкий, С. В. Власьевский // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – № 3(43). – С. 60-64.
2. Максимова, Н. А. Особенности моделирования развитых нечётких систем с алгоритмом вывода Мамдани для управления электроприводами постоянного тока / Н. А. Максимова, С. П. Черный, С. И. Сухоруков // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 1(49). – С. 37-50. – DOI 10.17084/20764359_2021_49_37.
3. Анализ электромеханических систем методами имитационного моделирования / С. Н. Иванов, К. К. Ким, А. А. Просолович, М. И. Хисматулин // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 3(51). – С. 29-38. – DOI 10.17084/20764359-2021-51-29.

Стельмашук Сергей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Stelmashchuk Sergey Valerevich, Candidate of Engineering Sciences, Komsomolsk-na-Amure State University

Пудов Алексей Игоревич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Pudov Alexei Igorevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГО-ВЯЗКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

SIMULATION MODELING OF ELASTIC-VISCOUS ELEMENTS IN THE MECHANICAL PART OF THE ELECTRIC DRIVE

Аннотация. В данной статье описаны блоки пакета SimPowerSystems среды MatLab, посредством которых выполняется моделирование упруго-вязких звеньев механической части электропривода. Описаны возможности пакета для решения задач моделирования многомассового электропривода. Продемонстрирован пример использования блоков пакета для электропривода постоянного тока.

Abstract. This article describes the blocks of the SimPowerSystems package of the MatLab environment, through which elastic-viscous links of the mechanical part of the electric drive are simulated. The possibilities of the package for solving problems of modeling a multi-mass electric drive are described. An example of using package blocks for a DC electric drive is demonstrated.

Ключевые слова: математическая модель, механизм, упругость, электропривод.

Key words: mathematical model, mechanism, elasticity, electric drive.

Введение

Среда MatLab получила широкое распространение в решении различных инженерных задач. Благодаря использованию пакетов имитационного моделирования Simulink стало удобным исследование динамических режимов различных технических систем и производственных процессов. Каждый пакет имитационного моделирования направлен на решение узких задач определённой технической области. Блоки, используемые в пакетах, обеспечивают наглядность процессов моделирования, что даёт интуитивно понятное восприятие процедуры моделирования исследуемого объекта или процесса.

Необходимость в исследовании упруго-вязких свойств материалов актуально при решении задач адекватного моделирования различных процессов [1, 2], анализе деформированных состояний электромеханических систем [3] и технологических процессов [4]. Также важен учет жесткости костей при разработке электропривода аппарата для остеосинтеза [5].

Для моделирования упруго-вязких связей между звеньями механической части электропривода SimPowerSystems используется раздел Electric Drives, где размещаются блоки Mechanical Shafts и Speed Reducer, предназначенные для моделирования упруго-вязкого вала и редуктора с упруго-вязкими валами на входе и выходе.

Блок Mechanical Shaft

Блок Mechanical Shaft используется для моделирования вала обладающий упругостью и вязкостью и соединяющий механически якорь (или ротор) электродвигателя с рабочим органом. Блок представлен так, чтобы вал передавал крутящий момент с входного конца на выходной конец вала через вал относительно различия в скорости между ведущим и нагруженным концом вала. Передаваемый крутящий момент T_l :

$$T_l = K \int (\omega_m - \omega_l) dt + B(\omega_m - \omega_l) \quad (1)$$

где K – коэффициент упругости вала; B – коэффициент вязкого трения; ω_m и ω_l – скорости ведущей стороны и нагруженной стороны, соответственно. На рисунке 1 изображена структурная схема блока механического вала.

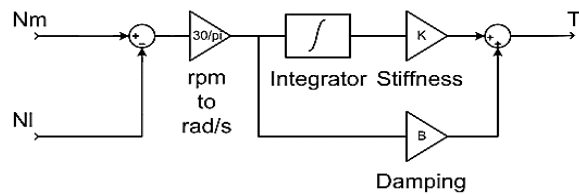


Рисунок 1 – Структурная схема блока механического вала

Параметры блока: коэффициенты упругости (Stiffness) и вязкого трения (Damping). Блок имеет два входа: скорость приводного конца вала N_m и скорость нагрузки, присоединенной ко второму концу вала N_l . Блок имеет один выход: крутящий момент, передаваемый от ведущего конца вала к нагрузке T_l .

На рисунке 2 представлен пример использования блока Mechanical Shaft.

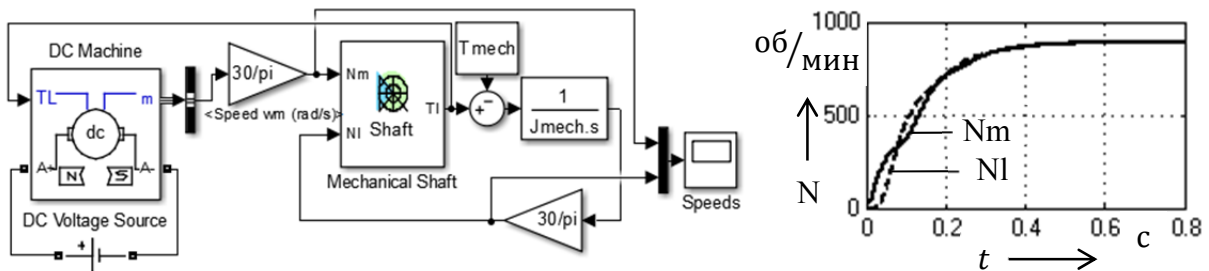


Рисунок 2 – Пример имитационного моделирования привода с упруго-вязким валом

Здесь T_{mech} и J_{mech} это момент нагрузки и инерции механизма соответственно.

Блок Speed Reducer

Блок имитирует редуктор с упруго-вязкими валами: высокоскоростным на входе и низкоскоростным на выходе. Динамика редуктора определяется уравнением:

$$J_{rdh} \ddot{\theta}_{rdh} = T_h - T_l / \eta i \quad (2)$$

где J_{rdh} – момент инерции редуктора относительно высокоскоростного вала; $\ddot{\theta}_{rdh}$ – ускорение быстроходного вала; T_h – момент, передаваемый быстроходным валом на вход редуктора, T_l – момент, передаваемый тихоходным валом с выхода редуктора; η – КПД редуктора; i – передаточное число редуктора.

Блок Speed Reducer состоит из блоков Mechanical Shaft высокоскоростного и низкоскоростного валов, соединенных устройством передачи (Speed reduction device) как показано в следующем рисунке 3.

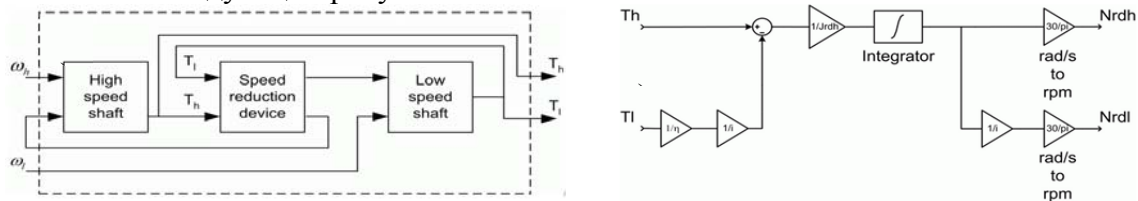


Рисунок 3 – Функциональная схема блока Speed Reducer (а) и структурная схема устройства передачи Speed reduction device (б)

Параметры блока: передаточное число (Reduction ratio) и момент инерции редуктора, приведенный к высокоскоростному валу (Reduction device inertia); КПД редуктора (Efficiency); коэффициенты упругости (High-speed shaft stiffness) вязкого трения (High-speed shaft damping) высокоскоростного вала; коэффициенты упругости (Low-speed shaft stiffness) вязкого трения (Low-speed shaft damping) низкоскоростного вала.

Блок имеет два входа: скорость ведущего конца высокоскоростного вала N_h и скорость нагруженного конца низкоскоростного вала N_l . А также два выхода: крутя-

щий момент, передаваемый высокоскоростным валом на редуктор Th и крутящий момент, передаваемый низкоскоростным валом на нагрузку Tl.

На рисунке 4 представлен пример использования блока Speed Reducer.

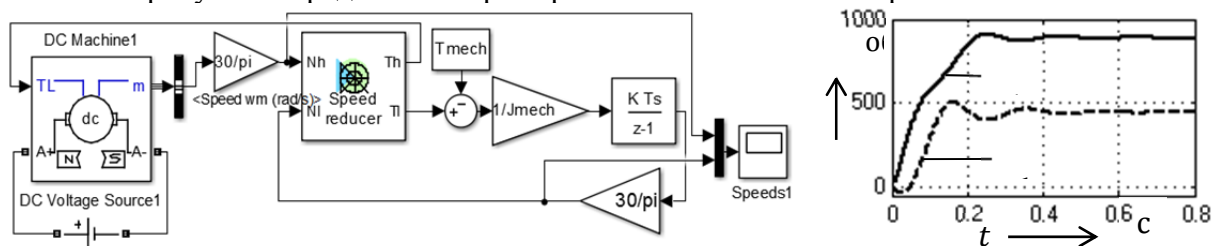


Рисунок 4 – Пример имитационного моделирования привода с редуктором с упруго-вязкими валами

На выходе блока моделируется дискретный сигнал. Поэтому необходимо применять дискретный интегратор.

Заключение

Учесть упруго-вязкие свойства в задачах синтеза системы управления приводом можно используя нечеткие регуляторы [6] при известных параметрах этих свойств, или классический регулятор с учетом влияния параметров объекта регулирования [7]. Блоки, используемые в пакетах, обеспечивают наглядность процессов моделирования, что дает интуитивно понятное восприятие процедуры моделирования исследуемого процесса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Соловьев, В. А. Разработка математической модели процесса резания рубильной машины / В. А. Соловьев, А. И. Малюкова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 5(53). – С. 47-51. – DOI 10.17084/20764359-2021-53-47.
2. Бегун, А. С. Вращение упругопластического диска с переменной скоростью / А. С. Бегун // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2022. – № 5(61). – С. 55-63. – DOI 10.17084/20764359-2022-61-55.
3. Колесник, М. Б. Анализ напряжённо-деформированного состояния асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при осевых нагрузках / М. Б. Колесник, А. А. Просолович // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 7(55). – С. 43-47. – DOI 10.17084/20764359-2021-55-43.
4. Соснин, А. А. Аналитическое прогнозирование устойчивости процесса формирования протяжённой поковки в устройстве литья и деформации металла / А. А. Соснин, С. Г. Жилин, О. Н. Комаров // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 3(51). – С. 62-64. – DOI 10.17084/20764359-2021-51-62.
5. Левицкий, Е. Е. Система автоматического управления электрическим приводом в аппарате для остеосинтеза / Е. Е. Левицкий, С. В. Власьевский // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – № 3(43). – С. 60-64.
6. Максимова, Н. А. Особенности моделирования развитых нечётких систем с алгоритмом вывода Мамдани для управления электроприводами постоянного тока / Н. А. Максимова, С. П. Черный, С. И. Сухоруков // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 1(49). – С. 37-50. – DOI 10.17084/20764359_2021_49_37.
7. Анализ влияния параметров объекта регулирования на коэффициенты полинома в алгоритме вывода Сугено первого порядка / С. П. Черный, А. В. Бузикаева, М. В. Шевченко, А. К. Тимофеев // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т. 1. – № 2(38). – С. 21-27.

Сухоруков Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhorukov Sergei Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Department "Electric Drives and Automation of Industrial Plants", Komsomolsk-na-Amure State University

Григорец Роман Дмитриевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grigorets Roman Dmitrievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Сбитнев Никита Романович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sbitnev Nikita Romanovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Носаченко Родион Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Nosachenko Rodion Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

ANALYSIS OF POSSIBLE OPTIONS FOR MONITORING THE PARAMETERS OF THE MOVEMENT OF AN INDUSTRIAL ROBOT TOOL

Аннотация. В приведённой статье рассматриваются оптимальные системы для мониторинга параметров перемещения инструмента промышленного робота и обоснована их актуальность. Перечислены требования, которым должны соответствовать системы мониторинга. Описаны преимущества и недостатки каждой из систем. Выбран наиболее подходящий вариант системы для дальнейшей реализации.

Abstract. In this article, optimal systems for monitoring the parameters of the movement of an industrial robot tool are considered and their relevance is justified. The requirements that monitoring systems must meet are listed. The advantages and disadvantages of each of the systems are described. The most suitable variant of the system for further implementation has been selected.

Ключевые слова: промышленный робот, параметры перемещения, системы мониторинга, внешние измерительные системы, ПО.

Keywords: industrial robot, movement parameters, monitoring systems, external measuring systems, SW.

Введение

В настоящее время промышленная робототехника и промышленные роботы являются очень востребованными, в связи с этим происходит их активное развитие и глобальное внедрение в различные производственные задачи. При этом современный робот и его система управления представляют собой законченные устройства с в значительной мере закрытыми алгоритмами работы, взаимодействие с которыми возможно только на высоком уровне. Поэтому стоит задача о разработке внешней системы определения перемещения и активации инструмента промышленного робота.

При этом в некоторых сложных технологических процессах требуется обеспечивать оперативную коррекцию параметров функционирования внешнего технологического оборудования в соответствии с текущими параметрами перемещения инструмента робота (скорость, ускорение, перемещение и т.д.). Несмотря на то, что данные пара-

метры система управления робота рассчитывает для собственного функционирования, общая закрытость системы в большинстве случаев не позволяет оперативно передавать такие данные на внешние устройства и системы. Это приводит к необходимости разработки некоторых систем для осуществления мониторинга параметров движения инструмента. В рамках данной работы будут рассмотрены и проанализированы возможные варианты построения таких систем.

Требования к системе мониторинга параметров перемещения инструмента

Для получения возможности адекватного анализа и сравнения возможных вариантов построения системы определим основные требования к такой системе.

Промышленный робот-манипулятор представляет собой много осевую систему, в которой требуется значительное количество вычислений для определения пространственного положения инструмента. А уже по полученным координатам можно определить скорость и ускорение. Поэтому одним из важных требований к разрабатываемой системе является возможность определения скорости/ускорения непосредственно инструмента, минуя этапы с расчетами параметров отдельных осей робота.

Следующим требованием является высокое быстродействие определения параметров. Это связано с высокими допустимыми скоростями и ускорениями перемещения современных роботов (они могут составлять порядка 2 м/с при 2 м/с²).

Третьим требованием является возможность измерения параметров во всей рабочей зоне робота и при любых пространственных положениях инструмента. Это обосновано значительными объемами рабочих пространств роботов.

Четвертым требованием является универсальность – система должна быть совместима с любыми типами промышленных роботов.

Варианты возможной реализации системы

Рассмотрим возможные варианты реализации системы мониторинга параметров перемещения инструмента.

Первый вариант – применение дополнительных программных пакетов, передающих необходимые параметры из системы управления на внешние системы. Преимуществом данного варианта является высокая скорость измерения и определение параметров, но в то же время происходит измерение отдельных осей робота, что в конечном счёте нам не нужно. Так же встаёт вопрос о совместимости программных пакетов с различными типами и моделями роботов, т.к. у разных компаний производителей роботов разные программные средства для реализации управления, то такой подход потребует не будет отвечать требованиям универсальности – для каждого типа робота необходима будет разработка отдельного ПО.

Второй вариант – применение внешних систем технического зрения с распознаванием координат инструмента [2,3]. Преимуществом таких внешних систем является непосредственное определение параметров положения инструмента. Так как это внешние системы, нет необходимости совмещать их с внутренним устройством программ роботов, то есть они будут универсальны. Проблемами при реализации такого подхода будут являться:

- низкая точность измерений;
- необходимость снабжения инструмента специальными метками, четко различимыми системами технического зрения;
- высокая сложность и стоимость системы – для определения координат в трехмерном пространстве требуется установка нескольких камер и мощные вычислительные системы для обработки изображений;
- невозможность работы во всей рабочей зоне робота (при попадании в отдаленные зоны от камер и при развороте осей робота будет происходить перекрытие инструмента в кадре);

- сложность размещения камер вокруг робота – не для каждого роботизированного комплекса расположить необходимое количество камер будет возможно;
- относительно высокая инерционность системы – передача и обработка видеосигналов потребует большого количества вычислений.

Третий вариант – применение внешних измерительных систем на базе лазерных сканеров и трекеров [4]. Преимущества и недостатки таких систем во многом сходны с системами на базе технического зрения. К отличиям можно отнести более высокую точность измерений (до нескольких сотых долей миллиметра) при сверхвысокой стоимости (стоимость одного лазерного трекера сопоставима, а зачастую и превышает стоимость робота).

Четвертый вариант – использование системы датчиков, которые устанавливаются непосредственно на корпусе инструмента и фиксируют параметры движения. Так же как системы технического зрения и системы на базе лазерных сканеров, такая система датчиков не требует интеграции с программным обеспечением робота и может функционировать независимо от него, обеспечивая выполнение требования универсальности. В качестве возможных вариантов датчиков логично предположить использование гироскопов и акселерометров, современные модели которых обладают высокими точностью и быстродействием при малых габаритах [5]. Это позволит разместить датчики непосредственно на корпусе инструмента, что позволит определять необходимые параметры по всей рабочей зоне робота.

Заключение

В рамках данной работы проведен анализ возможных подходов к построению системы мониторинга параметров перемещения инструмента промышленного робота. В результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что наиболее перспективным вариантом является применение системы из навесных датчиков, устанавливаемых непосредственно на корпусе инструмента робота. Такой подход не только соответствует требованиям, предъявляемым к системе, но и наиболее выгоден с материальной точки зрения. Так же их управление и настройка более удобна и проста по сравнению с остальными системами.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-00267, <https://rscf.ru/project/22-79-00267/>.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Программное обеспечение систем управления [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://studfile.net/preview/941986/> (дата обращения: 25.07.2022)
2. Дмитриев Н.И., Хрусталева А.А., Ляпин А.И., Суворов Е.Ю. Система распознавания объектов, обеспечивающая работу бортовой системы технического зрения в реальном времени В сборнике: трудов научно-технической конференции Техническое зрение в системах управления. 2011. С. 40-47 (дата обращения: 25.11.2022)
3. Власов С. М., Бойков В. И., Быстров С. В., Григорьев В. В. Навигационные системы со сканированием пространства В книге: Бесконтактные средства локальной ориентации роботов. 2017. С. 73-101. (дата обращения: 25.11.2022)
4. Давыдов О.И., Платонов А.К. Метод определения позиции и ориентации мобильного робота с лазерным сканером. Москва – 2015. (дата обращения: 25.11.2022)
5. М.Е. Калинкина, О.И. Пирожникова, В.Л. Ткалич, А.В. Комарова Анализ конструкций и принципов работы микромеханических датчиков Учебное пособие: Микроэлектромеханические системы и датчики. Санкт-Петербург 2020. С. 12-25 (дата обращения: 25.11.2022)

Сухоруков Сергей Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhorukov Sergei Ivanovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department "Electric drive and automation of industrial installations" of Komsomolsk-na-Amure State University

Лямин Михаил Андреевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liamin Mikhail Andreevich, master student, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ СТАНДАРТНЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ANALYSIS OF STANDARD FORMS OF PARTS ELEMENTS, MANUFACTURED USING ADDITIVE TECHNOLOGIES

Аннотация. В данной работе выполнен анализ возможных геометрических форм, которые присутствуют в различных деталях. Разработана укрупненная классификация таких форм. Кратко описаны особенности учета наличия таких форм при формировании управляющих программ для дальнейшей трехмерной печати. Результаты работы могут быть использованы в дальнейшем для повышения качества автоматизированной подготовки управляющих программ трехмерной печати изделий различной конфигурации.

Abstract. In this paper, an analysis of the possible geometric shapes that are present in various parts is carried out. An enlarged classification of such forms has been developed. The features of taking into account the presence of such forms in the formation of control programs for further three-dimensional printing are briefly described. The results of the work can be used in the future to improve the quality of automated preparation of control programs for three-dimensional printing of products of various configurations.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, АСУТП, автоматизация.

Key words: additive technologies, 3D printing, PCS, automation.

На сегодняшний день в промышленности активно внедряются аддитивные технологии. Это связано с тем, что аддитивные технологии позволяют осуществлять быстрое прототипирование новой продукции, а также изготавливать изделия сложной пространственной конфигурации.

Основными преимуществами трехмерной печати являются большая экономия сырья, связанная с использованием только необходимого количества материала, возможность изготовления сложных конструкций, высокая скорость наладки и запуска процесса производства новой продукции и мобильность производства.

С помощью аддитивных технологий создаётся множество различных деталей, однако все они вне зависимости от назначения содержат некоторые стандартные формы (стенки, углы, нависания и т.д.). Очевидно, что для различных форм, которые могут встречаться в печатаемых деталях, необходимо применять различные технологические параметры печати. В рамках данной работы выполнен анализ основных элементарных форм, наличие которых необходимо учитывать при формировании программы печати и выборе технологических режимов.

Процессы 3D-печати, используемые сегодня, представляют собой послойное формирование отдельных «срезов» итоговой детали. Выполняемый в рамках данной работы анализ будет основан именно на такой концепции формирования геометрии детали.

В рамках данной работы будут рассматриваться формы, содержащие некоторые неоднородности в отличие от печати горизонтальных или вертикальных плоских элементов.

Рассмотрим основные возможные формы:

1) Отверстия. В большинстве случаев отверстия в деталях предназначены для различных крепежных элементов и имеют цилиндрическую форму. Варианты расположения отверстий:

1.1) Вертикально расположенные отверстия. При печати таких отверстий требуется формирование площадки круглой формы, не заполненной материалом, в рамках каждого слоя. При этом весь материал текущего слоя накладывается на ранее сформированный материал предыдущего слоя (без выступов и свешиваний).

1.2) Горизонтально расположенные отверстия. При печати навесных конструкций горячий пластик не может удержаться в воздухе, поэтому при печати горизонтально расположенных отверстий необходимо предусмотреть в программе ряд поддержек, специальные тонкие стойки пластика внутри отверстия, которые после завершения печати удаляются из детали.

1.3) Отверстия, расположенные под углом. При 3D-печати используется множество различных видов пластика, каждый со своими свойствами и при печати они ведут себя по-разному. В связи с этим, а так же в зависимости от угла наклона отверстия, печать может производиться как с поддержками, так и без них.

1.4) Глухое отверстие. Вдоль всей основной длины отверстия печать производится по тем же принципам, что и ранее описанные, но в области глухого конца появляются свои особенности, конец может быть как просто плоской площадкой, так и постепенно уменьшающимся в размерах проемом в слоях, зачастую этот проём имеет конусную форму.

1.5) Пересечение отверстий. Пересечения отверстий используют не для установления крепежа, а для прокладывания проводов питания и/или логики внутри детали, поэтому края граней, которые образуются в месте пересечения отверстий, не должны быть острыми, чтобы не повредить кабель. О методиках скругления подобных граней подробнее рассказано в пункте 3.1.1 данного списка.

2) Фаска. Это переходная кромка между двумя гранями объекта. Иногда определяемая как форма скоса, она часто создается под углом 45° между двумя смежными гранями.

2.1) Внешняя фаска.

2.1.1) Внешняя фаска горизонтальных стыков. Характеризуется постепенным уменьшением укладываемого слоя пластика с переходом из вертикального сегмента в горизонтальный. Отдельных подходов к выбору режимов печати не требует.

2.1.2) Внешняя фаска вертикальных стыков. С точки зрения 3D печати такая фаска представляет собой замену движения по углу 90° между двумя гранями на последовательность: смена траектории по углу меньше 90° , прямолинейное движение вновь смена траектории по углу меньше 90° и выход на дальнейшее прямолинейное движение по грани.

2.2) Внутренняя фаска

2.2.1) Внутренняя фаска горизонтальных стыков. Характеризуется постепенным увеличением укладываемого слоя пластика с переходом из вертикального сегмента в горизонтальный.

2.2.2) Внутренняя фаска вертикальных стыков. Подходы, применяемые к такой форме детали, с точки зрения 3D печати идентичны подходам, применяемым к внешним фаскам вертикальных стыков.

3) Скругления это плавный переход от одной поверхности детали к другой по указанному радиусу. При этом образуется переходная поверхность являющаяся частью цилиндра или тора касательного к сопрягаемым поверхностям.

3.1) Скругление на стыке двух вертикальных стенок конструкции

3.1.1) Скругление внешнего контура. Представляет собой переход из прямолинейного движения в криволинейное, по окружности с центром внутри твёрдого тела образуемого гранями, на стыке которых производится скругление.

3.1.1.1) Скругление острого угла. Особенностью такого скругления является то, что угол между радиусами, проведёнными к точкам начала и завершения скругления из центра окружности, по которой оно проходит, будет острым.

3.1.1.2) Скругление прямого угла. Особенностью такого скругления является то, что угол между радиусами, проведёнными к точкам начала и завершения скругления из центра окружности, по которой оно проходит, так же будет прямым.

3.1.1.3) Скругление тупого угла. Особенностью такого скругления является то, что угол между радиусами, проведёнными к точкам начала и завершения скругления из центра окружности, по которой оно проходит, будет тупым.

3.1.2) Скругление внутреннего контура. Представляет собой переход из прямолинейного движения в криволинейное, по окружности с центром снаружи твёрдого тела, образуемого гранями, на стыке которых производится скругление. Подходы к разным углам скругления такого типа аналогичны подходам к скруглению внешних контуров, с поправкой на расположение центра окружности скругления.

3.2) Скругление на стыке горизонтальной и вертикальной стенок. Подходы к такому скруглению, с точки зрения 3D печати, схожи с подходами к фаске горизонтальных стыков граней. Ключевое отличие в плавности изменения размеров укладываемого слоя пластика, за счёт переменного шага уменьшения слоя.

4) Мостовые соединения. Мосты в 3D-печати относятся к участкам, где экструдер выдавливает пластик по воздуху между двумя фиксированными позициями без поддержек. Большое влияние на такие соединения оказывает не математическое описание траектории, а технологические параметры – скорость печати, температура и обдув сопла. С точки зрения траекторий движения и форм детали такие соединения можно описать используя ранее описанные формы.

5) Нависающие конструкции. Форма деталей, когда элемент конструкции жестко закреплён только в одной позиции, а большая его часть весит в воздухе.

5.1) Нависающие конструкции параллельные плоскости стола. При печати таких конструкций необходимо пользоваться поддержками.

5.2) Нависающие под углом конструкции. В зависимости от угла наклона конструкции и используемого пластика такие формы могут печататься как с, так и без поддержек.

В рамках данной работы были проанализированы различные формы деталей изготавливаемых с применением аддитивных технологий, в дальнейшем результаты этой работы будут использоваться для ускорения и автоматизации процессов программирования технических процессов на базе аддитивных технологий.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ № ВН009/2021.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лысыч, М. Н. Современные наукоемкие технологии / М. Н. Лысыч // Области применения технологий 3д печати. - Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2014. - С. 165-169.

2. Мосты в 3D-печати: 6 советов для идеальных мостов [Электронный ресурс] <https://3dgram.ru/3d-pechat-mostov-6-sovetov-dlja-idealnyh-mostov/> (дата обращения: 29.11.2022)

3. Элементы технического черчения [Электронный ресурс] https://portal.tpu.ru/SHARED/f/FEHAI/for_students/Tab5/Элементы%20технического%20черчени.pdf (дата обращения: 29.11.2022)

Сухоруков Сергей Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhorukov Sergei Ivanovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department "Electric drive and automation of industrial installations", Komsomolsk-na-Amure State University

Лямин Михаил Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liamin Mikhail Andreevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Демидов Иван Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Demidov Ivan Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ СТОЛКНОВЕНИЯ КОЛЛАБОРАТИВНОГО РОБОТА С ЧЕЛОВЕКОМ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

POSSIBLE OPTIONS FOR SOLVING THE PROBLEM OF A COLLABORATION ROBOT COLLISION WITH A HUMAN DURING OPERATION

Аннотация. В работе проанализированы возможные варианты взаимодействия коллаборативного робота с человеком в едином рабочем пространстве. На основе анализа возможных технологических процессов, реализуемых коллаборативным роботизированным комплексом, были сформированы варианты развития событий при столкновении робота с человеком. Рассмотрены возможные варианты решения проблемы предотвращения столкновений человека и робота с целью повышения степени безопасности человека.

Abstract. The paper analyzes possible options for the interaction of a collaborative robot with a person in a single workspace. Based on the analysis of possible technological processes implemented by a collaborative robotic complex, scenarios were formed for the development of events in a collision between a robot and a person. Possible options for solving the problem of preventing collisions between a person and a robot in order to increase the degree of human safety are considered.

Ключевые слова: коллаборативный робот, система безопасности, датчики, предотвращение столкновений, робототехническая система.

Key words: collaborative robot, security system, sensors, collision avoidance, robotic system.

Одним из направлений развития современных робототехнических систем является коллаборативная робототехника. Коллаборативные роботы (коботы) – роботы, созданные специально для работы совместно с человеком. Данная концепция значительно отличается от принципов построения общепромышленных системы, которые должны работать в специально отгороженном пространстве для предотвращения попадания человека в рабочую зону робота. Внедрение коботов в производственные процессы позволяет предприятиям получать конкурентные преимущества в решении задач, где люди или общепромышленные роботы по отдельности не способны эффективно выполнять определенные виды работ.

Коботы проектируются таким образом, чтобы работать в постоянном взаимодействии с человеком, находящимся в рабочей зоне робота. Это обеспечивается не только конструкцией, но и специальными встроенными системами датчиков. В качестве примера можно рассмотреть серийно производимые на сегодня коботы семейства KUKA LBR iiwa. Эти коботы оснащены встроенными силомоментными датчиками, которые срабатывают в случае, если к роботу было приложено какое-либо стороннее фи-

зическое воздействие. Это позволяет роботу, в случае столкновения с человеком, либо остановиться, либо переместиться в направлении внешнего усилия, в зависимости от конкретной программы. Однако серьезным недостатком таких штатных средств обеспечения безопасности можно считать тот факт, что данные средства работают при выполнении следующих условий:

- относительно невысокие скорости перемещения робота (при перемещениях выше некоторой скорости время реакции системы и инерция могут не позволить своевременно остановить движение);

- робот должен быть оснащен относительно безопасным инструментом (например, захватом) – без режущих или нагретых, или движущихся элементов – в противном случае контакт человека с инструментом даже на малых скоростях перемещения будет приводить к травмам.

В рамках данной работы была поставлена задача проанализировать возможные варианты решения проблемы столкновения робота с человеком и сформировать укрупненную концепцию будущей системы безопасности коллаборативного роботизированного комплекса. Для начала проанализируем основные классы задач, в которых наиболее логично применение роботов. К таким классам можно отнести задачи пайки, сварки, перемещения грузов, гравирования, фрезерования, сборки различных видов (клепка, резьбовые соединения и т.д.), а также установки и позиционирования деталей при сложных сборочных операциях. В рамках всех перечисленных задач управляющая программа робота строится в соответствии с заранее жестко определенной последовательностью действий робота и человека. Например: «установка детали роботом – установка крепежей человеком – затягивание крепежа роботом». Главными проблемами при этом будут являться недетерминированность действий человека (отсутствие гарантий точного выполнения порядка действий), а также неравномерность временных интервалов, в течение которых человек выполняет свою часть работы.

Наиболее травмоопасными из перечисленных будут являться задачи пайки/сварки (термические повреждения человека), гравирование и фрезерование (травмы при контакте с вращающимся режущим инструментом). При реализации таких операций штатных функций безопасности, заложенных в робота, будет недостаточно и потребуется внешняя система безопасности. Перемещение грузов, установка и позиционирование деталей при этом менее травмоопасны. В этих случаях при столкновении с грузом или крепежными элементами штатная система безопасности робота может остановить перемещение или отвести груз в сторону. В первом случае (операции с травмоопасными инструментами) внешняя система безопасности должна обладать следующими возможностями:

- определение тем или иным образом положения человека относительно робота и его инструмента;

- заблаговременное определение ситуаций, в которых произойдет травмоопасное столкновение робота и человека;

- принятие решения о реакции на угрожающую ситуацию (остановка перемещения, отключение инструмента, смена траектории);

- передача соответствующих команд системе управления робота и генерация предупреждений для человека.

Для разработки такой системы в первую очередь необходимо определить тип сенсорной системы, которая будет определять наличие и положение человека в рабочей зоне робота.

Рассмотрим возможные варианты построения такой сенсорной системы.

Первым вариантом являются различного принципа действия датчики, определяющие наличие объектов в контролируемой зоне (оптические, емкостные, индуктивные, ультразвуковые) [1, 2]. Явным недостатком таких датчиков является очень ограниченная контролируемая зона и для определения наличия человека рядом с роботом необ-

ходимо использовать большое количество таких датчиков, установленных на коботе и направленных вовне. Это очень усложняет систему, и попытка построения такой системы может привести к невозможности корректно использовать кобота, так как большое количество датчиков будет срабатывать не только на человека, но и на иные элементы окружения кобота.

Вторым вариантом построения системы является применение датчиков барьерного типа, срабатывающих при пересечении человеком барьера. Такая концепция широко применяется при построении систем на базе общепромышленных роботов, но не может быть применена в коллаборативном роботизированном процессе, так как основная его суть именно в работе человека внутри рабочей зоны кобота.

Третьим вариантом можно рассматривать применение датчиков, фиксирующих наличие движения в рабочей зоне робота (инфракрасные датчики движения, микроволновые датчики и т.д.). Такой подход также не может быть применен в качестве полноценного решения по следующим причинам:

- при установке датчиков на коботе будут генерироваться ложные срабатывания при штатном перемещении кобота, так как относительно датчиков будут перемещаться не только человек, но и элементы окружающего пространства;

- при установке датчиков стационарно у рабочей зоны роботизированного комплекса будут происходить ложные срабатывания при движениях самого кобота. При этом, если движения кобота программно отфильтровывать для предотвращения ложных срабатываний, для срабатывания системы защиты необходимо будет именно перемещение человека. Такой подход не работает, если человек будет стоять на пути следования кобота неподвижно.

Одним из новых подходов в построении сенсорных систем промышленного оборудования является применение систем технического зрения (СТЗ) [3]. Применение систем технического зрения является наиболее обоснованным для решения поставленной задачи. Это связано с возможностью применения систем искусственного интеллекта для распознавания объектов на изображениях. Однако, для применения СТЗ в рамках данной задачи необходимо выполнение следующих условий:

- применение нескольких камер, осуществляющих съемку одновременно с разных сторон для получения трехмерных данных;

- применение интеллектуальных систем обработки для распознавания элементов кобота и человека, определения их взаимного расположения и трендов перемещения;

- построение интеллектуальной системы прогнозирования столкновений кобота и человека по распознанным данным.

В результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что для повышения безопасности человека в рабочей зоне коллаборативного робота предпочтительно применять системы технического зрения с системами распознавания объектов и прогнозирования столкновений кобота и человека.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда № 22-71-10093 «Разработка и синтез перспективных мультимодальных адаптивных алгоритмов и методов управления поведением коллаборативных робототехнических систем с учетом нестандартных ситуаций и экстремальных условий в недетерминированной среде»

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Типы датчиков движения [Электронный ресурс] <https://spectrnsk.ru/news/types-of-motion-sensors/> (дата обращения: 20.11.2022)

2. Принцип работы оптического датчика [Электронный ресурс] https://sensoren.ru/news/printsip_raboty_opticheskogo_datchika/ (дата обращения: 22.11.2022)

3. Введение в систему технического зрения [Электронный ресурс] https://kipia.ru/upload/iblock/d78/Auton_sist_tech_zrn.pdf (дата обращения: 26.11.2022)

Сухоруков Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhorukov Sergei Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Department "Electric Drives and Automation of Industrial Plants", Komsomolsk-na-Amure State University

Носаченко Родион Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Nosachenko Rodion Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Григорец Роман Дмитриевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grigorets Roman Dmitrievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Сбитнев Никита Романович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sbitnev Nikita Romanovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ДАТЧИКОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

FEATURES OF THE SELECTION OF SENSORS FOR THE CONSTRUCTION OF A SYSTEM FOR MEASURING THE PARAMETERS OF THE MOVEMENT OF AN INDUSTRIAL ROBOT TOOL

Аннотация. В приведённой статье рассматриваются особенности выбора датчиков для построения системы измерения параметров перемещения инструмента промышленного робота и актуальность данной системы. Перечислены требования к датчикам, чтобы более точно и быстро найти подходящий для системы вариант. Описаны возможные варианты датчиков для выбранной системы и по какой причине они могут не подходить к ней. Выбран наиболее подходящий и оптимальный вариант датчика для осуществления поставленной задачи.

Abstract. The article discusses the features of the choice of sensors for building a system for measuring the parameters of the movement of an industrial robot tool and the relevance of this system. The requirements for sensors are listed in order to find a suitable option for the system more accurately and quickly. Possible sensor options for the selected system are described and for what reason they may not fit it. The most suitable and optimal sensor option for the task has been selected.

Ключевые слова: промышленный робот, параметры перемещения, гироскоп, акселерометр, датчик, ось, ускорение.

Key words: industrial robot, displacement parameters, gyroscope, accelerometer, sensor, axis, acceleration.

Введение

На данный момент промышленная робототехника пользуется популярностью во всем мире. Она активно развивается и ее все больше и больше внедряют в разнообразные производственные задачи. Современный промышленный робот – это механическое устройство с закрытыми алгоритмами работы, из-за чего появляются определенные проблемы при реализации сложных технологических процессов. Поэтому необходимо разрабатывать разнообразные внешние системы самостоятельно.

Одной из таких задач является разработка системы измерения параметров перемещения инструмента промышленного робота. В некоторых задачах при реализации роботизированных технологических процессов необходимо корректировать управление и режимы работы инструмента в соответствии с текущими механическими параметрами его перемещения, такими как скорость и ускорение. Но, как говорилось ранее, получение таких данных непосредственно из системы робота в большинстве случаев является невозможным, поэтому необходима разработка внешней системы, определяющей параметры перемещения независимо от работы контроллера робота.

В ходе проведенного анализа выявлено, что наиболее подходящим вариантом построения такой системы является применение навесных датчиков, устанавливаемых на корпусе инструмента, сигналы с которых обрабатываются микроконтроллером.

В рамках данной работы будут рассмотрены особенности выбора датчиков для построения такой системы и осуществлен выбор датчиков.

Требования к функционированию датчиков и системы

Определим основные требования к системе и датчикам для сравнения возможных вариантов и упрощения вычислений.

Так как промышленный робот-манипулятор является многоосевой системой, для расчета определения параметров движения по углам поворота отдельных осей робота потребуется множество сложных вычислений, поэтому необходимо использовать датчики, позволяющие или непосредственно определять скорость и ускорение перемещения, или делать это с минимальным количеством вычислений. В целом, в рамках поставленной задачи и с учетом возможности переориентирования инструмента в пространстве, потребуются датчики, измеряющие не только ускорения вдоль координатных осей, но и угловые ускорения вокруг осей инструмента.

Важным требованием являются габариты датчика. Датчик должен обладать минимальными габаритами для удобства и упрощения их размещения на корпусе самого инструмента, без потери точности и качества измерений.

Следующим требованием является количество осей, по которым будет проводиться измерение перемещения инструмента. Так как инструмент робота работает в трех осевой системе, то датчики должны позволять производить измерений по всем трем осям. В случае меньшего количества измеряемых осей, потребуется установка нескольких датчиков.

Выбор датчиков

С учетом вышеизложенных требований будем рассматривать для построения системы акселерометры и гироскопы.

Рассмотрим возможные варианты распространенных датчиков, которые могут быть применены в системе с вышеперечисленными требованиями.

Первый вариант – чип L3G4200D фирмы STMicroelectronics (ST). Представляет собой маленький сверхстабильный датчик перемещений в 3D пространстве, сделанный по MEMS технологии. Является трехосевым датчиком угловых перемещений с невысоким энергопотреблением, имеющим вдобавок чрезвычайной устойчивостью нулевого уровня и высокой точностью показаний, которая сохраняется при изменениях температуры и длительной работе датчика. В микросхему, помимо чувствительного элемента, встроен интерфейс I2C/SPI, посредством которого возможно передать во внешний мир скорость изменения угла по трем осям. Данный вариант довольно доступен и прост в использовании, а также является небольшим по габаритам. Но так как в нём нет акселерометра, то появится необходимость в использовании дополнительного датчика, что приведёт к увеличению габаритов системе и её усложнения.

Второй вариант – одноосевой MEMS-гироскоп LISY300AL с аналоговым выходом от STMicroelectronics. LISY300AL – малопотребляющий одноосевой гироскоп, включающий в себя чувствительный элемент и схему интерфейса, которая позволяет

реализовывать распознавание угловой скорости и образовывать выходной аналоговый сигнал. Хороших характеристик позволяет достигнуть высокая интеграция и цельный КМОП-технологический процесс. Отличительные особенности: малое энергопотребление; встроенная функция отключения питания; интегрированный НЧ-фильтр; режим самопроверки; высокая вибростойкость; напряжение питания: 2,7В-3,6В; тип корпуса: LGA-28. Данный датчик самый маленький из перечисленных, но не совсем доступен, из-за чего его довольно сложно приобрести. Также у данного варианта нет акселерометра, что опять же приводит к необходимости в использовании дополнительного датчика.

Третий вариант – MPU6050. MPU6050 имеет трехосевой акселерометр и трехосевой гироскоп, интегрированные в один чип. Гироскоп измеряет скорость вращения или скорость изменения углового положения во времени по осям X, Y и Z. Для измерения используется технология MEMS и эффект Кориолиса. Выходные данные гироскопа измеряются в градусах в секунду, поэтому для получения углового положения нам просто нужно интегрировать угловую скорость. Также MPU6050 измеряет ускорение. Он может измерять гравитационное ускорение по трем осям, и используя тригонометрию, возможно вычислить угол, под которым расположен датчик. Данный датчик самый доступный из всех вышеперечисленных вариантов. Также, микросхема MPU6050 содержит на борту как акселерометр, так и гироскоп и имеет сравнительно небольшие габариты, следовательно, полностью нам подходит. Дополнительным преимуществом данного датчика является его популярность, в следствии чего есть имеется большое количество справочной информации по настройке и программированию данной микросхемы.

Заключение

В данной работе были рассмотрены особенности выбора датчиков для мониторинга скоростей и ускорений инструмента промышленного робота, для дальнейшего построения системы измерения параметров перемещений инструмента. Даная система в дальнейшем будет использована при построении сложных роботизированных технологических процессов. На основании сформированных требований к системе и датчикам, а также анализа существующих на рынке датчиков с подобным функционалом была выбрана конкретная модель датчика.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-00267, <https://rscf.ru/project/22-79-00267/>

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Электронно - информационный портал microsin: официальный сайт. – URL: <http://microsin.net/> (дата обращения 29.12.2022).
2. Навигационные системы со сканированием пространства / Бесконтактные средства локальной ориентации роботов / С. М. Власов, В.И. Бойков, С.В. Быстров, В.В. Григорьев. 2017, С. 73-101.
3. Система распознавания объектов, обеспечивающая работу бортовой системы технического зрения в реальном времени / Труды научно-технической конференции / Техническое зрение в системах управления / Н.И. Дмитриев, А.А. Хрусталева, А.И. Ляпин, Е.Ю. Суворов, 2011. С. 40-47
4. Давыдов О.И. Метод определения позиции и ориентации мобильного робота с лазерным сканером / О.И. Давыдов, А.К. Платонов – Москва, 2015.
5. Автоматизированное решение прямой задачи кинематики манипуляторов роботов на ПЭВМ / Методические указания к лабораторно-практическим работам / В.Г. Хомченко, В.Ю. Соломин, В. Н. Яровой – Омск: ОмГТУ, 2007.

Сухоруков Сергей Иванович, Доцент Кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», кандидат технических наук, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhorukov Sergey Ivanovich, Associate Professor Department "Electric Drive and Automation of Industrial Plants", Candidate of Technical Sciences, Komsomolsk-na-Amure State University

Овсянников Антон Романович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ovsyannikov Anton Romanovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ СТРУКТУРЫ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

ONE OF THE STRUCTURE VARIANTS OF A ROBOTIC COMPLEX FOR THREE-DIMENSIONAL PRINTING OF METAL PRODUCTS

Аннотация. В рамках данной работы проанализированы существующие технологии трехмерной печати металлами, выбрана приоритетная технология для дальнейшей реализации в комплексе трехмерной печати металлами, построенном на базе промышленного манипулятора. Определены основные функции, которые должны быть реализованы в рамках комплекса, разработана структурная схема комплекса.

Abstract. Within the framework of this work, the existing technologies for 3D metal printing are analyzed, and a priority technology is selected for further implementation in a 3D metal printing complex built on the basis of an industrial manipulator. The main functions that should be implemented within the framework of the complex have been determined, a block diagram of the complex has been developed.

Ключевые слова: 3D принтер, трехмерная печать, аддитивные технологии, лазер, печать металлом.

Key words: 3D printer, 3D printing, additive technologies, laser, metal printing.

Введение

На сегодняшний день изготовление металлических изделий происходит преимущественно с применением двух видов технологий. Первый вид технологии – это литье, второй вид технологии – это механическая обработка. Также существуют комплексные технологии, которые включают в себя и литье и механообработку. Но у этих технологий есть определенные недостатки. Невозможность построения сложных внутренних структур изготавливаемой детали, большой расход материала и другие сложности изготовления. В качестве альтернативного варианта можно использовать аддитивные технологии.

Одним из актуальных вариантов решения проблем классических технологий изготовления металлических изделий является разработка и внедрение аддитивных технологий в производство.

Аддитивное производство за последние семь лет получило невероятный толчок развития. Возможность создавать изделия сложных геометрических конфигураций открыло перед трехмерной печатью дорогу в промышленные и научные сферы. Модели, построенные по цифровым аналогам, не уступают по качеству традиционным деталям. Современная трехмерная печать позволяет работать с большим количеством

разнообразных материалов, начиная от различных видов пластиков, заканчивая металлами. Исходя из этого, все чаще ее применяют в промышленном производстве.

Одним из вариантов построения систем крупногабаритной печати изделий – это применение роботизированных комплексов. На сегодняшний день, эти комплексы активно разрабатываются, усовершенствуются и внедряются все в большее количество производств.

Анализ технологий трехмерной печати металлами

Наиболее распространенными вариантами аддитивных технологий на данный момент являются технологии трехмерной печати пластиками, полимерами и композитными материалами. Печать металлических изделий менее распространена, однако представляет больший интерес для промышленности, так как позволяет изготавливать сложные элементы высокотехнологичной продукции.

Разработка систем трехмерной печати металлических изделий является актуальной и востребованной задачей. Для разработки такого комплекса необходимо на первом этапе проанализировать существующие технологии печати металлами и оценить перспективы их реализации. Наиболее распространенными технологиями на сегодня являются технологии:

- Струйной трехмерной печати “3DP” (Three-Dimensional Printing). Печати с послойным спеканием лазерным лучом мелкодисперсного металлического порошка. Недостатком данной технологии является дороговизна исходного материала, сложность доставки материала в зону печати, необходимость последующей механической обработки.

- “SLM” (Selective Laser Melting) или “DMLS” (Direct Metal Laser Sintering). Данная технология основана на послойном спекании металлических порошков в контролируемой среде инертных газов. К недостаткам данной технологии относят низкую скорость печати, токсичность исходных материалов в процессе печати изделия, технология требует использования дорогостоящего оборудования.

- Печать методом ламинирования “LOM” (Laminated Object Manufacturing). В рабочую зону протягивается тонкий лист металла, после чего он вырезается лазерным лучом, отработанный лист извлекается из зоны печати, цикл повторяется снова. Данная технологии очень критична к используемому материалу, способу его хранения. Точность и уровень детализации технологии “LOM” уступает более современным технологиям “SLA” и “SLS”.

Вышеперечисленные технологии имеют свои недостатки, такие как ограниченная область печати, высокая стоимость расходных материалов, сложность процесса печати, сложность доставки расходного материала в рабочую область, необходимость герметичной камеры с инертным газом, невозможность печати полых, полностью закрытых со всех сторон конструкций. Поэтому рассмотрим технологию трехмерной печати металлами, под названием “DED” (Directed Energy Deposition). Данная технология представляет собой трехмерную печать металлами с использованием в качестве материала металлической проволоки, которая расплавляется лазерным лучом, формируя трехмерный объект.

Преимуществами данной технологии над вышеперечисленными являются:

- не требуется герметичная камера с инертным газом, мы сможем подавать его под давлением, непосредственно, в зону печати;
- возможность использовать более распространенные расходные материалы, к примеру, проволоки из нержавеющей стали;
- в процессе печати можно заменить материал печати, это может потребоваться для нанесения на поверхность изделия слоя особого материала, обеспечивающего

защиту основного материала изделия от чрезмерного механического и химического воздействия, коррозии и износа детали;

- увеличение зоны печати;

- возможность более быстрого создания тонких и достаточно объемных структур;

- в процессе печати, заготовка подвергается минимальному термическому воздействию, исключая ее деформацию и повышая качество получаемой детали.

Разработка структуры роботизированного комплекса

Для реализации технологии DED в рамках роботизированного комплекса определим основные функции, которые должны выполняться системой:

- подача материала (проволоки) с программным контролем скорости и количества;

- перемещение печатающей оснастки по необходимым траекториям в пространстве для формирования геометрии изделия;

- управление с синхронизацией действий различными элементами комплекса.

Для реализации всех описанных функций может быть использована следующая структура роботизированного комплекса, представленная на рис.1.

Разрабатываемый комплекс трехмерной печати будет построен на основе промышленного робота-манипулятора. Контроллер робота будет использоваться для управления отдельными приводами, входящими в состав робота, в соответствии с приходящими заданиями на перемещения инструмента (лазерной оптики с механизмом подачи проволоки).

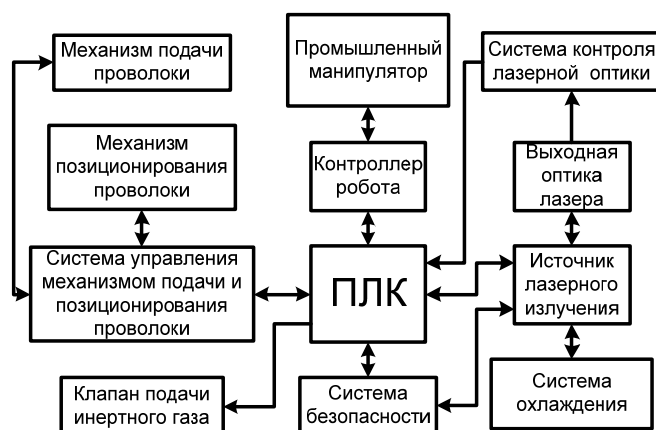


Рисунок 1 – Укрупненная структурная схема комплекса трехмерной печати металлами

ПЛК (программируемый логический контроллер) будет осуществлять общее управление комплексом, чтение управляющей программы печати и формирования заданий для остальных подчиненных устройств, включая синхронизацию их взаимодействия.

Источник лазерного излучения служит для генерации лазерного излучения заданной мощности. В ходе работы источнику лазерного излучения требуется постоянное охлаждение, для этого используется система охлаждения. В свою очередь сгенерированное лазерное излучение передается по гибкому оптоволоконному кабелю из источника лазерного излучения в лазерную головку содержащую выходную оптику. Для отслеживания состояния выходной лазерной оптики используется система контроля лазерной оптики.

Система управления механизмом подачи и позиционирования проволоки подключается к ПЛК и получает сигналы задания для механизма подачи и позиционирования проволоки, которые, в свою очередь, используются для расчета и

управления перемещение механизмами подачи и позиционирования проволоки. Механизм подачи проволоки устанавливается на одной из осей промышленного манипулятора и используется для подачи необходимого количества проволоки с необходимой скоростью и ускорением. Механизм позиционирования проволоки крепится на фланце робота вместе с выходной оптикой лазера и производит позиционирование проволоки относительно точки фокусировки лазерного луча.

Клапан подачи инертного газа используется для подачи газа в точку плавления проволоки.

Система безопасности будет отслеживать все аварийные ситуации в ходе работы комплекса и своевременно прерывать работу всего комплекса трехмерной печати металлами.

Заключение

В рамках данной работы на основе анализа существующих технологий трехмерной печати металлами были определены основные функции, которые должны быть реализованы для построения роботизированного комплекса трехмерной печати. В соответствии с выявленными функциями была разработана структурная схема комплекса, которая может быть применена при дальнейшем проектировании.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-00267, <https://rscf.ru/project/22-79-00267/>

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Котов, Е. В. 3D-печать как революционная технология неоиндустриальной модернизации экономики / Е. В. Котов, В. И. Ляшенко // Вестник экономической науки Украины. – 2014. – № 1(25). – С. 59-69. – EDN SDHYTD.

2. Лысыч, М. Н. Обзор современных технологий 3д печати / М. Н. Лысыч / Области применения технологий 3д печати. - Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2014. - С. 26-30.

3. Современные наукоемкие технологии / Лысыч М. Н. // Области применения технологий 3д печати. - Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2014. - 165-169 с.

4. Шкуро, А. Е. Технологии и материалы 3Д печати: учеб. пособие / А. Е. Шкуро. - Екатеринбург: ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет, 2017. - 101 с

5. Сайфуллин, Р. Н. Способ трехмерной печати металлами и смесями порошкообразных материалов электроконтактным способом / Р. Н. Сайфуллин // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 121. – С. 282-286. – EDN TGMAQE.

6. Кабалдин, Ю. Г. Трехмерная печать методом электродуговой наплавки плавящимся электродом при производстве деталей из металлов на станках с ЧПУ / Ю. Г. Кабалдин, П. В. Колчин // Science XXI century : Proceedings of materials the international scientific conference, Karlovy Vary - Moscow, 30–31 июля 2015 года. – Karlovy Vary - Moscow: Международный центр научно-исследовательских проектов, 2015. – С. 56-61. – EDN UJQKRR.

7. Патент № 2600154 С2 Российская Федерация, МПК В22F 3/12, В22F 3/105, В33У 10/00. Способ трехмерной печати металлами и смесями порошкообразных материалов : № 2015104519/02 : заявл. 10.02.2015 : опубл. 20.10.2016 / Р. Н. Сайфуллин. – EDN KQMDMS.

Тодарев Валентин Васильевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автоматизированный электропривод», Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого

Todarev Valentin Vasilyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Automated Electric Drive", Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi

Бураченок Илья Николаевич, студент, Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого

Burachyonok Ilya Nikolaevich, student of Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД НАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА

LOAD DEVICE TEST BENCH

Аннотация. Цель работы состоит в упрощении конструкции нагрузочного устройства, снижение его стоимости, повышение энергоэффективности испытания механических трансмиссий при переменной нагрузке и постоянстве скорости вращения. Для достижения указанной цели предложено в качестве нагрузочной машины использовать асинхронную машину с короткозамкнутым ротором с числом пар полюсов обмоток статора не менее двух, причем полюсные обмотки разделены на две электрически не связанные части.

Abstract. The aim of the work is to simplify the design of the loading device, reducing its cost, increasing the energy efficiency of testing mechanical transmissions under variable load and constant speed of rotation.

To achieve the goal it was proposed to use a squirrel-cage asynchronous machine with a number of pole pairs of stator windings at least two, the pole windings are divided into two electrically unrelated parts.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, нагрузочное устройство, испытательный стенд.

Keywords: asynchronous electric drive, loading device, testing bench.

Часто при испытаниях механических трансмиссий необходима имитация реальной нагрузки вращательного характера с переменным моментом сопротивления при поддержании постоянства скорости вращения. Для этого применяются нагрузочные устройства.

Общим недостатком существующих нагрузочных устройств является высокая стоимость, обусловленная необходимостью использования преобразователя, мощность которого не менее мощности нагрузочного электродвигателя.

Цель работы состоит в упрощении конструкции нагрузочного устройства, снижении его стоимости, повышении энергоэффективности испытания механических трансмиссий при переменной нагрузке и постоянной скорости вращения.

Для достижения указанной цели предложено в качестве нагрузочной машины использовать асинхронную машину с короткозамкнутым ротором с числом пар полюсов обмоток статора не менее двух, полюсные обмотки разделены на две электрически не связанные части (АДНОС) [1,2], одна из которых подключена к питающей сети напрямую, другая – через регулятор напряжения с возможностью рекуперации энергии в сеть, соединенный с выходом системы управления.

Предложенная конструкция электродвигателя позволяет получить механическую характеристику в виде суммы механических характеристик отдельных полюсных

обмоток, которые при питании от собственного источника определенной частоты и напряжения имеют определенный вид и знак момента. Наличие нескольких обмоток и независимых источников питания, дает возможность реализовать относительно простую систему управления двигателем.

В качестве примера можно рассмотреть использование АДНОС в качестве нагрузочного устройства электромеханического испытательного стенда (рисунок 1), который содержит асинхронную машину 1 с короткозамкнутым ротором, полюсные обмотки статора которой разделены на две электрически не связанные части. Одна часть обмоток статора подключена к питающей сети 2 напрямую, другая – через регулятор 3 напряжения. Регулятор напряжения предназначен для формирования переменной составляющей момента нагрузки и подключен к выходу системы 4 управления.

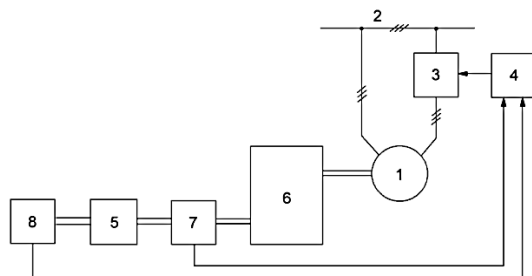


Рисунок 1 – Функциональная схема нагрузочного устройства

Вал асинхронной машины 1 механически соединён с валом испытуемой трансмиссии 5 через передаточное устройство 6, предназначенное для перевода асинхронной машины 1 в генераторный режим, и датчик 7 момента. С валом испытуемой трансмиссии также механически соединен датчик 8 скорости. Датчики момента и скорости предназначены для получения информации о фактических значениях нагрузочного момента и скорости соответственно. Выходы датчиков 7 момента и 8 скорости соединены с системой 4 управления.

Для работы устройства необходимо установить передаточное число передаточного устройства таким, чтобы асинхронная машина перешла в генераторный режим. Соотношение полюсных обмоток статора выбираем таким, чтобы часть обмотки, подключённая к питающей сети напрямую, обеспечивала постоянную составляющую нагрузочного момента M_{\sim} (рисунок 2), а другая часть обмотки, подключённая через регулятор напряжения, задавала переменную составляющую момента нагрузки M_{\sim} при помощи системы управления. Суммарная нагрузка представляет собой сумму моментов $M_T = M_{\sim} + M_{\sim}$ и, при необходимости, может быть скорректирована исходя из реальных значений, полученных от датчиков момента и скорости.

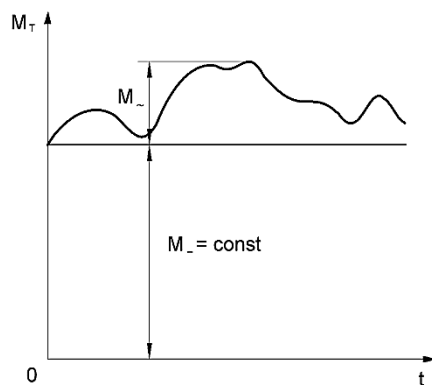


Рисунок 2 – Нагрузочная диаграмма устройства

Переменный момент нагрузочного устройства регулируется путем изменения питающего напряжения (рисунок 3).

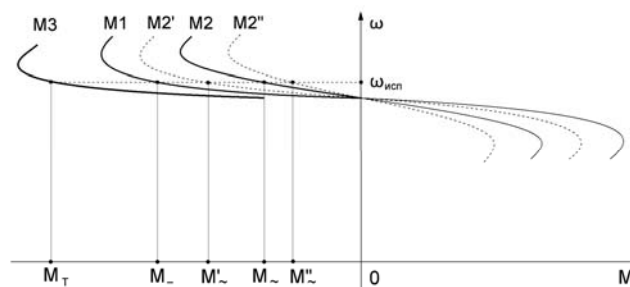


Рисунок 3 – Механическая характеристика тормозного режима работы асинхронного двигателя

Генераторное торможение с рекуперацией электроэнергии в сеть при переменной составляющей нагрузке обеспечивается соответствующей функцией регулятора напряжения. За счёт применения регулятора напряжения с функцией рекуперации энергии в сеть также обеспечивается повышение энергоэффективности нагрузочных испытаний.

Так как переменная составляющая нагрузки в большинстве случаев не превышает 20% от суммарной нагрузки, стоимость устройства снижается за счёт применения малоомощного регулятора напряжения, рассчитанного на передачу мощности только переменной составляющей нагрузки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тодарев В. В., Савельев В. А., Беликова А. И., Мигдаленок А. А. Асинхронный электродвигатель с электрически не связанными полюсными обмотками статора// Патент на изобретение 12022 U Респ. Беларусь: МПК Н 02 Р 23/03, Н 02 К 17/16 / опубл. 30.06.19.

2. Копылов И.П., Проектирование электрических машин. Учебник для студ. высш. учеб. заведений/ И.П. Копылов, Б.К. Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф. Токарев. – М. – Издательство Юрайт.2011. – 775с.

УДК 681.5.013

Томских Антон Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Tomskikh Anton Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University.

Савельев Дмитрий Олегович, старший преподаватель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Savelyev Dmitriy Olegovich, senior lecturer, Komsomolsk-na-Amure State University.

Гудим Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gudim Aleksandr Sergeevich, Ph.D., associate professor, associate professor at the Department of Electric Drive Engineering and Industrial Automation of Komsomolsk-na-Amure State University.

ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE CONTROL SYSTEM USING A FUZZY LOGIC CONTROLLER

Аннотация. В приведенной статье рассматриваются формирования исходных данных, построения и этапы замены классического регулятора в системе на регулятор с алгоритмом нечеткого вывода Сугено нулевого порядка, обладающим высокой гибкостью

при проектировании систем управления и отлично подходящим для математического анализа с определением четкого значения переменной вывода.

Abstract. This article discusses the formation of initial data, the construction and stages of replacing the classical controller in the system with a controller with a zero-order Sugeno fuzzy inference algorithm, which has high flexibility in the design of control systems and is perfectly suitable for mathematical analysis with the definition of a clear value of the output variable.
 Ключевые слова: регулятор нечеткого вывода, автоматизированное управление, нечеткая логика.

Key words: fuzzy output regulator, automated control, fuzzy logic.

В настоящее время применение аппарата нечеткой логики на производстве до сих пор носит локальный характер. Однако, такого рода регуляторы применяются в основном в системах, объекты которых сложны и трудоемки в описании, либо информация о которых в некотором роде отсутствует.

В представленной статье рассматривается возможность замены классического регулятора в системе на нечеткий, для улучшения качества переходных процессов в рассматриваемой системе. При проектировании нечеткого регулятора будет использоваться алгоритм нечеткого логического вывода Сугено нулевого порядка.

В виде классической системы автоматического управления рассмотрена структурная схема контура скорости [1] с предварительно рассчитанным П-регулятором, представленная на рисунке 1.

Выполним предварительную настройку регулятора с алгоритмом нечеткого вывода Сугено, для получения не худших, по сравнению с классической системой, показателей качества переходных процессов, при этом входные сигналы необходимые для работы нечеткого регулятора – это сигнал ошибки (input1) и производная от сигнала ошибки (input2) контура скорости (Рис. 2).

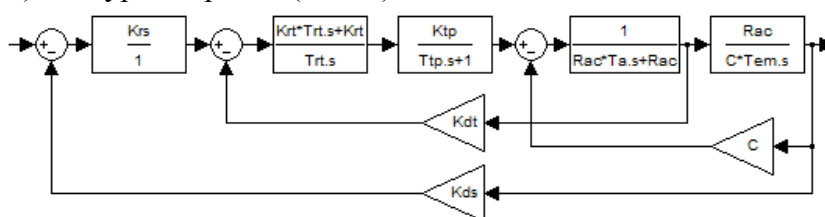


Рисунок 1 – Структурная схема контура скорости с классическим П-регулятором

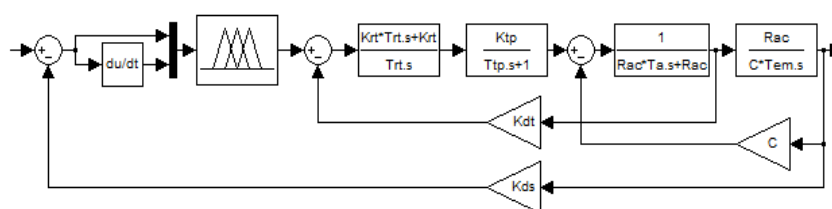


Рисунок 2 – Структурная схема электропривода с нечетким регулятором скорости

База правил нечеткого логического регулятора

1. If (input1 is pp) then (output1 is pp) (1)
2. If (input1 is p) then (output1 is p) (1)
3. If (input1 is n) then (output1 is n) (1)
4. If (input1 is nn) then (output1 is nn) (1)
5. If (input is 0) and (input2 is 0) then (output1 is 0) (1)
6. If (input is 0) and (input2 is n) then (output1 is 0) (1)
7. If (input is 0) and (input2 is p) then (output1 is 0) (1)

Распределение функций принадлежности нечеткого регулятора представлено на рисунке 3.

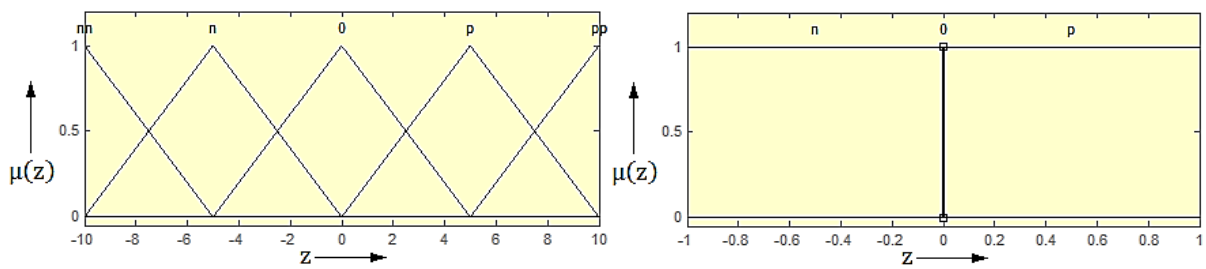
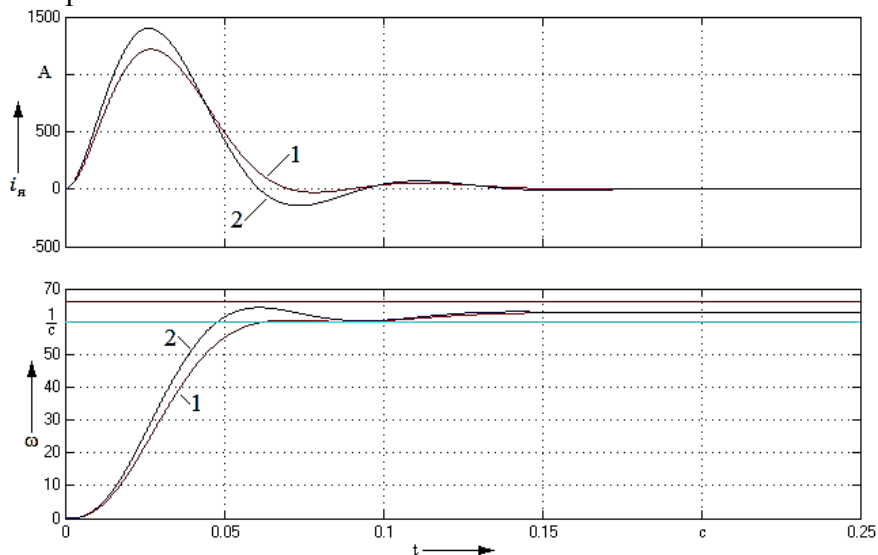


Рисунок 3 – Распределение функций принадлежности нечеткого регулятора на первом(input1) и втором (input2) входах

Значения функций принадлежности нечеткого логического регулятора на выходе (out) будут следующими:

$$pp = 90; p = 45; 0 = 0; n = -45; nn = -90.$$

Из графиков (рисунок 4) видно, что ток, достигнув максимума, уменьшается, приближаясь к нулю. В системе с нечетким регулятором максимальный ток больше, чем у классической системы. У системы с нечетким регулятором на графике переходного процесса по скорости наблюдается небольшое перерегулирование (не превышающее 5%), в то время как исходная система обрабатывает входное воздействие без перерегулирования. Однако время переходного процесса у системы с нечетким регулятором значительно меньше (на 22.3%). Таким образом, мы получили систему с нечетким регулятором, удовлетворяющую необходимым условиям, лучшую, чем система с классическим регулятором.



1 – исходная система; 2 – системы с нечетким регулятором

Рисунок 4 – Графики переходных процессов по току и скорости исходной системы и системы с нечетким логическим регулятором

Так как уже в процессе предварительной настройки время переходного процесса было уменьшено, дополнительно была произведена настройка системы с нечетким логическим регулятором [2], уменьшающая перерегулирование переходного процесса по скорости.

База правил нечеткого логического регулятора:

1. If (input1 is p) then (output1 is p) (1)
2. If (input1 is n) then (output1 is n) (1)
3. If (input1 is 0) then (output1 is 0) (1)
4. If (input is pp) and (input2 is n) then (output1 is pp) (1)
5. If (input is pp) and (input2 is nn) then (output1 is p) (1)
6. If (input is nn) and (input2 is p) then (output1 is nn) (1)
7. If (input is nn) and (input2 is pp) then (output1 is n) (1)

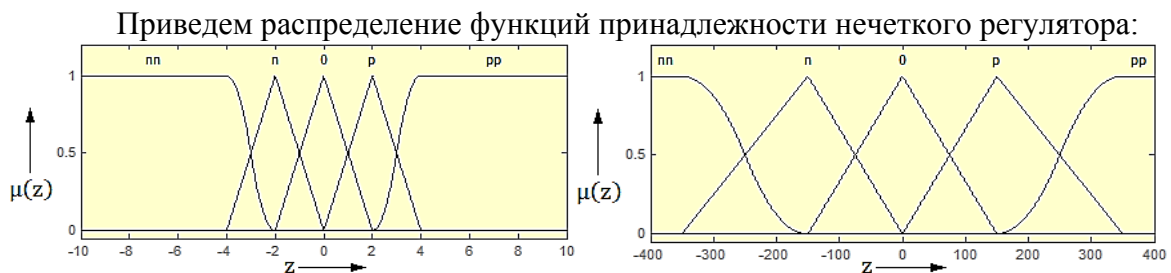
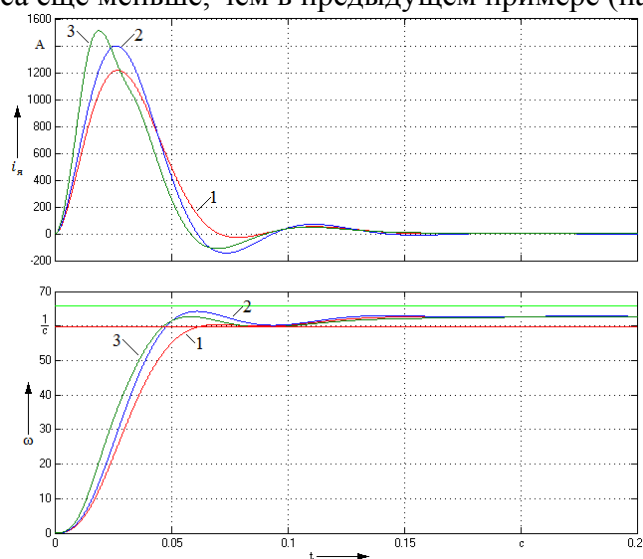


Рисунок 5 – Распределение функций принадлежности нечеткого регулятора на первом входе (input1) и на втором входе (input2)

Значения функций принадлежности:

pp = 135; p = 10; 0 = 0; n = - 10; nn = - 135.

Из графиков (рисунок 6) видно, что ток в перенастроенной системе, достигнув максимума, уменьшается, стремясь к нулю. У перенастроенной системы на графике переходного процесса по скорости полностью отсутствует перерегулирование, а время переходного процесса еще меньше, чем в предыдущем примере (на 24.4%).



1 – исходная система; 2 – системы с нечетким регулятором;

3 – система с перенастроенным нечетким регулятором

Рисунок 6 – Графики переходных процессов по току и скорости исходной системы и системы с нечетким регулятором

Таким образом, мы получили систему с нечетким логическим регулятором, удовлетворяющую необходимым условиям, показатели которой лучше, чем в системе с классическим регулятором. Проведя исследование возможности замены классического регулятора нечетким [3], можно прийти к выводу, что при использовании нечеткой логики для управления объектом мы можем получить более качественные характеристики. Также, настройка нечеткого логического регулятора на алгоритм вывода Сугено нулевого порядка проще и быстрее, нежели настройка классического регулятора. При достаточном уровне практики это позволяет быстрее производить настройку объекта управления и более гибко управлять процессом производства. Также увеличение числа сигналов на входе нечеткого логического регулятора дает более широкие возможности для управления.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. S.P. Cheriny and A.V. Buzikayeva, "Fuzzy multi-cascade AC drive control system" 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, 2018. doi: 10.1109/FarEastCon.2018.8602930.

2. Соловьев В.А. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами./ В.А. Соловьев, С.П. Черный, – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2006. – 74 с.

3. Емельянов К.А., Черный С.П. Исследование методов аппаратной оптимизации алгоритмов управления сложных кинематических систем по быстрдействию. В сборнике: Техника и технология современных производств. Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пенза, 2021. С. 15-18.

УДК 00.004.3

Фаткуллина Лиана Фаилевна, студент, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ
Fatkullina Liana Failevna, student of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev

Каляшина Анна Викторовна, кандидат технических наук, доцент, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ
Kalyashina Anna Viktorovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev

РАЗРАБОТКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КАК СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ПО ОСНОВАМ РОБОТОТЕХНИКИ

DEVELOPMENT OF A ROBOTIC COMPLEX AS A WAY TO APPLY THEORETICAL KNOWLEDGE ON THE BASICS OF ROBOTICS

Аннотация. В данной работе рассматривается разработка робототехнического комплекса горячей штамповки и программирование его работы. Основой системы являются промышленные шестиосевые роботы, конвейер и система управления в виде контроллеров стоечного исполнения. Основной программой для разработки прототипов и выполнения технических документов является КОМПАС-3D.

Abstract. This paper discusses the development of a robotic complex for hot stamping and programming of its operation. The system is based on industrial six-axis robots, a conveyor and a control system in the form of rack-mounted controllers. The main program for the development of prototypes and execution of technical documents is KOMPAS-3D.

Ключевые слова: робототехника, информатика, робототехнический комплекс, горячая штамповка, автоматизация.

Key words: robotics, informatics, robotic complex, hot stamping, automation.

Введение

В настоящее время промышленные роботы (ПР) играют важную роль в техническом прогрессе. С помощью роботов можно перестраивать и автоматизировать линии и различные комплексы. Высокая производительность достигается только при комплексном подходе разработки, создания и внедрения роботов, штамповочного оборудования, а также различных средств управления.

Горячая штамповка положительно влияет на повышение прочности и снижения веса по сравнению с традиционным процессом штамповки. Характерной чертой горячей штамповки является резкое изменение температуры, которое потребляет много энергии при обогреве. Производство и автоматизация робототехнического комплекса

(РТК) горячей штамповки состоит из различного оборудования, контроллеров, также необходимо реализовать интеграцию и взаимодействие контроллеров, управление роботами и информационными потоками. При составлении линии наиболее трудоемким будет процесс транспортировки, чем процесс нагрева или формирования.

Роботы должны транспортировать в заданный промежуток времени и точно взаимодействовать с другими роботами и оборудованием [3]. Таким образом, транспортировка является ключевым моментом при разработке автоматизированной системы управления технологическим процессом горячей штамповки.

Постановка задачи

Использование РТК для автоматизации штамповки стальных листов. Для этого необходимо внедрить роботы, конвейерную печь отпуска и кривошипно-шатунные прессы [1].

Данная постановка задачи поможет студентам применить теоретические навыки и получить практические навыки по составлению РТК, построению электрических схем, изучению характеристик роботов и приборов.

Основная часть

В состав РТК горячей штамповки входят:

– Два 6-осевых промышленных роботов: ПР1 выполняет перемещение нагретых стальных деталей из электрической печи в рабочую зону прессы-автомата, после чего ПР2 перемещает готовое изделие на конвейер.

– В данном комплексе будет более выгодно, с экономической точки зрения, применить вместо одного промышленного робота два промышленных робота. Блок управления этими роботами, встраивается в ограждение рядом с калиткой.

– Шкаф управления роботом, находящийся в зоне работы оператора, встроенный в ограждение.

– Конвейер, для складывания готовых изделий.

– Сетчатое ограждение и калитка. Для обеспечения безопасности необходимо предусмотреть калитку, оснащенную датчиками закрытия двери и кнопкой экстренной остановки, которая находится на пульте дистанционного управления.

Режимы работы РТК горячей штамповки:

Первый режим работы. Последовательное выполнения цикла работы запускается с помощью кнопки «START» на пульте дистанционного управления оператора в начале рабочего дня. Программа запускается только при условиях полной безопасности, т.е. с программируемого логического контроллера должен прийти сигнал на разрешение активации цикла.

Алгоритм работы РТК:

– С конвейерной печи на блок управления приходит сигнал о готовности печи (печь достигла необходимой температуры) *1.

– На конвейерную печь с отпуском подается стальной заготовок затем в течение 3-х минут сталь нагревается и выходит на конвейер *2.

– ПР1 при помощи механического захвата переносит деталь в пресс-автомат *3.

– С штамповочного прессы приходит сигнал о том, что деталь готова *1.

– ПР2 забирает штампованную деталь, с помощью вакуумного захвата и переносит готовое изделие на второй конвейер.

Второй режим. Остановка цикла работы РТК. Реализуется остановка при помощи нажатия кнопки «STOP», находящейся на пульте оператора. Помимо этого, остановка может произойти при неисправности какого-либо механизма РТК.

При этом должны выполняться условия:

1) Электрическую печь и штамповочный пресс мастер включает в начале смены для того, чтобы оборудование вышло на режим готовности к работе.

2) Детали поступают на конвейер с погрешностью ± 1 мм по X и Y. Точность позиционирования обеспечивают штыри, которые приподнимают нагретую стальную заготовку для более удобного захвата, на 3-5 см по оси Y. В штамповочном станке имеются направляющие (ловители), которые компенсируют погрешность конвейера и схвата робота. Процесс выполняется строго по заданному времени.

3) Ход пресса и наличие детали в печи, должны контролироваться путем принятия сигналов соответственно от системы управления печью и системой управления прессом.

Выбор модели робота и другие компоненты РТК

Для данного комплекса выбирается робот Robots FANUC серии R – 1000iA/80F имеет 6 степеней свободы, досягаемость робота 1445 мм и обладает грузоподъемностью в 35 кг и предназначено для переноса тяжелых деталей, благодаря расположению двигателей запястья за рукой J3 препятствуют воздействию высоких температур, что соответствует требованиям.

Программируемый контроллер R-30iB, который обеспечивает доступ ко всей системе ввода-вывода робота.

Два вида захвата: механический и вакуумный захват. Механическое захватное устройство с регулируемыми параллельными губками необходимо для того, чтобы забирать нагретую стальную деталь и переносить ее в штамповочный пресс. Вакуумный захват JumboFlex (грузоподъемность до 50 кг) будет реализован во второй части работы РТК, захват будет брать штампованную деталь из пресса и переносить на конвейер с готовыми изделиями.

Для перемещения и последующей эксплуатации готовых изделий необходимо обеспечить постоянную скорость движения и перемещения в строго горизонтальной плоскости. При этом используется приводной ролик, который имеет групповой привод от мотора-редуктора.

Прототип РТК для горячей штамповки представлен на рисунке 1:

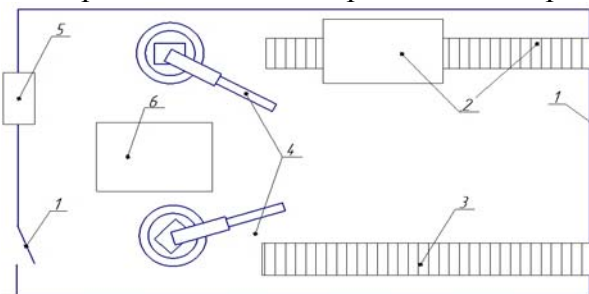


Рисунок 1 – Прототип РТК (1-ограждение с калиткой, 2-электрическая печь с конвейером, 3-конвейер с готовыми изделиями, 4-промышленные роботы (ПР1 и ПР2), 5-блок управления, 6-штамповочный пресс).

Информационная часть

Траектория движения ПР1 и ПР2 будет похожей, поэтому ниже представлен код программы движения только для одного робота.

LP[1] – Начало основного цикла программы

LP[6] – Окончания работы программы

Pickup ['detal'] ... ['GP: 1 - UT: 1[grip1]'] – Захват детали при помощи захвата grip1

Drop ['detal'] From ['DP: 1 - UT: 1[grip1]'] On ['robot'] – Отпускание детали в штамповочный пресс

//Запуск программы происходит после того, как приходит сигнал от электрической печи, что деталь пришла на конвейер.

1: DIn [START] //Переход в начальную точку положения робота

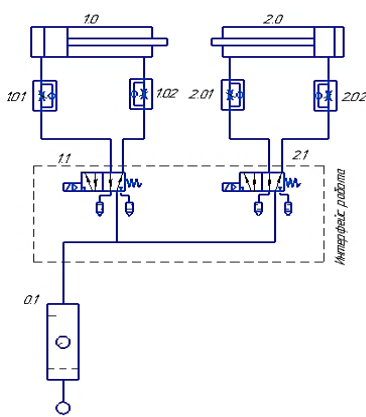
2: LP[1] 2000mm/sec FINE //Переход в точку захвата детали, с конвейера

3: WAIT 1.00(sec)

- 4: Pickup ['detal'] From ['robot'] With ['GP: 1 - UT: 1[grip1]'] On ['robot']
- 5: WAIT 0.50(sec)
- 6: LP[3] 2000mm/sec FINE//Перемещение нагретой детали в штамповочный пресс.
- 7: WAIT 1.00(sec)
- 8: Drop ['detal'] From ['DP: 1 - UT: 1[grip1]'] On ['robot']
- 9: WAIT 0.50(sec)
- 10: LP[5] 2000mm/sec FINE //переход в начальную точку (нейтральное положение)
- 11: WAIT 1.00(sec)

Электротехническая часть

Схема пневматическая принципиальная приведена на рисунке 2. Контроллер соединен с двумя роботами сразу. Подсистема конвейер и электрическая печь, штамповочный пресс и конвейер для готовых изделий работают не зависимо от робота. ПР1 приступает к работе после того, как на контроллер приходит сигнал о том, что деталь пришла. Аналогично работает ПР2, от пресса подается сигнал контроллеру – изделие готов, необходимо забрать.



Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
	<i>Исполнительный механизм</i>		
1.0, 2.0	Пневмоцилиндр	2	
	<i>Основной пневмораспределитель</i>		
1.1, 2.1	Электропневматический распределитель	2	
	<i>Устройство регулирования расхода</i>		
1.01, 2.02	Регулируемый впуск с обратным клапаном	4	
	<i>Энергообеспечивающая подсистема</i>		
0.1	Аппаратура подготовки сжатого воздуха	1	

Рисунок 2 – Схема пневматическая принципиальная

Интерфейс управления периферийными устройствами (рисунок 3). Главная плата и плата ввода-вывода МА соединяются между собой сигнальной линией А05В-0150-1150 FANUC. Провод А05В-2601-1240 соединяет плату ввода/вывода МА и периферийное устройство.

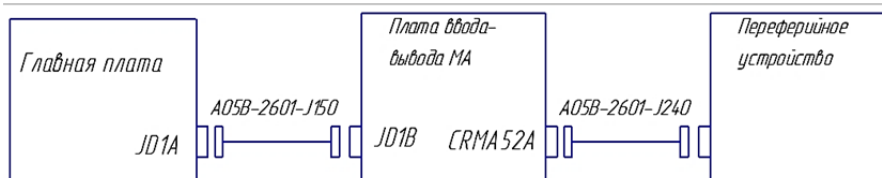


Рисунок 3 – Периферийные устройства интерфейсов

Заключение

Результатом проделанной работы является разработка системы управления робототехническим комплексом горячей штамповки, где основой проектируемой системы управления являлся промышленные 6-осевые роботы. Таким образом, технологический процесс изготовления деталей стал автоматизированным и непрерывным.

В результате выполнения курсовой работы студенты должны освоить основы как выбора и эксплуатации, так и создания робототехнических комплексов. Для этого каждый обучающийся должен, в частности, уметь разрабатывать прототип РТК, электрические, пневматические схемы и интерфейсы управления периферийными устройствами.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Каляшина А.В Основы робототехники: конспект лекций для студ дневной формы обучения / А.В.Каляшина – КНИТУ-КАИ, 2021г. – 45 с.

2. Туганов А.С. Промышленный робот. Разработка системы управления промышленным роботом // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции "Наука, технология, техника: перспективные исследования и разработки (г. Екатеринбург)", 2021 – 44 с.

3. Моисеев, Ю. И. Применение промышленных роботов для загрузки металлообрабатывающего оборудования. Учебное пособие. Курган : Курганского гос. ун-та, 2013. – 170 с.

УДК 681.58

Хрульков Владимир Николаевич, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Khrulkov Vladimir Nikolaevich, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Иванова Ирина Александровна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ivanova Irina Alexandrovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУЗОВ В ПРОСТРАНСТВЕ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА

DEVELOPMENT OF A PNEUMATIC EXPERIMENTAL SET FOR STABILIZING LOADS IN SPACE USING A FUZZY LOGIC CONTROLLER

Аннотация. В статье рассматривается проектирование пневматической установки для стабилизации груза в пространстве, а так же разработка электрической схемы управления на базе ПЛК Siemens s7-1200 и микрокомпьютера Raspberry Pi 3 model B. Описывается взаимодействие работы программируемого логического контроллера с микрокомпьютером при синтезе нечеткого логического регулятора.

Abstract. The article discusses the design of a pneumatic installation for stabilizing cargo in space, as well as the development of an electrical control circuit based on the Siemens s7-1200 PLC and the Raspberry Pi 3 model B microcomputer. The interaction of the programmable logic controller with the microcomputer in the synthesis of a fuzzy logic controller is described.

Ключевые слова: ПЛК, микрокомпьютер, пневматические системы, системы стабилизации, система управления.

Key words: PLC, microcomputer, pneumatic systems, stabilization systems, control system.

В научном докладе «Синтез модели и алгоритмов интеллектуального управления модульной платформой по перемещению крупногабаритных высокотонажных объектов» представленном на XXIV краевом конкурсе молодых ученых была продемонстрирована спроектированная математическая модель гидравлической системы, стабилизирующая груз в пространстве с помощью нечеткого логического регулятора. В связи с физическими особенностями гидравлических приводов, которые имеют высокое толкающее усилие (от 100 кг и более), спроектировать экспериментальную установку для проверки синтезированных законов управления на основе мягких вычислений в лабораторных условиях не является возможным. Вследствие этого для проверки полученных законов управления было принято решение проектировать экспериментальную установку на основе пневматических элементов, т.к. пневмоцилиндр может развивать

толкающее усилие от 10 до 3365 кг (для алюминиевых приводов), что в свою очередь дает большой диапазон выбора пневмоприводов, точность перемещения обеспечивается в пределах 2,5 мм и повторяемость в пределах 0,25 мм, стоимость пневматического привода гораздо ниже по сравнению с гидроприводом и электрическим приводом.

На рисунке 1 представлена пневматическая схема экспериментальной установки для стабилизации груза в пространстве весом до 40 кг (приведенный в математической модели гидроцилиндр с датчиком линейного перемещения и пропорциональный гидравлический распределитель были заменены на пневмопривод с грузоподъемностью в 10 кг и бистабильный пневмораспределитель с электромагнитным управлением).

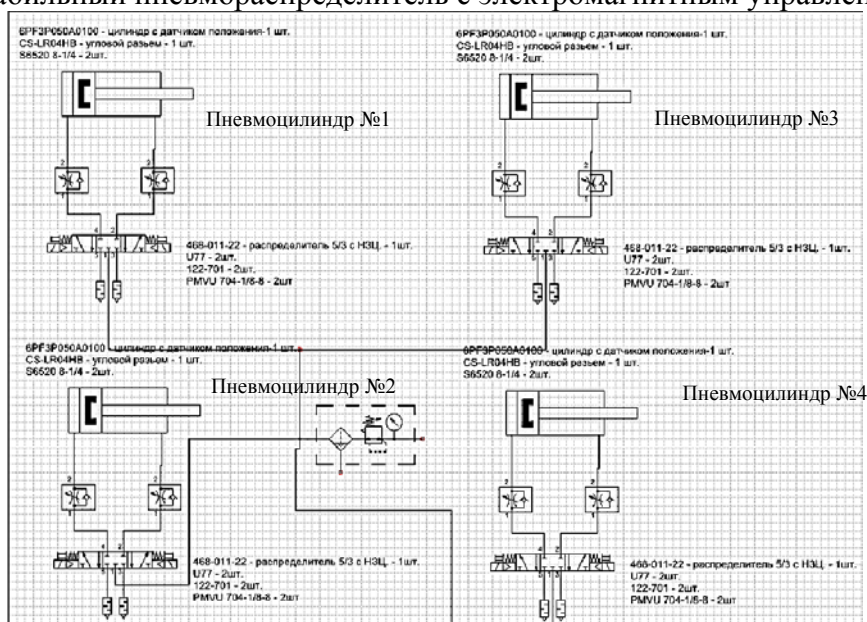


Рисунок 1 – Пневматическая схема экспериментальной установки для стабилизации груза в пространстве

Пневматическая система управления состоит из 4 пневматических цилиндров с датчиком обратной связи по положению серии 6PF компании Camozzi. Данный тип цилиндра позволяет отслеживать положения поршня цилиндра по всей длине хода, путем измерения изменения сопротивления в потенциометре. Распределитель 468-011-22 с двусторонним электропневматическим управлением, 5/3 с закрытой центральной позицией и пружинным возвратом в устойчивое среднее положение. На каждой линии подачи воздуха после пневмораспределителя установлен дроссель PMVU 704-1/8-8 для ручной регулировки скорости перемещения пневмопривода.

На рисунке 2 представлена электрическая схема управления пневматической экспериментальной установки для стабилизации груза.

Описание подключения элементов электрической схемы: через автоматический выключатель F1 подается 220 VAC на блок питания Siemens PM1207 DC 24V/2.5A, который подает рабочее напряжение на ПЛК S7-1200 CPU 1212C, модуль аналогового ввода SM 1231 4AI, модуль дискретного вывода SM1222 8DO. В цифровой вход контроллера I0.0 подключена кнопка с нормально открытым контактом (S1) отвечающая за запуск работы программы стабилизации; к входу I0.1 подключена кнопка с нормально открытым контактом «Стоп» (S2) отвечающая за остановку работы программы стабилизации; к входу I0.2 подключена кнопка аварийного останова с нормально открытым контактом и фиксацией (S3); к входу I0.3 подключена кнопка с нормально открытым контактом «Калибровка» (S4) отвечающая за установку всех пневмоцилиндров в центральном положении. К аналоговым входам контроллера AI0.0 и AI0.1, а также к входам модуля аналогового ввода I0.0+ I0.0-, I0.1+ I0.1- подключены реостатные датчики положения штока цилиндра R1 (пнев. цил. №1), R2 (пнев. цил. №2), R3 (пнев. цил. №3),

R4 (пнев. цил. №4). К выводам ПЛК подключены катушки пневматических распределителей K1 и K2 пневмопривода №1, K3 и K4 пневмопривода №2, K5 и K6 пневмопривода №3, K7 и K8 пневмопривода №4.

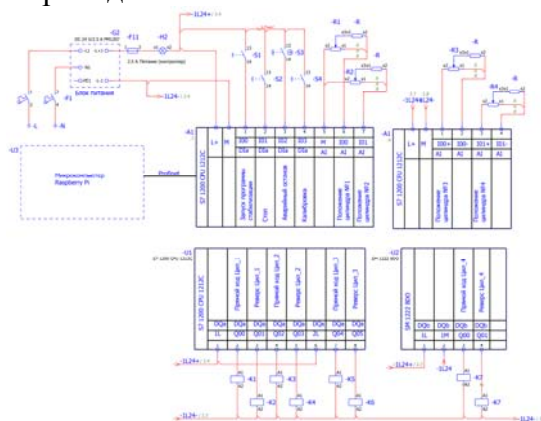


Рисунок 2 – Электрическая схема управления пневматической экспериментальной установки для стабилизации груза на базе ПЛК S7-1200 CPU 1212C и микрокомпьютером Raspberry Pi

Алгоритм работы стабилизации груза на экспериментальной установке осуществляется следующим образом: при запуске системы в первую очередь нажимается кнопка «Калибровка» (S4), которая осуществляет следующие функции: 1) при однократном нажатии по спадающему фронту срабатывает подпрограмма выравнивания платформы, которая опускает все цилиндры в крайнее нижнее положение (если же платформа уже находится в крайнем нижнем положении, то система дает установку на выравнивание пневмоприводов в центральное положение), сбрасывает параметры датчиков и устанавливает платформу в среднее положение; 2) при длительном нажатии по истечении 5 секунд запускается подпрограмма опускания платформы в крайнее нижнее положение. Это необходимо для удобной транспортировки лабораторного стенда.

После калибровки установки нажимается кнопка «Запуск программы стабилизации» (S1), функции программы которой осуществляет считывание датчиков пневмоцилиндров (R1, R2, R3, R4), преобразовывает аналоговый сигнал в рабочий диапазон хода штока цилиндра от 0 до 100 мм, после чего сформированные данные передается по промышленному сетевому протоколу Profinet на микрокомпьютер Raspberry Pi с настроенным нечетким логическим регулятором с алгоритмом вывода Сугено нулевого порядка. Сформированное управляющее воздействие, на основе данных полученных от ПЛК, обратно передаются на контроллер по сетевому протоколу, которое регулирует положение штока цилиндра путем включения катушек пневмораспределителей для каждого пневмопривода соответственно. Использование такого подхода при проектировании экспериментальной установки позволяет масштабировать её с минимальным внесением изменений в электрическую схему управления.

Благодарности. Исследования проводятся в рамках гранта №ВН010/2021 «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Троценко, В. В Системы управления технологическими процессами и информационные технологии / В. В. Троценко [и др.]. - М. : Юрайт, 2017. - 160 с.
2. Бесекерский, В.А. Теория автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – СПб. : Профессия, 2004. – 749 с
3. SMC Pneumatics (UK) Ltd, Пневмоавтоматика: учебное пособие / SMC Pneumatics (UK) Ltd. - Санкт-Петербург : ООО «ЭС ЭМ СИ ПНЕВМАТИК», 2013г. – 176 с.

Черный Сергей Петрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электропривода и автоматизации промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherniy Sergey Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Electro drive Engineering and Industrial Automation, Komsomolsk-na-Amure State University

Духнов Николай Николаевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Dukhnov Nikolay Nikolaevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ МНОГОКАСКАДНОЙ СИСТЕМЫ С ДВУХЗОННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

MODELING OF A FUZZY MULTISTAGE SYSTEM WITH TWO-ZONE REGULATION

Аннотация. В работе представлен синтез нечетких логических регуляторов с использованием совокупности механизмов выводов. Приведены параметры настройки многокаскадного нечеткого логического регулятора и сравнительный анализ классической системы двухзонного регулирования с нечеткой многокаскадной системой регулирования.

Abstract. The paper presents the synthesis of fuzzy logic controllers using various output algorithms. The parameters of the multi-stage fuzzy logic controller settings and a comparative analysis of the classical two-zone control system with a fuzzy multi-stage control system are presented.

Ключевые слова: многокаскадный логический регулятор, двухзонное регулирование, нечеткое моделирование.

Key words: multistage logic controller, two-zone control, fuzzy modeling.

Отличительной чертой систем двухзонного регулирования скорости двигателя является осуществление регулирования за счет изменения потока возбуждения. Регулирование до номинальной скорости достигается за счет изменения напряжения на якоре от нуля до номинального значения при номинальном потоке возбуждения, а регулирование выше номинального значения скорости – за счет воздействия на поток при постоянном напряжении на якоре или ЭДС двигателя [1].

Поэтому система управления с двухзонным регулированием скорости состоит из двух подсистем: одна изменяет напряжение на якоре, другая изменяет поле двигателя. Управление этими подсистемами может быть зависимым и независимым. Современные системы электроприводов зависимые, т.е. ослабление поля начинается при достижении напряжения или ЭДС на якоре номинальных значений [2].

В настоящее время интеллектуализация процесса регулирования техническими объектами относится к ряду актуальных проблем. Применение типовых структур нечетких систем ведет к увеличению количества входных и выходных лингвистических переменных, и, следовательно, приводит к существенному росту алгоритмической сложности. С учетом изменяющихся подходов к формализации объектов регулирования, а именно повышению требований к точности, качеству математического описания, сокращению ограничивающих факторов, наличию целого ряда критериев оптимизации, необходимо повысить интеллектуальные возможности нечетких систем. Возможными направлениями расширения таких свойств являются как структурные (реализация вложенности), так и параметрические (моделирования пространственной формы функции

принадлежности) решения. Актуальность такой технологии применения мягких вычислений заключается не только в повышении интеллектуальных возможностей нечетких систем автоматического регулирования путем создания многокаскадных структурных решений и моделей, но и в синтезе алгоритмов и методик настройки таких модулей, позволяющих реализовать развитые нечеткие системы управления сложными технологическими объектами при наличии существенных противоречащих ограничений и неполной информации об объекте [3].

При моделировании интеллектуальной системы управления производится замена классического регулятора скорости на нечеткий модуль, состоящий из двух каскадов простейших нечетких регуляторов с различными алгоритмами вывода (рисунок 1).

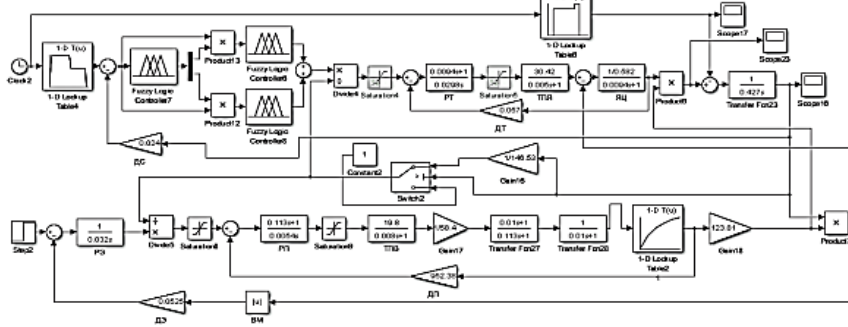


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления с двухзонным регулированием скорости с двухкаскадным нечетким логическим регулятором

Основной задачей управления будет являться снижение влияния параметров процесса, характеризующихся нелинейностью и нестационарностью, на скоростные характеристики системы.

Синтез и моделирование нечеткой многокаскадной системы управления будет производиться с применением пакета Fuzzy Logic Toolbox в Matlab.

Нечеткий регулятор будет состоять из двух каскадов (рисунок 2), построенных с применением сочетания механизмов выводов Мамдани и Сугено. Данный выбор обусловлен необходимостью классификации различных состояний объекта регулирования под влиянием нелинейностей, особенностями передачи информации между каскадами, а также существенными различиями между областями определения входных сигналов. Кроме того, необходимо отметить, что для придания моделируемой системе некоторых свойств универсальности второй каскад системы управления будет содержать абсолютно одинаковые нечеткие логические регуляторы. Итоговое значение величины управляющего воздействия многокаскадного нечеткого регулятора будет сформировано как совокупный вектор сигналов управления, реализуемых нечеткими модулями вложенного каскада, в основе которых заложен механизм вывода Сугено первого порядка.

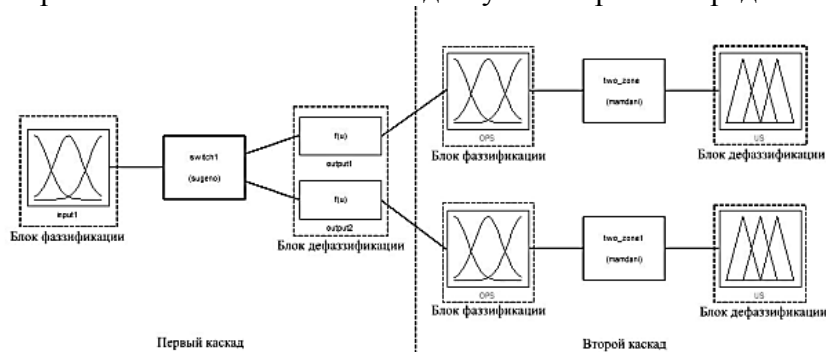


Рисунок 2 – Функциональная схема многокаскадного нечеткого регулятора

Многокаскадный регулятор на своем входе имеет единственную лингвистическую переменную $input1$. Пять аппроксимированных функций принадлежности нечетких переменных z -образного, треугольного вида равномерно распределены по области определения базового терм-множества лингвистических переменных

Базовое терм-множество – T входных лингвистических переменных, состоит из следующего набора элементов элементов:

$$T = \{mf1, mf2, mf3, mf4, mf5\} \quad (1)$$

- где $mf1$ – нулевое значение;
 $mf2$ – минимальное значение;
 $mf3$ – среднее значение;
 $mf4$ – большое значение;
 $mf5$ – максимальное значение;

База знаний регулятора первого каскада состоит из двух продукционных правил вида:

1. Если «ошибка по положению» есть $mf1$, то $Output1 = 1$, $Output2 = 0$;
2. Если «ошибка по положению» есть $mf2$, то $Output1 = 0$, $Output2 = 1$;

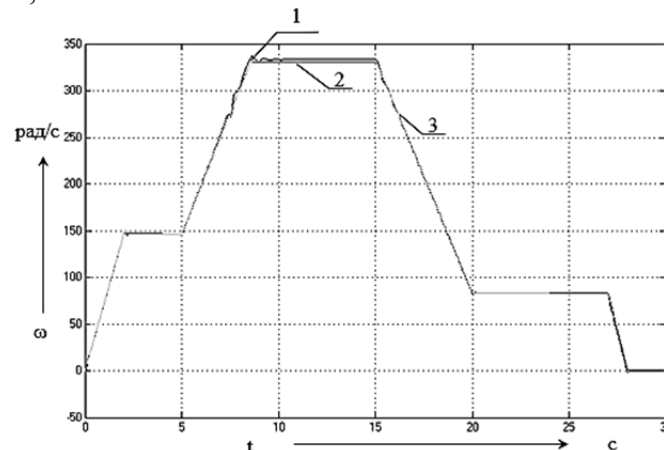
База знаний для каждого регулятора Сугено, расположенных во втором каскаде, будет состоять из семи правил вида:

1. Если «ошибка по скорости» есть $mf1$, то «выходное напряжение» есть $mf1$;

Проследим динамические характеристики систем управления с различными регуляторами скорости (рисунок 2).

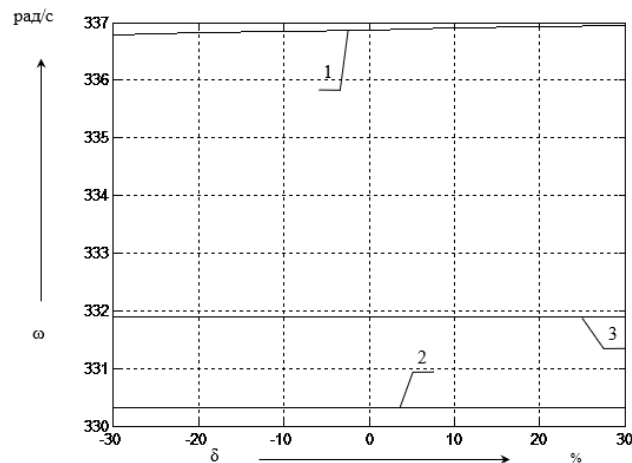
Для сравнительной оценки эффективности применения НЛР в системе управления с двухзонным регулированием скорости на рисунке 5 приведены зависимости изменения угловой скорости от изменения сопротивления якорной цепи в диапазоне $[-30\%; +30\%]$. В системе с двухкаскадным НЛР наблюдается наименьший разброс значений температурного рассогласования, чем в остальных системах.

По наклону характеристики (рисунок 3) можно сделать вывод о поведении системы при воздействии на нее различных возмущений, как внешних, так и внутренних. Нечеткие системы управления менее восприимчивы к изменению возмущения и обладают некоторыми робастными свойствами в диапазоне изменения этого параметра. При этом стоит отметить, что классическая система такими свойствами не обладает.



- 1 – классическая система; 2 – система с одним нечетким регулятором;
 3 – двухкаскадная нечеткая система управления.

Рисунок 2 – Динамические характеристики систем, настроенных на комбинированный режим без изменения коэффициента якорной цепи



1 – классическая система; 2 – система с одним нечетким регулятором;
3 – двухкаскадная нечеткая система управления.

Рисунок 3 – График зависимости между максимальным отклонением скорости и величиной сопротивления при работе в комбинированном режиме выше номинальной скорости

Таким образом, система управления с нечетким двухкаскадным регулятором в достаточно широких пределах остается невосприимчивой к действию внутренних возмущающих воздействий, т.е. на нее не оказывает существенного влияния изменение сопротивления якорной цепи.

Классификация состояний системы, возникающих подобно изменениям в системах с двузонным регулированием, за счет применения технологии многокаскадного нечеткого регулирования позволит идентифицировать и определять необходимые процедуры управления для существенного большего числа текущих ситуаций появляющихся в ходе технологического процесса.

Благодарности. Исследования проводятся в рамках гранта №ВНО10/2021 «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Башарин, А.В. Управление электроприводами: учебное пособие для вузов / Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. – Л.: Энергоздат. Ленгр. отд-ние, 1982 – 392 с.
2. Соловьев, В.А. Нечеткое управление в системе регулирования позиционных электроприводов стержневой установки / В.А. Соловьев, Н.Е. Дерюжкова, В.В. Тетерин. - Научно-технический вестник Поволжья, 2019. № 5. - С. 77-80.
3. Стельмашук, С.В. Синтез следящего электропривода с контуром скорости, настроенного на модульный оптимум / С.В. Стельмашук, В.А. Бунаков. - Ученые записки КнАГТУ, Комсомольск-на-Амуре, 2016, Т.1, № 4(28), 2016 «Науки о природе и технике». – С.54-62.

Черный Сергей Петрович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherniy Sergey Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Electric Drive and Automation of Industrial Installations Department, Komsomolsk-na-Amure State University

Лямин Михаил Андреевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liamin Mikhail Andreevich, master student, Komsomolsk-na-Amure State University

РАСЧЁТ ИСТОЧНИКА НЕЗАВИСИМОГО ПИТАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

CALCULATION OF THE INDEPENDENT POWER SOURCE OF THE TRANSPORT PLATFORM

Аннотация. В данной работе представлен процесс расчёта источника независимого питания роботизированной транспортной платформы и выбор типа аккумуляторных ячеек на базе проведённых расчётов и свойств различных типов исполнения хранящих энергию элементов, рассмотренных в ходе анализа существующих на рынке готовых предложений.

Abstract. This paper presents the process of calculating an independent power source for a robotic transport platform and choosing the type of battery cells based on the calculations and properties of various types of energy-storing elements considered in the analysis of ready-made offers on the market.

Ключевые слова: транспортный робот, источник независимого питания, аккумулятор, расчёт.

Key words: transport robot, independent power source, battery, calculation.

В наше время, наиболее часто встречающимся принципом построения производственных цепочек остаются конвейерные системы и активно внедряются роботизированные системы внутрицеховой логистики для обеспечения линии инструментом, заготовками, сборочными единицами и т.п. Однако роботизированные системы внутрицеховой логистики позволяют реализовать и новые принципы организации и управления технологическими процессами — гибкие производственные системы. Именно расширенные комплексы роботов транспортно-накопительные системы способны осуществлять прием, накопление, транспортирование и выдачу заготовок, полуфабрикатов, инструмента, технологической оснастки и готовых изделий в гибкую производственную систему для обеспечения ее наиболее эффективного функционирования. Для расширения функциональности на транспортные платформы зачастую устанавливаются роботы-манипуляторы.

В ходе работы транспортные роботы передвигаются по маршрутам разной длины и формы, в зависимости от помещения склада или цеха, а также выданного задания и в таких условиях подводить питание к роботу по проводам не представляется возможным. Значит необходимо иметь независимый источник питания, аккумулятор, на самой платформе для питания, как самой транспортной платформы, так и установленных на неё расширений, таких как робот-манипулятор, дополнительный контроллер, станции обслуживания и т.п.

В данной работе будет рассматриваться ситуация, когда на транспортный робот дополнительно установлены робот-манипулятор KUKA LBR iiwa 7 R800 и его контроллер KUKA Sunrise Cabinet. Максимальное потребляемое напряжение такого объекта – $U_{max} = 230$ В, максимальный возможный ток – $I_{max} = 16$ А. Тогда максимальная мощность, которую может потреблять заявленная конфигурация – $P_{max} = U_{max} \cdot I_{max} = 3680$ Вт. За время которое должна отработать установка до момента возвращения на станцию зарядки примем время стандартной рабочей смены $T = 8$ ч.

Величину необходимой емкости батареи рассчитаем по формуле:

$Q = \frac{P \cdot T}{V \cdot k}$, где Q – необходимая емкость аккумулятора, А·ч, P – имеющаяся нагрузка, Вт, V – напряжение каждой аккумуляторной ячейки, В; T – время резервирования, ч; k – коэффициент использования емкости аккумуляторов (количества электрической энергии, допустимой к использованию потребителями).

Необходимость введения в расчёт коэффициента k обусловлена возможностью неполного заряда АКБ, а также наличием эффекта глубокого разряда, связанного с рядом рабочих циклов заряда и разряда, что является губительным для большинства типов батарей. В приведенной формуле учитывается не только потребляемая мощность и время, но и характеристики самих аккумуляторных ячеек, составляющих источник независимого питания. В таблице 1 приведены результаты расчётов ёмкостей, количества ячеек, стоимости и веса источников независимого питания на базе различных типов аккумуляторов [1,2].

Таблица 1 – Основные характеристики АКБ.

Тип аккумуляторных ячеек	Напряжение ячейки, В	Емкость ячейки, А*ч	Емкость аккумуляторной сборки, А*ч	Необходимое кол-во ячеек	Примерная цена аккумуляторной сборки, рублей	Размер ячейки, мм	Вес аккумуляторной сборки, кг
Свинцово-кислотные аккумуляторные ячейки	24	36	1963	55	436800	438x88x430	892,2
	48	72	981	14	1650000	438x88x430	378
Литий-ионные 18650	3,7	3,5	12731	3410	1290400	∅18,5x65,2	148,4
	12	3,5	3925	3153	1261200	18,5x55,5x65,2	145
	18	5	2647	4910	1964000	37x55,5x65,2	225,9
Литий-ионные 21700	3,7	5	12731	2546	1145700	∅21.3x70.3	175.7
	12	5	3925	2355	1059750	21.3x63,9x70.3	162.5
	18	10	2616	2620	1179000	42,6x63,9x70.3	181
Литий-железо-фосфатные сборки	12	100	3925	42	1050000	330x172x215	588
	24	100	1963	21	840000	355x245x180	378

При выборе типа аккумуляторных ячеек был проведён анализ существующих предложений на рынке аккумуляторов, преимущества и недостатки различных типов аккумуляторов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Достоинства и недостатки существующих АКБ

Тип аккумулятора	Преимущества	Недостатки
Свинцово-кислотные	Низкий саморазряд; низкое внутреннее сопротивление; стабильность выдаваемого тока; высокий КПД	Большие габариты и вес; уязвимость к низким температурам; уязвимость к состоянию глубокого разряда;
Литий-ионные	Большая ёмкость; занимает мало места; мало весит; нет эффекта "памяти"; отсутствует саморазряд; возможно использовать форсированную зарядку; много циклов заряд/разряд;	Дорогие; быстро теряют заявленные характеристики; уязвимость к низким температурам;
Литий-полимерные	Большая ёмкость; занимает мало места; мало весит; нет эффекта "памяти"; низкий саморазряд; много циклов заряд/разряд; возможно использовать форсированную зарядку; неограниченны по форм-фактору;	Дорогие; быстро теряют заявленные характеристики; уязвимость к низким температурам;
Литий-железо-фосфатные	Высокая ёмкость; нет эффекта "памяти"; устойчивы к переразряду; устойчивы к отрицательным температурам; низкий саморазряд; долгий срок жизни; много циклов заряд/разряд; возможно использовать форсированную зарядку; не горят и не токсичны;	Дорогие; тяжелее относительно li-ion;
Никель-кадмиевые	Мало стоят; высокая вероятность восстановления; устойчивость к большому спектру температур; много циклов заряд/разряд; возможность форсированной зарядки;	Высокий саморазряд; есть эффект "памяти"; большие размеры; токсичность; срок службы ограничен количеством циклов заряда/разряда;
Никель-металлогидридные	Мало стоят; большая ёмкость; низкая токсичность; слабо выраженный эффект "памяти"; устойчивость к большому спектру температур;	Высокий саморазряд; долгая зарядка; мало циклов заряд/разряд; сложное и дорогое устройство зарядных устройств;

На основании проведённых исследований и расчётов можно сделать вывод, что наиболее оптимальной для использования будет сборка из литий-железо-фосфатных ячеек 24 В 100 А*ч, т.к. они обладают наименьшим перечнем недостатков по сравнению с аналогами, а также являются компромиссным вариантом в соотношении цена/вес/габариты.

Благодарности. Исследования проводятся в рамках гранта №ВНО10/2021 «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Типы аккумуляторов [Электронный ресурс] <https://www.topon.com/tipi-akkumulyatorov/> (дата обращения: 11.11.2022)

2. Лямин М. А. Макетирование транспортного робота / М. А. Лямин, С. А. Васильченко // V Всероссийская национальная научная конференция молодых учёных «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований» / г. Комсомольск-на-Амуре пр. Ленина, 27, КнАГУ 11-15 апреля 2022 г.

Черный Сергей Петрович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherniy Sergey Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Electric Drive and Automation of Industrial Installations Department, Komsomolsk-na-Amure State University

Лямин Михаил Андреевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liamin Mikhail Andreevich, master student, Komsomolsk-na-Amure State University

Милютин Илья Вячеславович, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Milyutin Ilya Vyacheslavovich, master student, Komsomolsk-na-Amure State University.

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИЕЙ СОРТИРОВКИ ЗАГОТОВОК ПО ИХ ФИЗИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

ALGORITHM FOR CONTROLLING THE TECHNOLOGICAL LINE FOR SORTING WORKPIECES BY THEIR PHYSICAL CHARACTERISTICS

Аннотация. В работе представлен анализ основных технологических параметров оказывающих влияние на процесс сортировки заготовок по их физическим признакам, показаны аналоги существующих технических решений. Определены подходы решению проблем связанных с выбором исполнительных механизмов и программно-аппаратных средств автоматизации.

Abstract. The paper presents an analysis of the main technological parameters influencing the process of sorting blanks by their physical characteristics, showing analogues of existing technical solutions. Approaches to solving problems related to the choice of actuators and software and hardware automation tools are defined.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, мехатронный модуль, линия сортировки

Key words: automated control system, mechatronic module, sorting line.

Основным назначением систем автоматизации технологическими процессами является возможность комплексного решения совокупности задач, позволяющих в итоге заменить ручной труд набором аппаратных средств. Учитывая снижение влияния человеческого фактора на производственный процесс происходит снижение сложности выполняемых человеком задач или вообще его исключения из ряда технологических циклов. За счет применения современных технологий и задействования их на всех уровнях производства появляется возможность контролировать процессы на предприятии в режиме реального времени [1].

Для управления работой всех компонентов и модулей технологических линий в современных условиях используются программируемые логические контроллеры.

В следствие чего на сегодняшний день все больше становятся востребованными профессии, связанные с автоматизацией и роботизацией промышленных процессов. Предприятия начинают чаще вкладываться в развитие автоматизированных производств, при этом возрастает спрос на высококвалифицированных специалистов по автоматизации управления техническими процессами для настройки, отладки и дальнейшей эксплуатации роботизированного оборудования.

При подготовке будущих специалистов очень важно дать полное понимание работы технологической линии для её дальнейшей автоматизации. Для этого можно ис-

пользовать макеты этих линий в качестве лабораторных стендов, имитирующих часть линии или же полный технологический процесс. Наглядное представление ускорит понимание принципов работы данного процесса, что в свою очередь позволит будущему специалисту грамотно составить управляющую программу для автоматизации технологического процесса. [2]

Основным технологическим процессом для создания модели стенда был выбран процесс сортировки заготовок по их физическим признакам. Такие технологические линии широко применяются в автоматизированных производствах в том числе и роботизированных использующих разнообразную вычислительную технику.

В упрощенном виде технология сортировки грузов выглядит следующим образом. Установленный на конвейере поддон с грузом, по заданной траектории распределяться по ряду различных направлений, в соответствии с определенным заказом или маршрутом доставки. Большинство конвейерных систем применяются для выполнения коробочных заказов. В таких случаях поддон или тара снимается с транспортировочного устройства, на нее устанавливается адресник, например, в виде штрих-код, а далее запускается процесс сортировки на конвейере по заранее установленным маршрутам и алгоритмам. Сборка одного паллета может содержать ряд деталей, который распределяется по адресам различных пользователей. Сканер считывает со штрих-кода номер рампы, когда груз перемещается по конвейеру, и передает его на устройство управления сортировкой. Контроллер, в свою очередь, подает команду на механизм коллайдера определенного канала.

Применяемая на современном производстве конвейерная техника позволяет решать как задачи по транспортировке паллет, так и по их сортировке по заданным алгоритмам с учетом сложности технологических циклов. Такие сложные траектории перемещения поддонов связаны с использованием целого набора различных передаточных модулей, либо и их комбинации, например, сочетания подъемных роликовых столов, перестановочных цепных механизмов, стандартных конвейеров и т. п. Такие алгоритмы сортировки, как правило, ориентированы на использовании штрих-кода нанесенного на паллету как носителя информации о номере портала куда должен быть перемещен соответствующий поддон с грузом.

Для реализации таких технологий транспортировки и реализация таких систем осуществляется на основе совокупности различных принципов. Например, за основу могут быть взяты, ременчатые передаточные механизмы, роликовые толкатели, скоростные ползунковые толкатели. Применение необходимого класса оборудования будет зависеть от требуемых показателей качества и производительности.

С учетом налагаемых требований на систему регулирования выдвигаемых на основе взаимодействия с технологическим процессом возникает задача, связанная с необходимостью реализации подсистемы управления элементами технологического оборудования.

С учетом перечисленных требований функциональная структура системы имеет вид, приведенный на рисунке 1.

Промышленный логический контроллер принимает сигналы с набора датчиков, после чего начинает обрабатывать основная программа, в ходе выполнения которой контроллер отдаёт команды исполняющим устройствам, представляющими из себя набор пневмоцилиндров и электродвигателя.

Драйвер передаёт сигнал с контроллера и запускает или останавливает электродвигатель, управляющий транспортным конвейером.

Первый пневмоостров отвечает за работу устройств станции выдачи заготовок. Он через него выполняются команды по втягиванию и выдвиганию штока пневмоцилиндра, управляется поворотный модуль и выполняется управление генератор вакуума.

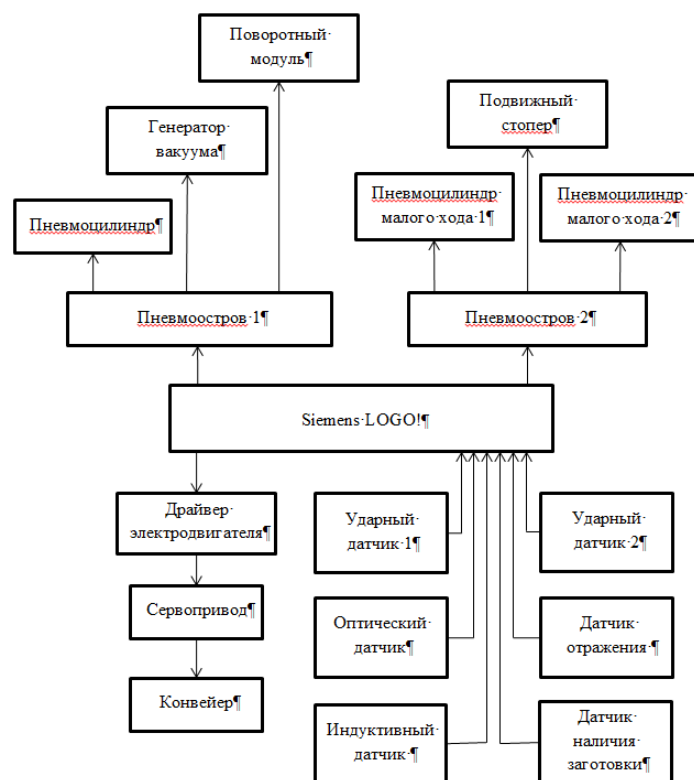


Рисунок 1 – Функциональная схема системы управления технологической линией сортировки

Второй пневмоостров отвечает за работу устройств станции сортировки заготовок. Через него осуществляется управление останавливающим пневмоцилиндром, а также двумя пневмоцилиндрами короткого хода, отвечающими за сортировку конкретных заготовок по их типам складов [3].

В ходе дальнейших исследований необходимо решить следующий ряд задач: выбор исполнительных устройств и набор датчиков для моделирования технологической линии по сортировке изделий по их физическим признакам; выбор промышленного логического контроллера для обработки сигналов с датчиков и управления исполнительными устройствами; разработка принципиальных электрических и пневматических схем основных узлов; разработка управляющей программы для промышленного логического контроллера.

Благодарности. Представленные в тезисах наработки реализуются согласно условиям гранта «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности» №ВН010/2021.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Герц, Е.В. Пневматические устройства и системы в машиностроении / Е.В. Герц. – Машиностроение 1981 г. 110 с.
2. Логическое реле SIEMENS LOGO! [Электронный ресурс] Устройство и подключение – URL: <http://logicheskie/rele/siemens/logo> (дата обращения: 21.03.2022)
3. Милютин, И.В. Макетирование автоматизированной технологической линии / И.В. Милютин, С.А. Васильченко // V Всероссийская национальная научная конференция молодых учёных «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований» / г. Комсомольск на Амуре пр. Ленина, 27, КнАГУ 11-15 апреля 2022 г.

Черный Сергей Петрович, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherny Sergey Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department «Electric Drive and Automation of Industrial Installations», Komsomolsk-na-Amure State University

Молокоедов Михаил Анатольевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Molokoedov Mikhail Anatolievich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Лямин Михаил Андреевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liamin Mikhail Andreevich, master student, Komsomolsk-na-Amure State University

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ РАЗВИТЫХ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ

IMPLEMENTATION OF PROCEDURES FOR MANAGING COMPLEX TECHNOLOGICAL PROCESSES BASED ON DEVELOPED FUZZY SYSTEMS

Аннотация. В работе представлен один из возможных подходов к реализации процедур управления интеллектуальными системами, основанными на многокаскадном нечетком логическом регуляторе; показаны особенности объектов регулирования и технологических процессов, для которых целесообразно применение таких законов управления; намечены возможности по дальнейшему расширению нечетких систем с точки зрения интеллектуальности и информативности.

Abstract. The paper presents one of the possible approaches to the implementation of control procedures for intelligent systems based on a multi-stage fuzzy logic controller; shows the features of regulatory objects and technological processes for which the application of such control laws is appropriate; outlines the possibilities for further expansion of fuzzy systems in terms of intelligence and informativeness.

Ключевые слова: интеллектуальная система управления, многокаскадный нечеткий логический регулятор, сложный объект регулирования, технологический процесс.

Key words: intelligent control system, multi-stage fuzzy logic controller, complex object of regulation, technological process.

В настоящее время основу интеллектуальных систем управления технологическими процессами (ТП) составляют системы, основанные либо на нейросетевом подходе, либо на базе теории нечетких множеств. При этом необходимо отметить, что именно нечеткие логические регуляторы (НЛР) составляют основу модулей управления для локальных систем нижнего уровня в иерархической структуре АСУТП. Основными направлениями развития нечетких систем управления технологическими процессами являются гибридные системы, для которых характерно выполнение настроек регуляторов с применением нейронных сетей, внедрение дополнительных параметров в основные блоки (фаззификация и дефаззификация) регуляторов с целью получения более гибких вариантов настроек [1], а также оптимизацией ряда параметров с учетом требований к аппаратной реализации. При этом необходимо отметить, что первые два условия приводят к повышению интеллектуальности и параметрической сложности нечетких регуляторов, а последнее условие имеет эффект обратный, поскольку доступная

аппаратная база требует упрощения целого ряда характеристик нечетких систем, например, аппроксимированного вида функций принадлежности, минимизации объема базы знаний или применения упрощенных вариантов алгоритмов выводов [3].

В целом применение интеллектуальных подходов к реализации алгоритмов управления базируется на главном тезисе о целесообразности и необходимости их применения при наличии или отсутствии возможностей к реализации классических законов регулирования [2, 5]. Таким образом, внедрение нечетких систем управления будет напрямую связано с качеством формализации самого объекта или технологического процесса. Качество такой формализации будет определяться целым набором свойств объекта регулирования, среди которых наряду с уникальностью и отсутствием объективных критериев оптимальности можно выделить большое количество информации о технологическом процессе заданной качественно, динамичность, как в части функционирования, так и изменения структуры, а также существенное влияние человеческого фактора как элемента структуры системы управления в целом.

С учетом свойств уникальных объектов регулирования, сложностями при их математическом описании внедрение нейросетевого принципа построения систем управления такими технологическими процессами повысит сложность с учетом самого аппарата описания нейронных сетей, а также дополнительных задач по выбору архитектуры сети, количества скрытых слоев, алгоритма обучения и даже вида и формы активационной функции отдельного нейрона. Для решения такого класса задач по управлению представляется удобным применение аппарата нечеткой логики с ее развитой понятийной составляющей. Однако нечеткая система управления, в ее классическом варианте, зачастую способна нейтрализовать лишь одно из возможных свойств сложного объекта регулирования.

Внедрение модульности и каскадности в структуру нечеткого логического регулятора [5] позволяет комплексно решать задачу по устранению негативного влияния целого ряда приведенных свойств (рисунок 1).



Рисунок 1 – Реализация процедур управления многокаскадным НЛР

Согласно функциональной схеме представленной на рисунке 1 можно сделать вывод, что гибкая структура развитой нечеткой системы позволяет сочетать в себе качества как классических регуляторов (КР) так и простейших модулей НЛР встроенных во внутренний каскад [6]. При этом повышение интеллектуальных свойств системы регулирования возлагается на НЛР внешнего каскада, который гибко сочетает в себе набор критериев, которые могут быть реализованы и классическими методами.

Технология многокаскадного управления на базе теории нечетких множеств позволяет встраивать в обобщенную структуру развитой интеллектуальной системы управления не только однородные модули, реализованные с использованием мягких

вычислений, но и регуляторы, выполненные с применением классических настроек и алгоритмов. Такая разнородная структура позволяет сочетать внутри интеллектуальной системы достоинства классических подходов для которых характерны высокое быстродействие, реализация критериев оптимальности относительно стандартных требований к технологическому процессу и положительные качества нечеткого подхода заключающиеся в возможности принятия решений в случаях возникновения нестандартных ситуаций на объекте управления в сочетании с неполнотой информации недостатками математического описания и наличия целого ряда критериев наложенных на систему управления.

При этом необходимо отметить, что целесообразность применения таких развитых систем управления технологическими процессами напрямую будет определяться сложностью объекта регулирования, качеством его математического описания, наличия детерминированных и недетерминированных воздействий, набором ограничений и допущений наложенных на его функционирование, требований определяющих желаемое состояние всей системы, а также взаимное влияние критериев управления, зачастую характеризующееся взаимными исключениями и даже противоречивостью. Кроме того, включение в состав интеллектуальной системы модулей построенных на классических принципах позволяет некоторым образом упростить реализацию такой системы на стандартных аппаратных платформах [7], поскольку задача ресурсосбережения остается актуальной для универсальных промышленных контроллеров.

Благодарности. Исследования проводятся в рамках гранта №ВНО10/2021 «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Piegat, A. Horizontal membership function and examples of its application / A. Piegat, M. Landowski. - International Journal of Fuzzy Systems, 2015, 17(1), pp. 22-30.
2. Стельмашук, С.В. Синтез следящего электропривода с контуром скорости, настроенного на модульный оптимум / С.В. Стельмашук, В.А. Бунаков. - Ученые записки КнАГТУ, Комсомольск-на-Амуре, 2016, Т.1, № 4(28), 2016 «Науки о природе и технике». – С.54-62.
3. Соловьев, В.А. Нечеткое управление в системе регулирования позиционных электроприводов стержневой установки / В.А. Соловьев, Н.Е. Дерюжкова, В.В. Тетерин. - Научно-технический вестник Поволжья, 2019. № 5. - С. 77-80.
4. Черный С.П. Один из подходов к моделированию двухкаскадной нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока с двухзонным регулированием скорости / С.П. Черный, В.А. Соловьев, А.В. Бузикаева, С.И. Сухоруков. – Электротехнические системы и комплексы. 2022. №2 (55). С. 32-39.
5. V.I. Susdorf, A.S. Meshkov and M.T. Aung, International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon, Vladivostok, 2018), p. 8602556. DOI: 10.1109/FarEastCon.2018.8602556.
6. Cherniy S.P. Analysis of approaches to modelling the fuzzy control systems with extension of their functional capabilities / S.P. Cherniy, A.V. Buzikayeva, V.I. Susdorf, V.N. Khrulkov. - EAI Endorsed Transactions on Energy Web, 2020, ew 18: e19. DOI:10.4108/eai.13-7-2018.165496
7. Черный, С.П. Особенности реализации нечетких алгоритмов управления на базе программируемых логических контроллеров // С.П. Черный, В.Н. Хрульков - Ученые записки КнАГУ 2022 № 1(57) «Науки о природе и технике». – С. 52-62.

Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherniy Sergey Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Electric Drive and Automation of Industrial Installations Department, Komsomolsk-na-Amure State University

Облогин Данил Юрьевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Oblogin Danil Urievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТЫХ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

FEATURES OF MODELING OF DEVELOPED FUZZY CONTROL SYSTEMS FOR COMPLEX TECHNOLOGICAL OBJECTS

Аннотация. В рамках данной работы были определены основные функциональные элементы нечетких логических регуляторов. Показаны направления развития нечетких систем управления и повышения их интеллектуальных возможностей для управления технологическими процессами с учетом возможных особенностей по их реализации аппаратными средствами. Приведены определения всех выделенных функциональных элементов, а также выполнено описание общего подхода к синтезу нечеткого логического регулятора.

Abstract. Within the framework of this work, the main functional elements of fuzzy logic controllers were identified. The directions of development of fuzzy control systems and increasing their intellectual capabilities for controlling technological processes, taking into account possible features for their implementation by hardware, are shown. The definitions of all the selected functional elements are given, as well as a description of a general approach to the synthesis of a fuzzy logic controller.

Ключевые слова: интеллектуальная система управления, нечеткий логический регулятор, терм-множество, нечеткое множество, лингвистическая переменная, функция принадлежности.

Key words: intelligent control system, fuzzy logic controller, term set, fuzzy set, linguistic variable, membership function.

Основными направлениями развития интеллектуальных систем управления технологическими объектами на текущий момент являются нейронные сети и системы, основанные на нечетком подходе. Оба принципа реализации систем управления обладают определенным набором достоинств и недостатков как относительно классических методов, так и в сравнении друг с другом. Для нейронных сетей главным преимуществом является развитый математический аппарат, модульность организации и относительно простая реализация на вычислительных средствах с высокой производительностью. Представленные достоинства становятся недостатками в условиях реализации таких интеллектуальных систем на аппаратной базе локальных объектов автоматизации, которые функционируют на стандартных промышленных контроллерах в условиях ограниченности вычислительных ресурсов. Нечеткие системы управления также оказывают высокую нагрузку на вычислительные мощности аппаратных средств систем управления в части реализации продукционных баз знаний и форм и видов применяемых функций принадлежности и механизмов выводов [1]. Однако такие системы позволяют получить формальное представление об объекте управления на понятийном

уровне с применением качественного подхода к формированию информации. Классические подходы компактны, как с точки зрения реализации управляющего воздействия, так и в части используемого математического аппарата, но при этом такие методы характеризуются отсутствием вариативности и гибкости [4,5].

Предложенная технология многокаскадного нечеткого управления позволяет учитывать при реализации интеллектуальных систем ряд достоинств нейросетевого и классического подходов. Например, структурно каскадная реализация нечеткого регулятора является некоторым заимствованием архитектуры многослойных сетей, внедрение классических регуляторов во вложенные каскады наряду с нечеткими модулями позволит повысить быстродействие при формировании комплексного сигнала управления, а простота понятийного описания нечеткой системы даст возможность снизить влияние качественного характера информации при формализации технологического объекта [6,7].

В рамках данной работы проведен анализ возможностей по расширению интеллектуальных возможностей нечетких систем управления технологическими процессами. Выявлены преимущества применения интеллектуальных подходов при реализации процедур управления сложными техническими объектами и определены те объекты регулирования, для которых применение предложенной технологии представляется целесообразным. Представлено функциональное назначение основных элементов многокаскадных нечетких регуляторов с учетом применяемых сочетаний механизмов выводов, на основании представленных сочетаний нечетких алгоритмов показаны особенности структурных решений по моделированию нечетких многокаскадных систем управления техническими объектами.

Реализация определенных «разумных», человекоподобных рассуждений - действий, сосредоточенных на достижении определенной цели в конкретной предметной области является основной функцией интеллектуальных САУ, качественно отличающих их от других САУ. В современном мире одной из основных задач стал синтез интеллектуальных систем управления на базе нечетких логических регуляторов [2,3].

Нечеткий логический регулятор представляет собой набор следующих элементов: лингвистические переменные обозначающие вход и выход регулятора, метода приведения к четкости и блок правил (рисунок 1).

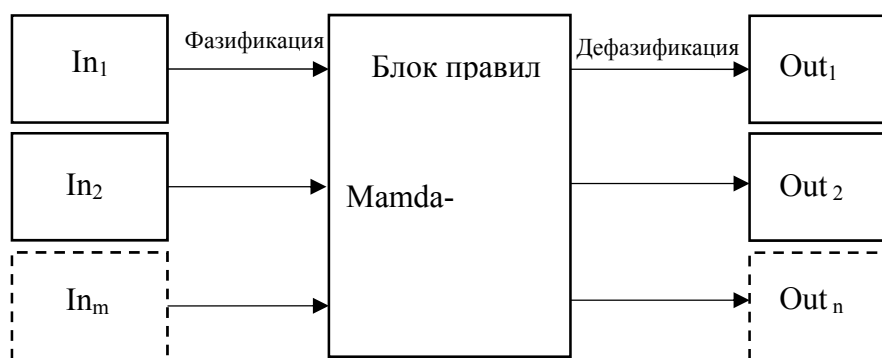


Рисунок 1 – Элементы нечеткого логического регулятора

На рисунке видно, что нечеткий логический регулятор может иметь несколько входов и выходов и их количество может не совпадать.

Для качественной настройки нечеткого логического регулятора необходимо знать диапазон входных сигналов и диапазон желаемого выходного сигнала. Зная данные величины можно задать интервалы определения лингвистических переменных входа и выхода.

Далее необходимо определиться с методом приведения к четкости. В настоящее время существует множество подобных методов. Основными считаются метод

Mamdani и Sugeno. Названные так в честь ученых, разработавших данные методы приведения к четкости.

Формирование базы правил нечеткого логического регулятора, а также распределение термов в рамках входных и выходных лингвистических переменных осуществляется в зависимости от потребностей к системе управления на базе нечеткого логического регулятора, которые задаются экспертом.

Для получения корректно функционирующего модуля системы управления, после формирования первичной настройки нечеткого логического регулятора, на основе знаний эксперта и предъявленных им требований, необходимо провести ряд исследований, в которых будет определяться возможность работы разработанного модуля в разных режимах функционирования системы управления.

Таким образом, формирование вложенного модуля развитой нечеткой системы целесообразно формировать с применением простейшего нечеткого модуля имеющего единственную лингвистическую переменную на входе и выходе, набор функций принадлежности аппроксимированного вида, распределенных по диапазону регулирования равномерно. Основным различием между элементами внутреннего каскада будут вариации связанные с изменением областей определения выходных лингвистических переменных, которые и будут задавать необходимый вид закона регулирования. Классификация состояний объекта регулирования и выбор необходимого сигнала управления, либо совокупности таких сигналов осуществляется нечетким контроллером внешнего каскада, функционирующего в условиях многокритериальности.

Благодарности. Исследования проводятся в рамках гранта №ВНО10/2021 «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Piegat, A. Horizontal membership function and examples of its application / A. Piegat, M. Landowski. - International Journal of Fuzzy Systems, 2015, 17(1), pp. 22-30.
2. Стельмашук, С.В. Синтез следящего электропривода с контуром скорости, настроенного на модульный оптимум / С.В. Стельмашук, В.А. Бунаков. - Ученые записки КнАГТУ, Комсомольск-на-Амуре, 2016, Т.1, № 4(28), 2016 «Науки о природе и технике». – С.54-62.
3. Соловьев, В.А. Нечеткое управление в системе регулирования позиционных электроприводов стержневой установки / В.А. Соловьев, Н.Е. Дерюжкова, В.В. Тетерин. - Научно-технический вестник Поволжья, 2019. № 5. - С. 77-80.
4. Черный С.П. Один из подходов к моделированию двухкаскадной нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока с двухзонным регулированием скорости / С.П. Черный, В.А. Соловьев, А.В. Бузикаева, С.И. Сухоруков. – Электротехнические системы и комплексы. 2022. №2 (55). С. 32-39.
5. V.I. Susdorf, A.S. Meshkov and M.T. Aung, International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon, Vladivostok, 2018), p. 8602556. DOI: 10.1109/FarEastCon.2018.8602556.
6. Cherniy S.P. Analysis of approaches to modelling the fuzzy control systems with extension of their functional capabilities / S.P. Cherniy, A.V. Buzikayeva, V.I. Susdorf, V.N. Khruklov. - EAI Endors Transactions on Energy Web, 2020, ew 18: e19. DOI:10.4108/eai.13-7-2018.165496
7. Черный, С.П. Особенности реализации нечетких алгоритмов управления на базе программируемых логических контроллеров // С.П. Черный, В.Н. Хрульков - Ученые записки КнАГУ 2022 № 1(57) «Науки о природе и технике». – С. 52-62.

Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherny Sergey Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Electric Drive and Automation of Industrial Installations Department, Komsomolsk-na-Amure State University

Охотников Александр Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Okhotnikov Alexander Vladimirovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ ПРИ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ КРЕНАХ

FEATURES OF PLATFORM SIMULATION IN LONGITUDINAL AND TRANSVERSAL ROLLS

Аннотация. В представленной работе рассматриваются особенности моделирования высокотоннажной транспортной платформы при продольных и поперечных кренах, вызванных целым рядом возмущающих воздействий. Рассмотрен подход по снижению возникающих рисков, связанных с дорожным покрытием, скоростью бокового ветра и выходом из строя элементов подвески с помощью применения нечеткой логики.

Abstract. In the presented work, the features of modeling a high-tonnage transport platform with longitudinal and transverse rolls, causing massive disturbances in a row, are considered. Choosing an approach to apply risks associated with risk, crosswind hazard and suspension elements design exit using fuzzy logic.

Ключевые слова: нечеткий логический регулятор, угол отклонения, гидроцилиндр, траловая система.

Key words: fuzzy logic controller, deflection angle, hydraulic cylinder, trawl system.

В настоящее время перевозка высокотонажных грузов (крупных карьерных самосвалов) осуществляется при помощи модульного составления траловых систем. Модульная платформа имеет сложную гидравлическую систему, которая должна обеспечивать плавность хода, демпфирование неровностей дорожного покрытия и надежное положение установленного груза. Зачастую транспортировка с использованием дорожной сети общего пользования не представляется возможной, в следствие ее качества, что приводит к необходимости возведения дополнительных путей доставки высокотонажных грузов. Показанные ограничивающие факторы приводят, как к существенным экономическим затратам, так и к снижению ряда технических характеристик: от скорости перемещения объекта, до снижения пропускной способности участка дорожной сети [1].

С учетом выше обозначенных требований для транспортного модуля можно определить следующий набор возмущающих воздействий:

- неровности дорожного покрытия;
- радиус поворота полотна дороги;
- скорость бокового ветра;
- выход из строя подвесной системы.

Применение интеллектуальных подходов при регулировании элементов гидравлической системы может позволить снизить возможные риски, связанные с неровностью дорожного покрытия, скоростью бокового ветра и выходом из строя элементов подвески. Основная задача НЛР (нечеткого логического регулятора), структурно реализованного по иерархической схеме из двух каскадов [2], заключается в стабилизации платформы в пространстве по горизонтали, путем подачи управляющего сигнала на не-

четкие логические контроллеры внутреннего каскада [3]. Пространственное положение платформы изменяется относительно двух осей: X и Y (рисунок 1).

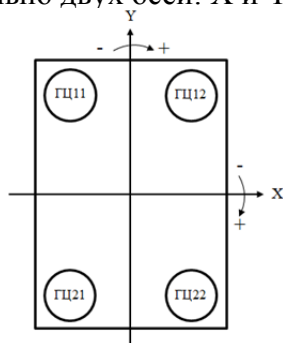


Рисунок 1 – Упрощенная функциональная схема гидравлической системы полуплатформы

Опираясь на принятые ранее допущения, рассмотрим модель полуплатформы, состоящую из 4 гидроцилиндров. Данная модель упрощает математическое описание системы, но позволяет сохранить качественные характеристики.

Траловая система представляет собой абсолютно жесткую пластину, не подвергающуюся скручиванию и изгибам, размер платформы – 4200x3000 мм.

Максимальный угол отклонения платформы продольно по оси X достигается при условии, что гидроцилиндры 21 и 22 выдвинуты на 0,5 м, а гидроцилиндры 11 и 12 полностью втянуты (рисунок 1). Рассчитаем максимальный угол отклонения платформы по оси X (рисунок 2):

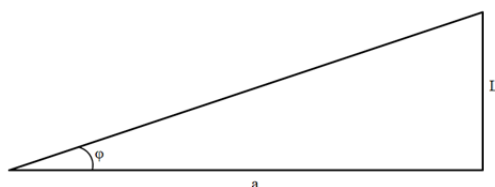


Рисунок 2 – Расчет максимального угла отклонения платформы по оси X
Длина платформы, мм:

$$a = 4200. \quad (1)$$

Ход поршня, мм:

$$L = 500. \quad (2)$$

Тангенс угла φ :

$$\tan \varphi = \frac{L}{a}; \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{500}{4200} = 0.119. \quad (4)$$

Определим значение угла φ , град:

$$\varphi = 6. \quad (5)$$

Максимальный угол отклонения платформы поперечно по оси Y достигается при условии, что гидроцилиндры 11 и 21 выдвинуты на 0,5 м, а гидроцилиндры 12 и 22 полностью втянуты. Рассчитаем максимальный угол отклонения платформы по оси Y:

Ширина платформы, мм:

$$b = 3000. \quad (6)$$

Ход поршня, мм:

$$L = 500. \quad (7)$$

Тангенс угла τ :

$$\tan \tau = \frac{L}{b}; \quad (8)$$

$$\tan \tau = \frac{500}{3000} = 0.166. \quad (9)$$

Определим значение угла τ , град:

$$\tau = 9. \quad (10)$$

Таким образом, моделирование данных, полученных от датчика горизонтального положения, осуществляется путем подачи возмущающих воздействий на две коор-

динаты системы – X и Y . Диапазоны значений координат $X = \pm 6^\circ$ и $Y = \pm 9^\circ$, обусловлены максимально возможным креном платформы относительно ее горизонтального положения. Превышение указанных предельных значений отклонения тросовой системы в продольном и поперечном направлении представляет собой ограничения критического характера, поскольку из-за существенных массогабаритных характеристик перемещаемого объекта его центр тяжести имеет завышенное положение и крепление такого груза не представляется возможным. Необходимо отметить, что крены платформы особенно в поперечном направлении могут быть вызваны не только качеством дорожного покрытия сети общего пользования, но и климатическими факторами, например боковым ветром и высокой парусностью установленного груза. Именно решение о компенсации недетерминированных возмущающих воздействий не может быть реализовано путем задания предустановок подвесной системы вручную и возлагается на многокаскадную нечеткую систему.

Благодарности. Исследования проводятся в рамках гранта №ВНО10/2021 «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Стельмашук, С.В. Синтез следящего электропривода с контуром скорости, настроенного на модульный оптимум / С.В. Стельмашук, В.А. Бунаков. - Ученые записки КНАГТУ, Комсомольск-на-Амуре, 2016, Т.1, № 4(28), 2016 «Науки о природе и технике». – С.54-62.

2. Черный С.П. Один из подходов к моделированию двухкаскадной нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока с двухзонным регулированием скорости / С.П. Черный, В.А. Соловьев, А.В. Бузикаева, С.И. Сухоруков. – Электротехнические системы и комплексы. 2022. №2 (55). С. 32-39.

3. Черный, С.П. Особенности реализации нечетких алгоритмов управления на базе программируемых логических контроллеров // С.П. Черный, В.Н. Хрульков - Ученые записки КНАГУ 2022 № 1(57) «Науки о природе и технике». – С. 52-62.

УДК 004.896

Черный Сергей Петрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электропривода и автоматизации промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherny Sergey Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Electric Drive and Safety of Industrial Installations, Komsomolsk-na-Amure State University

Сотников Илья Андреевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sotnikov Ilya Andreevich, graduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТОЙ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ ПИРОЛИЗА ДРЕВЕСИНЫ

MODELING OF A DEVELOPED FUZZY CONTROL SYSTEM FOR A MOBILE WOOD PYROLYSIS PLANT

Аннотация. В работе представлен синтез регуляторов на базе нечеткой логики с использованием алгоритмов логического вывода Мамдани и Сугено. Кроме того, приведен сравнительный анализ пассивной системы управления с нечеткой многокаскадной системой регулирования и простейшей нечеткой системой управления. Показаны особенности моделирования развитых интеллектуальных систем управления построенных

на основе технологии многокаскадного нечеткого управления для мобильных установок пиролиза древесины.

Abstract. The paper presents the synthesis of controllers based on fuzzy logic using the Mamdani and Sugeno inference algorithms. In addition, a comparative analysis of a passive control system with a fuzzy multi-stage control system and the simplest fuzzy control system is given. The features of modeling of developed intelligent control systems based on multi-stage fuzzy control technology for mobile wood pyrolysis plants are shown.

Ключевые слова: нечеткая система управления, многокаскадный логический регулятор, нечеткое моделирование, пиролизная установка, нечеткий логический регулятор.

Key words: fuzzy control system, multistage logic controller, fuzzy modeling, pyrolysis plant, fuzzy logic controller.

Системы управления тепловыми и теплоэнергетическими процессами успешно исследуются и совершенствуются как в нашей стране, так и за рубежом. Несмотря на это вопросам управления процессом пиролиза древесины, особенно в мобильных углевыжигательных печах, до настоящего времени уделялось недостаточно внимания. Основным фактором, обуславливающим низкое качество конечного продукта, является отсутствие должного управления, и как следствие невысокий выход древесного угля.

Применение классических подходов для реализации систем управления такими установками ограничивается в первую очередь из-за сложной конструкции печи и большого числа, входящих в нее элементов, трудностью описания ряда параметров количественными характеристиками. Все это затрудняет математическое описание объекта управления вследствие чего возникает необходимость принимать значительный ряд допущений, который приводит к снижению показателей точности системы [1].

Известные примеры применения принципов нечеткого управления в основном ориентированы на разработку и исследование экспертных систем, а связанных работ с применением этих принципов для сложных технических объектов не так много. Это можно объяснить тем, что математическое описание нечетких систем управления имеет нетрадиционный характер. Модели таких систем на данном этапе слабо приспособлены для анализа и синтеза.

Следовательно, является актуальным проведение моделирования для определения возможностей реализации нечетких систем управления теплотехнических установок обозначенного класса.

Структурная схема, представленная на рисунке 1, представляет собой базовую модель пиролизной установки с пассивным способом регулирования, построенную с учетом целого ряда упрощающих допущений [2].

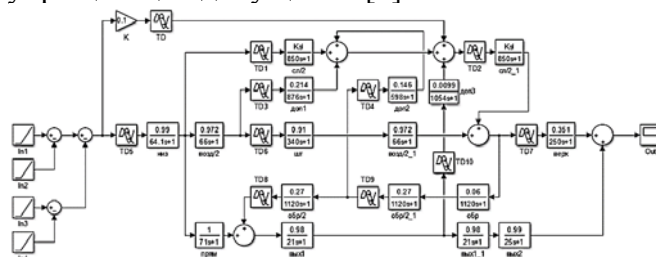


Рисунок 1 – Упрощенная математическая модель пиролизной установки с пассивным способом регулирования в среде Matlab

Представленная упрощенная математическая модель основана на базе классических подходов и позволяет отслеживать только протекание процесса углежжения, также в ходе моделирования данной модели не производится регулирование каких-либо параметров объекта.

Следуя из вышесказанного, цель задачи управления будет заключаться в уменьшении неточности регулирования, вызванной рядом упрощающих допущений, а также в снижении воздействий некоторых возмущений, оказываемых на систему.

Синтез и моделирование нечеткой многокаскадной системы управления будет производиться с применением пакета Fuzzy Logic Toolbox в Matlab.

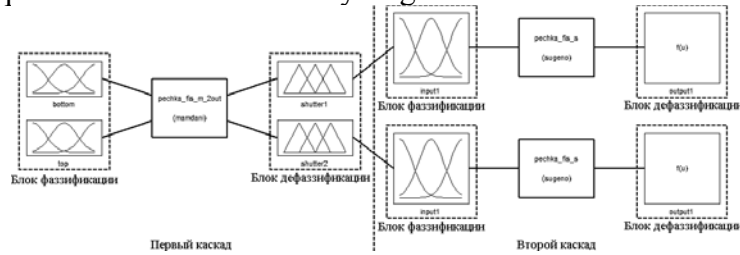


Рисунок 2 – Функциональная схема многокаскадного нечеткого регулятора

Нечеткий регулятор будет состоять из двух каскадов (рисунок 2), использующий алгоритмы логического вывода Мамдани для первого каскада и Сугено для второго каскада соответственно [3]. Выбор таких алгоритмов вывода обусловлен затруднением согласования нечетких логических регуляторов между каскадами, а также различием диапазонов изменения величины информационных входов. Кроме того, для придания моделируемой системе некоторых свойств универсальности второй каскад системы управления будет содержать абсолютно одинаковые нечеткие логические регуляторы. Сигналы управления, формируемые регуляторами, использующими алгоритм логического вывода Сугено первого порядка во втором каскаде, будут суммироваться в итоговое управляющее воздействие многокаскадного нечеткого регулятора.

На входе первого каскада нечеткого регулятора находятся две лингвистических переменных: *bottom* формализующая понятие «температура низа» и *top* формализующая понятие «температура верха».

Входная лингвистическая переменная *bottom* («температура низа») принимает значения: *mf1* – «нулевое», *mf2* – «минимальное», *mf3* – «среднее», *mf4* – «большое», *mf5* – «максимальное».

На области определения терм-множества лингвистической переменной *bottom* равномерно расположены пять нечетких термов с применением z-образных функций принадлежности, треугольного вида (рисунок 3).

Вторая входная переменная регулятора *top* («температура верха») имеет аналогичное распределение нечетких термов, с учетом диапазона изменения величины входного сигнала.

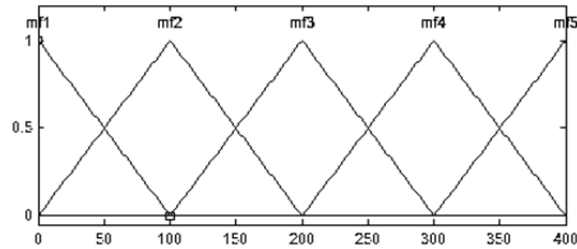


Рисунок 3 – Распределение нечетких термов лингвистической переменной «температура низа»

Лингвистические переменные *input1*, *shutter1*, *shutter2* являются промежуточными и определяют одновременно блоки дефаззификации для нечеткого регулятора Мамдани первого каскада (переменные *shutter1*, *shutter2*) и блоки фаззификации для нечетких регуляторов Сугено второго каскада (переменная *input1* для обоих регуляторов). Такие промежуточные лингвистические переменные будут как определять очередность включения последующих нечетких регуляторов, так и масштабировать входные управляющие сигналы второго каскада.

Выходные переменные второго каскада *output1* формализуют понятия – угол поворота шторы. Область определения примем условно диапазон $[-1; 1]$, как угол поворота технологической шторы (от 0° до 90°), где нулевое значение диапазона будет соответствовать углу в 45° . С учетом упрощенного алгоритма нечеткого вывода, переменные будут состоять из следующего набора констант: $[-1; -0.5; 0; 0.5; 1]$.

База знаний регулятора первого каскада состоит из семи продукционных правил вида:

Если bottom есть mf1 и top есть mf1, то «угол поворота первой шторы» есть mf5, «угол поворота второй шторы» есть mf5;

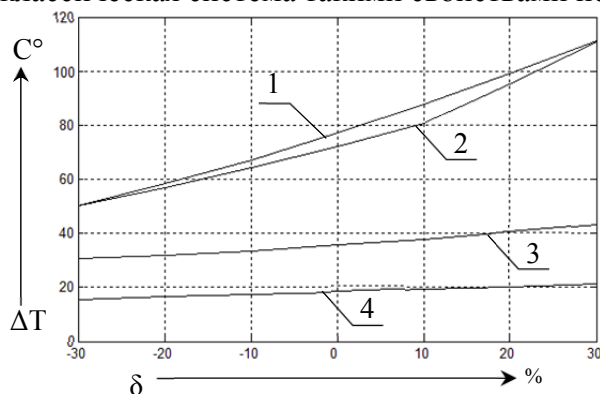
База знаний для каждого регулятора Сугено, расположенных во втором каскаде, будет состоять из пяти правил вида:

Если input1 есть mf1, то output1 = mf1 = -1;

Ниже представлена зависимость между отклонением температуры ΔT теплового поля в процессе углежжения и величиной нестационарного коэффициента возмущения звена $W_{сл/2}$ в диапазоне от -30% до +30% (рисунок 4).

В системе с двухкаскадным НЛР наблюдается наименьший разброс значений температурного рассогласования, чем в остальных системах. Кроме того, необходимо отметить, что система с раздельным регулирование шторами на базе одного нечеткого регулятора показала достаточно хорошие адаптивные свойства.

По наклону характеристики можно сделать вывод о поведении системы при воздействии на нее различных возмущений, как внешних, так и внутренних. Нечеткие системы управления менее восприимчивы к изменению возмущения и обладают некоторыми робастными свойствами в диапазоне изменения этого параметра [1]. При этом стоит отметить, что классическая система такими свойствами не обладает.



- 1 – классическая система; 2 – система с одним нечетким регулятором;
3 – нечеткая система управления с раздельным регулированием шторами;
4 – двухкаскадная нечеткая система управления

Рисунок 4 – График зависимости температурного рассогласования в процессе пиролиза от изменения нестационарного коэффициента

Таким образом, система управления с нечетким двухкаскадным регулятором в достаточно широких пределах остается невосприимчивой к действию внутренних возмущающих воздействий, т.е. на нее не оказывает существенного влияния нестационарность параметров объекта регулирования.

В дальнейшем, развивая концепцию многокаскадного нечеткого регулятора, существует возможность реализации систем управления, учитывающих достаточно большое количество различных информационных входных сигналов.

Благодарности. Исследования проводятся в рамках гранта №ВНО10/2021 «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Соловьев, В.А. Нечеткое управление в системе регулирования позиционных электроприводов стержневой установки / В.А. Соловьев, Н.Е. Дерюжкова, В.В. Тетерин. – Научно-технический вестник Поволжья, 2019. № 5. – С. 77-80.

2. Бакаев, В.В. К вопросу разработки математической модели тепловых процессов в углевых установках / В.В. Бакаев // Вестник Комсомольского-на-Амуре гос. техн. ун-та. Вып 2. Сб. 1. Часть 3. Прогрессивные технологии в машиностроении. – 2000. – С. 98-111.

3. Cherniy S.P. Analysis of approaches to modelling the fuzzy control systems with extension of their functional capabilities / S.P. Cherniy, A.V. Buzikayeva, V.I. Susdorf, V.N. Khrulkov. – EAI Endorsed Transactions on Energy Web, 2020, ew 18: e19. DOI:10.4108/eai.13-7-2018.165496

УДК 621.311.001

Шарифов Бохирджон Насруллоевич, ассистент кафедры «Автоматизированный электропривод и электрические машины», Таджикский технический Университет имени академика М.С.Осими

Sharifov Bohirjon Nasrulloevich, assistant of the department "Automated electric drive and electric machines" of the Tajik Technical University named after academician M.S.Osimi
Каримзода Чамшед Халим, к.т.н. доцент кафедры «Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем», Таджикский технический Университет имени академика М.С.Осими

Karimzoda Jamshed Halim, Associate Professor of the Department "Relay protection and automation of electric power systems" of the Tajik Technical University named after academician M.S.Osimi

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ С ВЕКТОРНОЙ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

MATHEMATICAL MODEL OF A FREQUENCY CONVERTER WITH VECTOR PULSE WIDTH MODULATION

Аннотация. В данной статье рассматривается анализ функционирования преобразователя частоты (ПЧ) на основе векторной широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Выявлены основные закономерности, описывающие электромагнитные переходные процессы в ПЧ. Разработаны математические и компьютерные модели ПЧ на основе векторной ШИМ.

Abstract. This article deals with the analysis of the functional scheme and electromagnetic transients of the inverter with vector PWM. The main patterns describing the electromagnetic transient processes in the inverter. Mathematical and computer inverter models based on vector PWM are developed.

Ключевые слова: моделирование, преобразователь частоты, асинхронный двигатель, ШИМ.

Key words: simulation, frequency converter, asynchronous motor, PWM.

Наиболее распространенным в настоящее время в системе регулирования координат электропривода (ЭП) с асинхронным двигателем (АД) являются преобразователи частоты (ПЧ) с ШИМ. Схема силовой части такого ПЧ изображена на рисунке 1.

В ПЧ с ШИМ на инвертор возложена функция регулирования не только частоты, но и амплитуды основной гармоники выходного напряжения при постоянстве напряжения в звене постоянного тока. Переход к широтно-импульсному способу формирования выходного напряжения существенно изменил свойства ПЧ. Преобразователи частоты с ШИМ имеет следующие достоинства относительно других видов ПЧ.

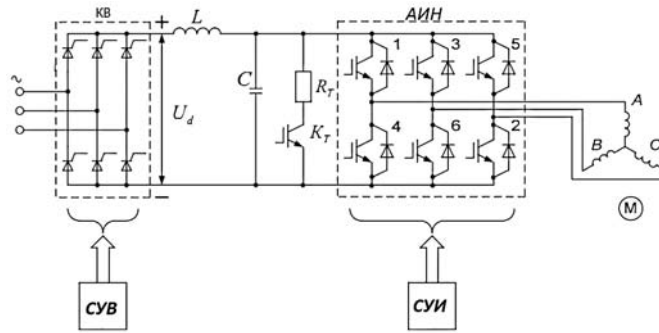


Рисунок 1 – Функциональная схема преобразователя частоты.

1. Форма выходного тока существенно приближается к синусоидальной.
 2. Улучшается равномерность вращения, расширяется диапазон регулирования скорости
 3. Значительно повышается быстродействие электропривода, т.к. силовой фильтр фактически исключен из каналов регулирования выходного напряжения ПЧ;
 4. Улучшается коэффициент мощности ПЧ как потребителя энергии.
- Известны следующие основные способы формирования ШИМ [1,2]:

1. Синусоидальный ШИМ основан на сравнения сигналов управления с некоторым опорным сигналом
2. Векторный способ ШИМ
3. Релейно-векторное формирование ШИМ в замкнутом контуре слежения за мгновенными значениями токовых ошибок (без принудительной модуляции).

В данной работе рассматривается векторный способ формирования ШИМ, который является одним из оптимальных и надежных методов в системе управления параметрами АД.

1. Суть метода, (векторной ШИМ), состоит в отказе от одновременной коммутации всех ключей инвертора за период коммутации (при синусоидальной ШИМ) и в переходе к коммутации между несколькими, заранее выбранными состояниями инвертора, каждое из которых соответствует определенному пространственному положению вектора результирующего напряжения, приложенного к двигателю (рисунок 2). Пространственное положение результирующего вектора определяется при переходе из трехфазной системы координат в двухфазную вращающегося со скоростью ω . Прямой и обратный переход из трехфазной системы координат к двухфазной вращающейся системе координат производится следующим образом (рисунок 2) [3,4];

$$\begin{cases} u_d = \frac{2}{3} \left[U_a \cos \gamma + U_b \cos\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right) + U_c \cos\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right), \right] \\ u_q = \frac{2}{3} \left[U_a \sin \gamma + U_b \sin\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right) + U_c \sin\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right). \right] \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} U_A = u_d \cos \gamma + u_q \sin \gamma + u_0, \\ U_B = u_d \cos\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right) + u_q \sin\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right) + u_0, \\ U_C = u_d \cos\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right) + u_q \sin\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right) + u_0. \end{cases} \quad (2)$$

где, $u_0 = \frac{1}{3}(U_A + U_B + U_C)$ – вектор нулевой составляющей.

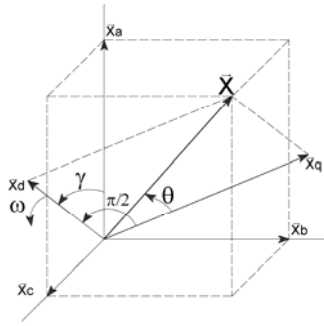


Рисунок 2 – Геометрическая интерпретация преобразования координат

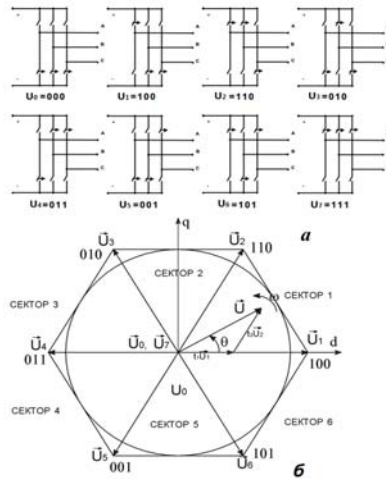


Рисунок 3 – Принцип формирования базового вектора выходного напряжения АИН: а) состояния ключей инвертора; б) принцип формирования базового вектора на плоскости.

Формирование базового вектора напряжения происходит за счет перехода одного в другое восьми различных состояний ключей инвертора (рисунок 3,а), шесть из которых образуют граничные векторы $S1 \dots S6 \rightarrow U1 \dots U6$ и два нулевые $S0, S7 \rightarrow U0, U7$ (рисунок 3 б). Путем последовательного включения двух смежных векторов состояния (образующих сектор), а также нулевого вектора, можно сформировать положение базового вектора выходного напряжения инвертора в каждом из шести секторов.

Модуль обобщенного вектора:

$$\vec{U} = |\vec{u}| = \sqrt{u_d^2 + u_q^2}, \quad (3)$$

Фаза обобщенного вектора:

$$\theta = \arctg \frac{u_d}{u_q}. \quad (4)$$

Вектор напряжения на выходе инвертора:

$$\vec{U} = \vec{U}_1 \frac{t_1}{T_{II}} + \vec{U}_2 \frac{t_2}{T_{II}}. \quad (5)$$

Расчет времени действие векторов на 1-ом секторе:

$$\begin{cases} t_1 = T_{II} a \cdot \frac{\sin(\frac{\pi}{3} - \alpha)}{\sin(\frac{\pi}{3})}, \\ t_2 = T_{II} a \cdot \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\frac{\pi}{3})}, \\ t_0 = T_{II} - (t_1 + t_2), \quad T_{II} = \frac{1}{f}, \quad a = \frac{3|\vec{U}|}{2U_{dc}}. \end{cases} \quad (6)$$

Расчет времени действие на других секторах:

$$\begin{cases} t_1 = \frac{\sqrt{3}T_{II} |\bar{U}|}{U_{dc}} \left(\sin\left(\frac{\pi}{3} - \alpha + \frac{n-1}{3}\pi\right) \right), \\ t_2 = \frac{\sqrt{3}T_{II} |\bar{U}|}{U_{dc}} \left(\sin\left(\alpha - \frac{n-1}{3}\pi\right) \right), \\ t_0 = T_{II} - (t_1 + t_2), \end{cases} \quad (7)$$

Учитывая систему уравнений (1)-(7) строится алгоритма математической модели ПЧ (рис.4.).

На основнии данного алгоритма строится компьютерная модель ПЧ с векторной ШИМ на базе программного комплекса Matlab/Simulink. Формы фазного и линейного напряжения ПЧ при шестикратном векторном ШИМ приведены на рисунок 5.

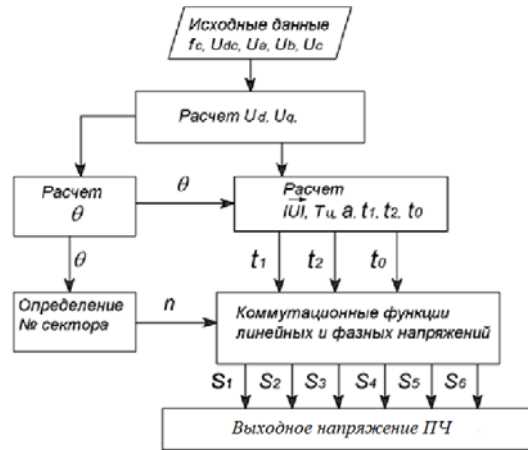


Рисунок 4 – Алгоритм программы математического моделирования ПЧ

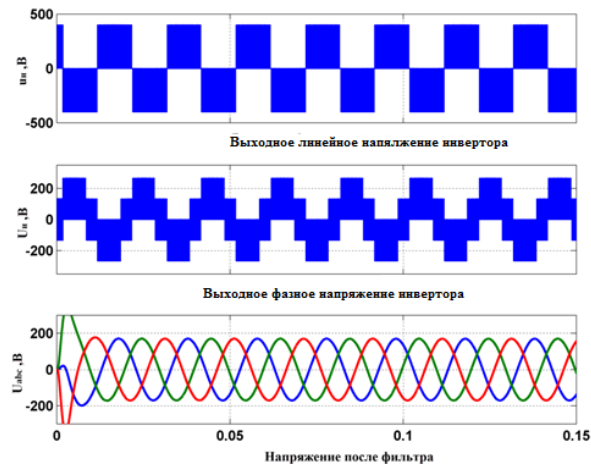


Рисунок 5 – Выходное напряжение ПЧ

Разработанная математическая модель ПЧ с векторной ШИМ имеет следующие достоинства относительно других методов ШИМ.

1. Уменьшается пульсация тока в фазах нагрузки;
2. Высокий коэффициент мощности;
3. Высокий коэффициент использования источника напряжения (на 15% больше чем синусоидальной ШИМ) [5];
4. Уменьшение частоты коммутаций ключей инвертора за период модуляции (на 33% по сравнению синусоидальной ШИМ) [5].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Holtz J. "Pulse width modulation for electronic power conversion," Proc. IEEE, vol. 82, pp. 1194 – 1214, 1994.
2. Козаченко В.Ф. Микроконтроллеры: Руководство по применению разрядных микроконтроллеров Intel MCS-196/296 во встроенных системах управления. — М.:Эком. — 1997. — 688 с.
3. Исмагилов Ф.Р., Шарифов Б.Н. Исследование параллельной работы солнечной электростанции с сетью. // Вестник уфимского государственного авиационного технического университета 2016 – №4(74), – с 71-79.
4. Крючков И. П. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник для вузов / И.П. Крючков, В.А. Старшинов, Ю.П. Гусев, М.В. Пираторов; под ред. И.П. Крюčkова. – 2-е изд., стереот. – М.:Издательский дом МЭИ, 2009 – 416 с.
5. Титяев Д. К., Мирошник Д.Н. Сравнительный анализ векторной и традиционной широтно-импульсной модуляции // «Автоматизация технологических объектов та процесів. Пошук молодих» ДонНТУ-2004 с 301-306.

УДК 629.584

Шушарин Никита Станиславович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shusharin Nikita Stanislavovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Савельев Дмитрий Олегович, старший преподаватель; Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Savelyev Dmitriy Olegovich, senior lecturer, Komsomolsk-na-Amure State University

ПОДВОДНЫЙ РОБОТ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ В ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЯХ

UNDERWATER ROBOT FOR WELDING IN HARD CONDITIONS

Аннотация. В приведенной статье предлагается способ усовершенствования технологии мокрой сварки, реализованной посредством управления роботом. Перечислены трудности, с которыми сталкивается сварщик под водой. Определено понятие мокрой сварки. Описан механизм работы робота, представляющего из себя телеуправляемый необитаемый подводный аппарат.

Abstract. This article proposes a way to improve the technology of wet welding, implemented by controlling the robot. The difficulties faced by a welder under water are listed. The concept of wet welding is defined. The mechanism of operation of the robot, which is a remote-controlled uninhabited underwater vehicle, is described.

Ключевые слова: мокрая сварка, подводный робот, манипулятор, датчик, ТНПА.

Key words: wet welding, underwater robot, manipulator, sensor, ROV.

Потребность в подводной сварочной технологии появилась в 1940-х годах, когда началось активное строительство магистральных газо- и нефтепроводов с преодолением многочисленных водных преград. На сегодняшний день количество задач по осуществлению сварочных работ под водой стремительно растёт. Данный вид сваривания применяется в следующих сферах: ремонтные работы судов, возведение причалов и портовых сооружений, построение буровых вышек и платформ, прокладка трубопроводов, строительство гидротехнических сооружений.

Мокрая сварка представляет собой соединение стальных элементов непосредственно в водной среде. В данном случае рабочий объект и водолаз-сварщик находятся в толще воды. Здесь в качестве дополнительных приспособлений выступают электроды для сварки под водой. Принцип работы заключается в том, что при интенсивном испарении воды и выделения газов образуется пузырь, внутри которого горит дуга [1].

Основное преимущество мокрой сварки перед сухой является маневренность. Для реализации сухой сварки требуется, полностью выгрузить на землю объект или организовать вокруг сварочного объекта под водой условия, при которых можно проводить сварочных работы, например, отсек с кислородом.

Мокрая сварка значительно экономит время и ресурсы, так как водолаз, работающий на глубине, способен беспрепятственно пробраться в труднодоступные места и выполнить работу без дополнительного специализированного оборудования.

Однако в настоящее время существует ряд сложностей при проведении сварки под водой: организм подводного сварщика во время работы испытывает давление воды; велик риск поражения током, так как вода хорошо пропускает через себя электрический ток; ограниченная видимость. Перечисленные трудности отражаются на качестве сварочных работ. В связи с этим перспективна реализация сварочных работ под водой без прямого участия человека [2,3].

В настоящее время активно развивается отрасль подводной робототехники. В качестве решения проблем сварочных работ под водой мы предлагаем использование автоматизированной системы сварки в виде телеуправляемого необитаемого подводного аппарата.

Телеуправляемый обитаемый подводный аппарат (ТНПА) – это подводный аппарат, часто называемый роботом, который управляется оператором или группой операторов (пилот, навигатор и др.) с борта судна. Аппарат связан с судном сложным грузонесущим кабелем, через который на аппарат поступают сигналы дистанционного управления и электропитание. Пилот находится на борту судна, поэтому аппарат обитаемый [4]. Поскольку аппарат выполнен из пластика, то утечка электрического тока на корпус невозможна.

В качестве навесного оборудования на ТНПА рекомендуем добавить манипулятор с электрододержателем, кабель «массы», а также электрод с водонепроницаемым покрытием. Манипулятор будет размещен на нижней горизонтальной части корпуса аппарата. Электрододержатель, зафиксированный на захвате манипулятора, обладает как минимум тремя степенями свободы, такое число достигается использованием в конструкции манипулятора кареточного актуатора с шаговым электродвигателем (рисунок 1).

Помимо этого, кривошипно-ползунный механизм дает возможность электрододержателю перемещаться еще в двух плоскостях. Сварочный инвертор должен располагаться на судне, а ток проходит по кабель-тросу, закрепленному на роботе, к сварочному объекту. Также ТНПА должен выдавать по кабель-тросу обратную связь, представленную в виде видеосигнала с камеры, жестко закрепленной в передней верхней части корпуса, и сигналы с датчиков [3].

Ниже на рисунке 2 представлена функциональная схема аппаратной части подводного робота для проведения сварочных работ в тяжелых условиях.

В данной концепции управляющими устройствами являются компьютер и микроконтроллер ТНПА. Пульт управления представляет из себя два джойстика: первый управляет перемещением аппарата, второй – манипулятором и процессом сварки. Движительно-рулевой комплекс нашего ТНПА обеспечивает, как и продольное, так и лаговое (боковое) перемещения. Такая особенность достигается путем установки горизонтальной группы из четырех движителей диагональным способом. Вертикальная группа движителей позволяет производить погружение-всплытие ТНПА, а также стабилизировать его по углам крена и дифферента.

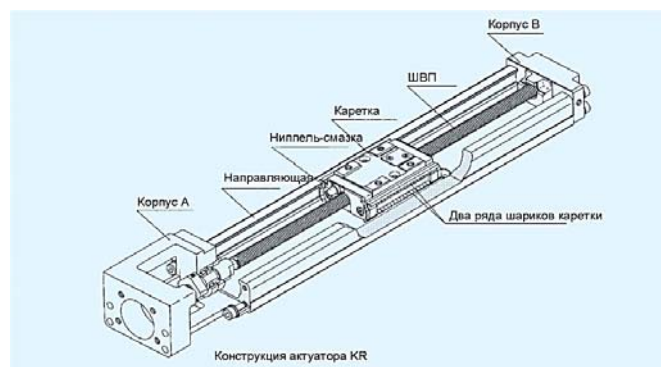


Рисунок 1 – Карточный актуатор

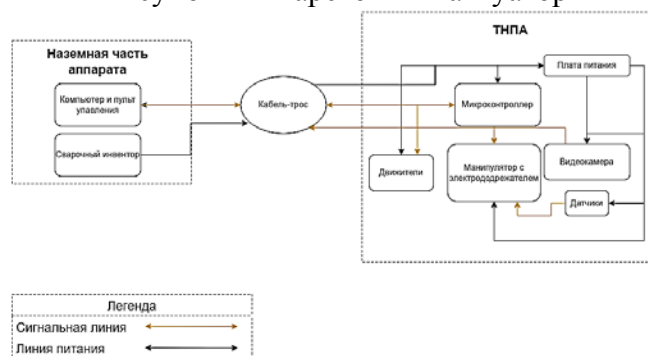


Рисунок 2 – Функциональная схема подводного робота

В процессе автоматизированной мокрой сварки необходимо контролировать следующие параметры: расстояние до сварочного объекта, глубину, температуру, давление, толщину металлической конструкции. Чтобы следить за этими параметрами в аппарате требуется добавить ряд датчиков: ультразвуковой датчик расстояния (дальномер), глубиномер, датчик температуры, ультразвуковой толщиномер [2].

Изложенная в статье информация и подход по применению мокрой сварки позволит усовершенствовать технологию сварки под водой при этом косвенно исключая человека из данного процесса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Авилов, Т. И. Исследование процесса дуговой сварки под водой / Т. И. Авилов // Сварочное производство. – 1958. – № 5. – С. 12–14 (дата обращения: 07.10.2022).
2. Бузикаева А.В., Черный С.П. Интеллектуальные подходы к моделированию сложных объектов В книге: научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. 2018. С. 241-244. (дата обращения: 07.10.2022).
3. Емельянов К.А., Черный С.П. Исследование методов аппаратной оптимизации алгоритмов управления сложных кинематических систем по быстродействию. В сборнике: Техника и технология современных производств. Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пенза, 2021. С. 15-18. (дата обращения: 07.10.2022).
4. Патон, Б.Е. К 100-летию сварки под водой / Б.Е. Патон, И.М. Савич // Автоматическая сварка. – 1987. – № 12. – С. 1–2 (дата обращения: 07.10.2022).
5. Савич И. М., Смолярко В. Б., Камышев М. А. Технология и оборудование для полуавтоматической подводной сарки металлоконструкций // Нефтепромысловое строительство. – 1976. – № 1. – С. 10–11 (дата обращения: 07.10.2022).
6. Сообщество IT специалистов Хабр [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://habr.com/ru/post/423959/> (дата обращения: 07.10.2022).

СЕКЦИЯ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ, ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 658.26

Ашуров Бободжон Каримович, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ashurov Bobojon Karimovich, master's student of Komsomolsk-na-Amure State University

Иванов Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ivanov Sergey Nikolayevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor Department of "Electromechanics", Komsomolsk-na-Amure State University

ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

IMPROVING ELECTRICAL SAFETY IN THE DESIGN OF INDUSTRIAL BUILDINGS AND STRUCTURES

Аннотация. Статья рассматривает основные виды помещений с точки зрения электробезопасности. Без проектирования электрических коммуникаций не обходится проект ни одного здания. Описывает основные факторы несущие угрозу поражения электрическим током и предлагает некоторые рекомендации по изолированию опасных факторов и повышению безопасности при нахождении в таких помещениях людей.

Abstract. The article considers the main types of premises from the point of view of electrical safety. Not a single building project can do without the design of electrical communications. Describes the main factors that pose a risk of electric shock and offers some recommendations for isolating dangerous factors and improving safety when people are in such premises.

Ключевые слова: промышленные сооружения, проектирование, электроустановки, электробезопасность.

Key words: industrial facilities, design, electrical installations, electrical safety.

Введение. При проектировании любых строений фактор безопасности всегда стоит во главе угла. Независимо от назначения, размеров строения и его стоимости невозможно его использование, если сама конструкция является небезопасной. Для обеспечения безопасности при проектировании рассчитываются самые разные аспекты: прочностные и тепловые характеристики, водопроводные коммуникации и, конечно же, электрические коммуникации.

Основная часть. Поражение человека электрическим током может выливаться в различные повреждения вплоть до летального исхода. Степень повреждений зависит от силы тока, продолжительности воздействия, пути прохождения по телу человека и других факторов. Эти факторы могут встречаться в разных категориях помещений и, следовательно, для сохранения человеческой жизни для каждого типа помещений разработаны нормы проектирования.

По степени опасности поражения электрическим током помещения бывают следующих видов:

1. Помещения без повышенной опасности – это помещения, в которых отсутствуют факторы характерные для помещений с повышенной опасностью или особо опасных помещений.

В таких помещениях нет возможности быть пораженным электрическим током неочевидным образом. То есть все токоведущие части скрыты, а возможность одновременного соприкосновения с токоведущими частями и заземлением одновременно отсутствует. Слабейшим звеном в таких помещениях является человек и его необдуман-

ные действия, а способом повышения электробезопасности будет являться регулярное напоминание о соблюдении техники безопасности. Все работы проводятся при отключенном напряжении. В управляющих щитках должны быть повешены предупреждающие таблички. С точки зрения проектирования это обычное помещение, которых должно быть большинство.

2. Помещения с повышенной опасностью – это помещения, в которых присутствует одно из следующих условий: влажность воздуха длительно превышает 75 %; токопроводящая пыль оседает на проводах, проникает внутрь машин, аппаратов; токопроводящие полы: металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.; высокая температура, то есть длительно превышает + 35 °С; наличие возможности одновременного прикосновения человека к металлическим корпусам электрооборудования и заземленным частям одновременно.

Для данной категории помещений хорошим решением может быть устранение по возможности факторов повышенной опасности в зоне пребывания человека на период проведения работ. Например, для изоляции человека от токопроводящих полов можно использовать диэлектрические ковры и диэлектрические галоши. Токопроводящую пыль нужно устранять ее регулярным удалением. Органы зрения и дыхания должны быть защищены очками и маской. Возможно использование комбинезона с манжетами. В помещениях с повышенной влажностью все токоведущие части должны быть герметичными. Желательно применение комбинезона с водоотталкивающими свойствами. При любом факторе данной категории все корпуса должны быть заземлены, а автоматика электрических цепей должна отключаться при нарушении ее целостности и нормальной работы. Желательно использовать сверхнизкое напряжение. С точки зрения проектирования нужно стараться сводить количество таких помещений к минимуму. Желательно рассмотреть возможности дополнительной вентиляции, которая прицельно ликвидирует опасные факторы и выполнит функции охлаждения воздуха, фильтрации воздуха от пыли, конденсированной из воздуха влаги.

3. Особо опасные помещения – это помещения, в которых присутствует одно из следующих условий: относительная влажность близка к 100 %, потолок, стены, пол, предметы покрыты влагой; химически активная или органическая среды – длительно содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию или токоведущие части; одновременно два или более условий повышенной опасности.

При наличии химически активной среды изоляция токоведущих частей должна быть устойчива к этой среде. Обязательно использование комбинезона защищающего от химического воздействия. Помимо методов применимых к помещениям с повышенной опасностью к работам в особо опасных помещениях должны допускаться только самые ответственные сотрудники. Дополнительно можно назначить человека наблюдающего за проведением работ.

Рассматривая в качестве примера типовую схему электроснабжения, приведенную на рисунок 1, можно отметить, в зону особого внимания попадают кабельные коммуникации. Именно от их состояния зависит не только электробезопасность, но и работа всего предприятия.

Заключение. В целом при проектировании зданий и сооружений следует по возможности избегать наличия в проекте помещений с повышенной опасностью и особо опасных помещений. В случае невозможности исключения из проекта таких помещений их количество должно сводиться к возможному минимуму. Количество факторов одновременно присутствующих в таких помещениях должно быть сведено к минимуму также. При проведении работ сотрудники должны применять все возможные средства индивидуальной и дополнительной защиты. Особое значение имеет качество решения вопросов выбора типа кабельных коммуникаций, способов проведения строительных работ и обеспечение условий эксплуатации кабельных трасс.

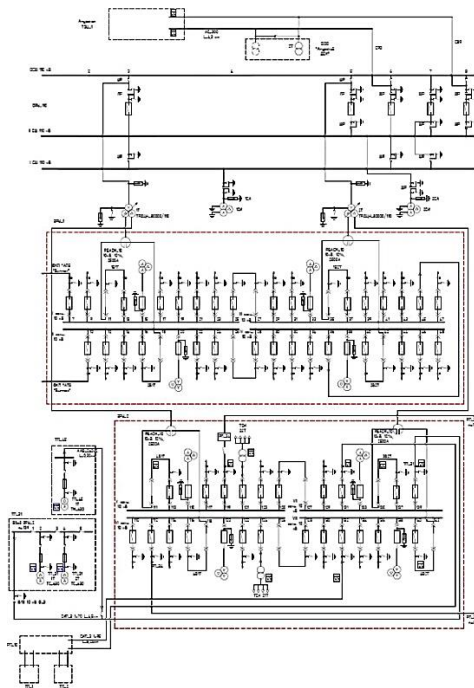


Рисунок 1 – Схема электроснабжения промышленного предприятия

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Колбасенко, Т. В. Электробезопасность // Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2012. - 120 с.
2. Малеткин, И. В. Внутренние электромонтажные работы // Москва : Инфра-Инженерия, 2013. - 288 с.
3. Белявин К.Е., Кузнецов Б.В. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок // Минск : Белорусская наука, 2007. — 195 с.
4. Иванов С.Н., Скрипилев А.А. Надежность электроснабжения: учеб. пособие // М., Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 164 с.

УДК 621.314.6

Белуосова Софья Алексеевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Belousova Sofiya Alekseevna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Фролов Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Frolov Alexey Valerievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ НАГРУЗКИ ВЫПРЯМИТЕЛЯ ОТ ЁМКОСТИ СГЛАЖИВАЮЩЕГО ФИЛЬТРА В СИМУЛЯТОРЕ SIMINTECH

RESEARCH OF THE DEPENDENCE OF THE RECTIFIER LOAD VOLTAGE ON THE SMOOTHING FILTER CAPACITY BY SIMINTECH SIMULATOR

Аннотация. Приводятся результаты исследования зависимости относительного среднего напряжения нагрузки от постоянной времени цепи нагрузки для однофазного однополупериодного выпрямителя. Показано, что напряжение нагрузки изменяется более,

чем в три раза при изменении нагрузки от активной до ёмкостной. Предложены аппроксимирующие функции, описывающие указанную зависимость.

Abstract. There are given the results of the research of the dependence of the relative average load voltage on the load circuit time constant for a single-phase half-wave rectifier. It is shown that the load voltage changes more than three times when the load changes from active to capacitive. Approximation functions are proposed that describe the dependence of the voltage on the circuit time constant.

Ключевые слова: выпрямитель, фильтр, напряжение нагрузки, постоянная времени, SimInTech.

Key words: rectifier, filter, voltage, circuit time constant, SimInTech.

Введение

Традиционная методика расчёта выпрямителей со сглаживающими фильтрами подразумевает отдельный анализ схем выпрямителя и фильтра. При этом среднее значение выходного напряжения однополупериодного выпрямителя считается равным

$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_{\text{ВХ}} \quad (1)$$

где $U_{\text{ВЫХ}}$ – среднее значение выходного напряжения, В; $U_{\text{ВХ}}$ – действующее значение входного напряжения, В.

Так как применяемая схема сглаживающего ёмкостного фильтра пассивная, то среднее значение выходного напряжения фильтра не может быть больше входного, а пульсации напряжения снижаются (в идеале до нуля). То есть отдельный анализ схемы выпрямителя и пассивного ёмкостного фильтра приводит к выводу, что выходное напряжение схемы выпрямителя с фильтром будет определяться по формуле (1) и, следовательно, будет равно $0,45U_{\text{ВХ}}$.

Но анализ диаграммы выходного напряжения выпрямителя с фильтром (рисунок 1) показывает, что среднее значение напряжения нагрузки может изменяться от указанного выше $U_{\text{ВЫХ.min}} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_{\text{ВХ}}$ до амплитуды входного напряжения $U_{\text{ВЫХ.max}} = \sqrt{2}U_{\text{ВХ}}$ в зависимости от соотношения ёмкости фильтра и активного сопротивления нагрузки. Указанная зависимость выходного напряжения выпрямителя от постоянной времени цепи нагрузки описывается в трудах многих исследователей [1-5], но результаты исследования этой зависимости в литературе отсутствуют. В связи с чем исследование зависимости среднего напряжения от постоянной времени цепи нагрузки выпрямителя представляет актуальную научно-практическую задачу. В настоящей статье приводятся результаты исследования указанной зависимости для простейшей схемы однофазного однополупериодного выпрямителя. Применённая методика и схема исследований может быть применена в будущем для исследования более популярных схем мостового и трёхфазного выпрямителей.

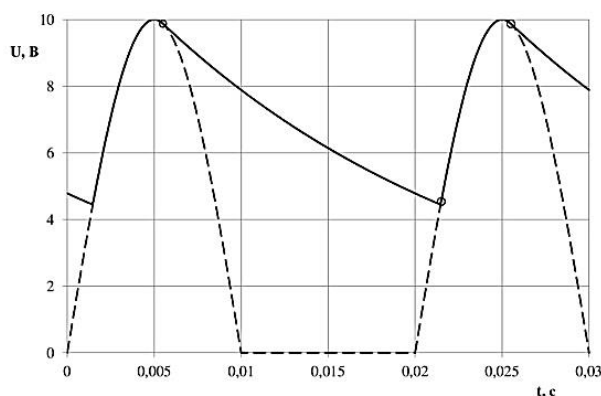


Рисунок 1 – Диаграмма выходного напряжения выпрямителя с ёмкостным фильтром при постоянной времени цепи 20 мс

Методика исследований

Исследования проводились в программном симуляторе SimInTech (рисунок 2).

Параметры элементов модели: источник входного сигнала – амплитуда 100 В, частота 10 Гц; модель диода – 1N4004; сопротивление нагрузки 100 Ом; ёмкость конденсатора фильтра 10 мкФ – 100000 мкФ. Для автоматического расчёта среднего напряжения нагрузки относительно действующего значения входного напряжения использовались блоки: измерения напряжения (V); расчёта действующего значения (rms); среднего значения (avg); деления (÷).

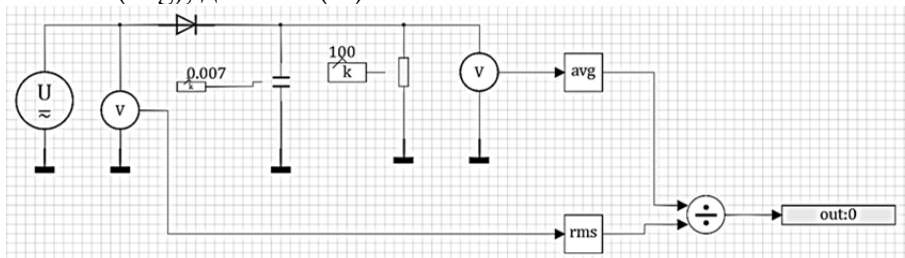


Рисунок 2 – Моделируемая схема в программе SimInTech

Во время исследований изменялось значение ёмкости фильтра и производилась фиксация относительного напряжения нагрузки. Дальнейшая обработка результатов измерений выполнялась в программе «Excel». Для того, чтобы результаты исследований можно было применять к разным нагрузкам и разным входным напряжениям, результаты экспериментов приводились в относительном масштабе – напряжение нагрузки приводилось ко входному напряжению, а постоянная времени цепи – к периоду напряжения сети:

$$U_H = \frac{U_{н.ср}}{U_{вх}} \quad (2)$$

$$\frac{\tau}{T} = \frac{RC}{T} = RCf \quad (3)$$

где U_H – относительное напряжение нагрузки; $U_{н.ср}$ – среднее значение напряжения нагрузки, В; $U_{вх}$ – действующее значение входного напряжения выпрямителя, В; τ – постоянная времени цепи, с; T – период сетевого напряжения, с; R – сопротивление нагрузки, Ом; C – ёмкость конденсатора фильтра, Ф; f – частота сети, Гц.

Результаты исследований

Результаты экспериментов представлены на рисунках 3 – 4.

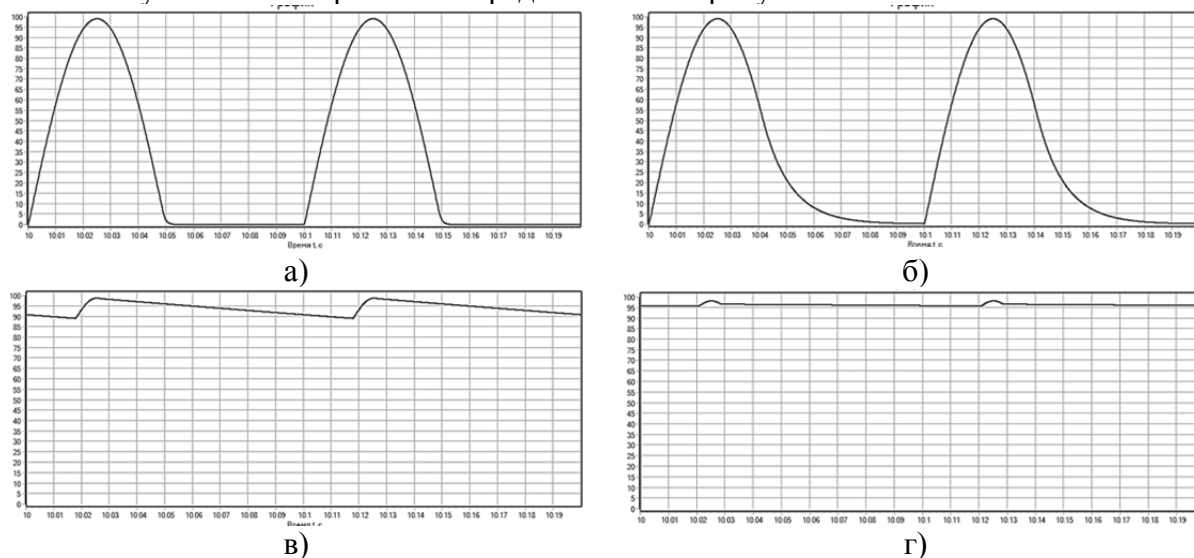


Рисунок 3 – Диаграммы выходных напряжений при разных значениях постоянной времени цепи нагрузки: а – $\tau = 0,01T$; б – $\tau = 0,1T$; в – $\tau = 9T$; г – $\tau = 100T$

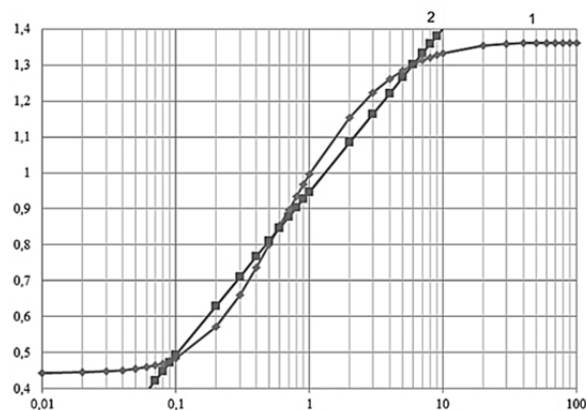


Рисунок 4 – Зависимость среднего относительного напряжения нагрузки от постоянной времени цепи нагрузки (1) и аппроксимация этой зависимости (2)

Результаты исследований показывают, что в диапазоне $\tau < 0,1T$ напряжение нагрузки можно принять равным $U_n = 0,45$; в диапазоне $\tau > 9T$ напряжение нагрузки можно принять равным $U_n = 1,4$; а в диапазоне $0,1T \leq \tau \leq 9T$ зависимость напряжения нагрузки лучшим образом (с точностью аппроксимации $R^2 = 0,9$) аппроксимируется следующим выражением:

$$U_n \left(\frac{\tau}{T} \right) = 0,1974 \ln \left(\frac{\tau}{T} \right) + 0,9475 \quad (4)$$

При этом указанный диапазон изменения постоянной времени цепи при частоте сети 50 Гц и сопротивлении нагрузки 20 Ом соответствует ёмкости конденсатора фильтра 100 мкФ – 9000 мкФ, что является «рабочим» диапазоном для большинства практических применений схемы.

Заключение

Относительное напряжение нагрузки однофазного однополупериодного выпрямителя с ёмкостным фильтром изменяется от 0,45 до 1,4 при изменении характера нагрузки от активного до ёмкостного. Эмпирически эта зависимость может быть описана формулой (4). Интервал наибольшего диапазона изменения напряжения нагрузки приходится на следующие значения постоянной времени цепи - $0,1T \leq \tau \leq 9T$. Этот диапазон является «рабочим» для большинства случаев практического применения рассматриваемой схемы. В связи с чем, при расчёте схем выпрямителей с ёмкостным фильтром необходимо учитывать представленные зависимости для исключения выхода из строя элементов схемы из-за повышенного напряжения нагрузки, а также для выбора оптимальной ёмкости конденсатора сглаживающего фильтра.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бурков А.Т. Электроника и преобразовательная техника. // Москва : УМЦ ЖДТ. 2015. - 307 с.
2. Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчёт // Москва : СОЛОН-ПРЕСС. 2008. – 448 с.
3. Ефимов И.П. Источники питания РЭА // Ульяновск: УлГТУ. 2002. – 136 с.
4. Сажнёв А.М., Рогулина Л.Г., Абрамов С.С. Электропитание устройств и систем связи // Новосибирск : ГОУ ВПО СибГУТИ. 2008. – 112 с.
5. Романов В.П. Электропитание средств вычислительной техники / В.П. Романов // Новокузнецк : Кузнецкий индустриальный техникум. 2008. – 94 с.
6. Ахрамович С.А. Использование среды динамического моделирования технических систем SIMINTECH в задачах полунатурного моделирования / С.А. Ахрамович, А.В. Сычёв, А.М. Колпаков и др. // Тезисы докладов конференции «XXIV Международная научная конференция Системный анализ, управление и навигация». Москва : Изд-во МАИ-Принт. 2019. – С. 71–73.

7. Воронцов И.Н. Моделирование в SIMINTECH устройств силовой электроники / И.Н. Воронцов, И.С. Ситников // Сборник трудов конференции «Материалы 76 студенческой научной конференции». Брянск : Изд-во Брянского государственного технического университета. 2021. – С. 597–598.

8. Ллойд П. Справочник по полупроводниковой электронике // М. : Машиностроение. 1975. – 508 с.

9. Климаш В.С. Разработка конденсаторных установок и способа регулирования реактивной мощности в системах промышленного электроснабжения. / В.С. Климаш, Б.Д. Табаров // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2022. – №1 (57). – С. 7–14.

10. Бладыко Ю.В. Сглаживающие фильтры // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2010. №2. С. 36 - 40.

УДК 621.313

Бельский Кирилл Олегович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Belskiy Kirill Olegovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Иванов Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ivanov Sergey Nikolaevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ЭКРАНИРОВАННОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

ELECTROTECHNICAL COMPLEX BASED ON SHIELDED ASYNCHRONOUS MOTOR

Аннотация. Данная работа посвящена применению электромеханического устройства для эксплуатации в специальных условиях. К таким относятся работа в агрессивных средах, высокие или низкие температуры, повышенная влажность, высокая запыленность и целый ряд других. В статье приводится структурная схема комплекса и показаны основные конструкционные особенности привода. Проведен сравнительный анализ и показаны преимущества экранированного исполнения двигателя.

Abstract. This work is devoted to the application of an electromechanical device for operation in special conditions. These include working in aggressive environments, high or low temperatures, high humidity, high dustiness and a number of others. The article provides a block diagram of the complex and shows the main structural features of the drive. A comparative analysis is carried out and the advantages of the shielded engine design are shown.

Ключевые слова: электротехнический комплекс, экранирование, асинхронный двигатель.

Key words: electrical complex, shielding, asynchronous motor.

Структурная схема электротехнического комплекса приведена на рисунке 1. На нем изображен весь комплекс для преобразования электрической энергии в механическую, который является механизмом из связанных с определенными задачами блоками, позволяющие предоставить заданные характеристики.

Основные компоненты комплекса:

- система управления, которая связана с преобразователем частоты;
- преобразователь электрической энергии в механическую (с передаточным и исполнительным механизмом);
- автономная или промышленная сеть (источник электрической энергии).

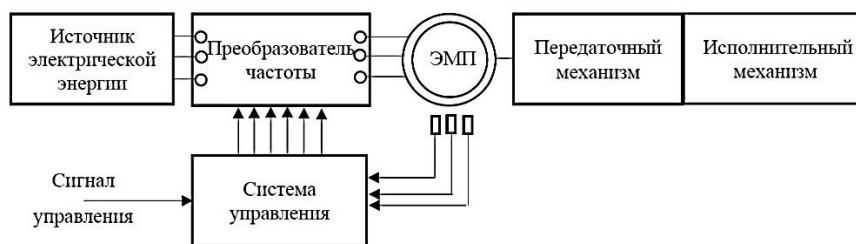


Рисунок 1 - Общая структурная схема электротехнического комплекса

Компоненты, изображенные на схеме, могут исполнять сразу несколько функций, то есть быть объединены в одном механизме, или наоборот, быть совокупностью отдельных блоков.

Основная цель всего комплекса, это преобразование эклектической энергии в механическую, с последующей передачей этой энергии на исполнительный механизм, именно поэтому электромеханический преобразователь является важным элементом всего комплекса.

Так же есть датчики, получающие выходные параметры всего комплекса, которые затем передаются системе управления. Сама система управления контролирует отклонение от нормы выходных параметров и создает сигнал, который в дальнейшем передается на преобразователь частоты (ПЧ).

ПЧ создает переменное трехфазное напряжение изменяемой частоты и амплитуды.

Зачастую в роли электропривода применяется трехфазный асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым ротором, имеющий простую конструкцию и высокую надежность.

Увеличение надежности всего электротехнического механизма возможно с помощью улучшения отдельных элементов или узлов, например:

- увеличение класса защиты электроустановки;
- увеличение качества изоляционных материалов;
- модернизация защиты от аварийных режимов.

Улучшить весь комплекс можно за счет использования электропривода закрытого исполнения. Так как это исполнение отличается значительно более высокой надежностью, что дает ощутимую экономию при использовании, за счет увеличения часов работы до отказа (увеличение до 30 %).

Увеличение надежности асинхронного двигателя скорее всего связано с переходом на класс защиты корпуса IP68 с помощью возрастания категории климатического исполнения электрооборудования: уплотнения вала, использование герметичного корпуса и т. д. Это объясняет немалое увеличением стоимости из-за того, что все эти изменения приводят к усложнению конструкции.

Исходя из выше сказанного, в нестандартных условиях работы двигателя, при повышенном давлении и температуры, классические электромеханические преобразователи не способны обеспечить более сложные требования к надежности и энергоэффективности электроустановок. Из-за этого появляется необходимость в поиске новых технических решения.

Решение нашлось на конструктивном уровне, это герметичные (со степенью защиты IP68) электрические машины (герметичные ЭМП).

Достичь необходимой степень защиты можно заизолировав статор электрической машины от внешнего воздействия среды, которая может разрушительно влиять на элементы привода (высокое давление, повышенные температуры, горючие и коррозирующие вещества). Так же трансформаторным маслом можно заполнить всю полость статора, в следствии чего, получается взрывозащищенная конструкция ЭМП, так как все вращающиеся детали располагаются внутри корпуса.

Конструкция герметичного электромеханического преобразователя (ГЭМП) позволяет соединять в одном кожухе исполнительный и приводной, что так же дает возможность исключить передаточный механизм.

Именно это позволяет увеличить надежность и сильно повысить интервалы между техническим обслуживанием, при значительном увеличении времени наработки на отказ. Герметизация АД дает возможность увеличить мощность с помощью жидкостного охлаждения (непосредственно самих обмоток ротора и статора).

В теории полезную мощность можно увеличить от 2.5 до 3 раз с помощью жидкостного охлаждения, путем циркуляции этой самой жидкости (воды или трансформаторного масла) относительно машины с такого же типоразмера, но с воздушным охлаждением. Так же можно использовать технологию косвенного охлаждения, которая увеличивает полезную мощность примерно в 1.5 раза и это только при охлаждении обмоток статора, а если дополнительно охлаждать ротор и подшипниковые щиты, то мощность возрастет в 2 раза. Достигается это системой рециркуляции, которая впоследствии снижает температуру обмоток до 60-80 градусов по Цельсию. При этом на температуру внутри самой системы охлаждения практически не влияет внешняя среда.

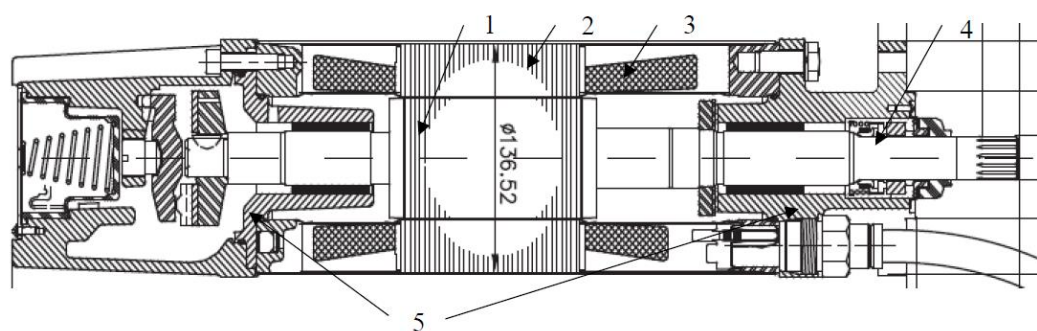


Рисунок 2 – Герметичный электродвигатель

1 – ротор (короткозамкнутый); 2 – статор; 3 – обмотка статора; 4 – вал;
5 – подшипниковые щиты

ГЭМП зачастую используются в роли приводов, в которых полностью должна пропасть вероятность утечки загрязняющих и реагирующих веществ, такие как мешалки, насосы, компрессоры и другие комплексы. Отличительное свойство — это механическая характеристика, которая имеет вентиляторный характер.

Отличительной чертой герметичных электродвигателей является изоляция обмотки и статорной части, от влияния окружающей среды. Но вал и ротор не герметизированы, то есть они соприкасаются в рабочей среде. На рисунке 2 показан пример одного из возможных технических решений, предложенных фирмой Франклин Электрик.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ким К.К., Иванов С.Н. Повышение эффективности электропривода магистральных задвижек // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2020. № 3. С.71-77.
2. Ким К.К., Иванов С.Н., Горбунов А.В., Титова Т.С., Никитин В.В., Киселев И.Г. Автоматизированный электромеханический привод вагонных дверей // Электротехника. 2019. № 10. С. 11-16.
3. Амосов О.С., Голоколос Д.А., Иванов С.Н., Со Хтайк. Особенности проектирования электромеханических преобразователей для систем комплексной безопасности // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2017. Т. 60. № 5. С.5-11.
4. Ким К.К., Иванов С.Н. Моделирование комбинированного электропривода // Известия вузов. Электромеханика. 2019. № 3. С. 44-50.

Бирюков Антон Романович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Biryukov Anton Romanovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шибек Роман Владимирович, старший преподаватель кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shibeko Roman Vladimirovich, Senior Lecturer, Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

ЗАЩИТА АЭРОДРОМОВ ОТ ПТИЦ

PROTECTION OF AERODROMES FROM BIRDS

Аннотация. Проблема столкновения авиационного судна с птицами актуальна. Достаточно вспомнить «Кукурузную посадку»: авиационную аварию, произошедшую 15 августа 2019 года с авиалайнером Airbus A321-211 авиакомпании «Уральские авиалинии». В статье приводятся данные статистики по столкновениям самолетов с птицами, а также примеры систем защит от птиц различных типов.

Abstract. The problem of collision of an aircraft with birds is relevant. Suffice it to recall the «Corn Landing»: an aviation accident that occurred on August 15, 2019 with an Airbus A321-211 airliner of Ural Airlines. The article provides statistical data on aircraft collisions with birds, as well as examples of various types of bird protection systems.

Ключевые слова: самолет, птицы, защита, лазер, звук, аэродром.

Key words: aircraft, birds, protection, laser, sound, airfield.

При малой интенсивности движения самолетов по летному полю в небольших аэропортах контроль за ситуацией может осуществляться с диспетчерского пункта визуально с последующим реагированием при необходимости. Но в крупных аэропортах с большой интенсивностью движения визуального наблюдения за всей зоной аэропорта уже недостаточно, особенно в условиях плохой видимости.

Для обеспечения диспетчера необходимой информацией о положении и движении самолетов на летном поле и отсутствии посторонних объектов должны применяться разного рода автоматические системы.

Одними из самых проблемных посторонних объектов являются птицы. Инциденты с ними достаточно исследованы. Считается что столкновение с птицей весом до полкилограмма не является критическим: незначительно повреждаются лопадки воздушного компрессора, на поверхностях самолета образуются небольшие вмятины. Катастрофы как правило не случаются, но такие инциденты несут существенные материальные убытки.

Столкновение с птицей весом более килограмма может привести к разрушению двигателя и разгерметизации самолета и поломки важных систем авиалайнера, что в критическом режиме полета чревато катастрофой.

Статистика показывает наибольшую вероятность аварий на различных этапах полета: посадка – 32.5%; взлет – 31%; авиационной работы (в том числе полеты на низких высотах) – 12.3%; на маршруте – 24.2%. Относительно разных частей самолета данные следующие: в 45% птицы попадают в двигатель; в 18% – в крылья; в 15% – в носовую часть; в 12% – в кабину; в 4% – в хвост и надстройки; в 2% – в фюзеляж. На территории РФ. наиболее часты столкновения с голубями – 26%; с чайками – 19%; водоплавающими – 14%; хищниками и воробьиными по 13%.

Ниже приводятся системы обнаружения птиц, а также их отпугивания.

Радарная система обнаружения птиц MERLIN. Система MERLIN Aircraft Birdstrike Avoidance Radar System компании DeTect (см. рисунок 1) выпускается серийно. Работает в реальном времени. Сфера применения системы включает в себя гражданские, и коммерческие аэродромы, военные аэродромы, а также на военные полигоны для обучения и бомбардировок. Птичий радар MERLIN широко применяется и имеет хорошие отзывы от пользователей.

- горизонтальный радар (HSR): 200W – S-диапазона радар – 2,4 ГГц – длина волны: 7,5–15см – хорошо подходит для более крупных объектов на больших расстояниях;

- вертикальный радар (VSR): 200W – X-диапазона радар – 8–12 ГГц – длина волны: 2,4–3, 75см – лучше подходит для небольших объектов на малых расстояниях;

Система обнаружения птиц камера видеонаблюдения INTERCEPTOR компании Pharovision. Данная система (см. рисунок 2) обнаруживает отдельных птиц и их стаи днем и ночью, используя оптическое и инфракрасное сканирование. Изображение обрабатывается специальными алгоритмами в режиме реального времени.



Рисунок 1 – Радарная система MERLIN

Основой системы являются радарные датчики:



Рисунок 2 – Система обнаружения птиц камера видеонаблюдения INTERCEPTOR

Биоакустическая установка «Биозвук МС» (см. рисунок 3). Использование звуков – эффективная и давно применяемая мера для борьбы с пернатыми (да и не только с ними). Принцип действия заключается в воспроизведении криков тревоги и бедствия отпугиваемых птиц, а также голосов хищников, звуков выстрелов и т.п.

Установка «Биозвук МС» может применяться подвижно и/или стационарно. Большая мощность обеспечивает действие на больших площадях (расстояние от динамика до 800 метров). Возможность использования огромной фонотеки звуков, сценариев (случайность, паузы, длительность), уникальные алгоритмы создания новых звуков исключает возможное привыкание птиц к отпугивающим звукам.

Лазерный отпугиватель птиц «Луч-У». Отпугиватель птиц «Луч-У» (см. рисунок 4) генерирует лазерные лучи красного и зеленого света, которые создают световые пятна, перемещающиеся на поверхностях. Случайные законы движения лучей, их яркости, использование дополнительных диско-шаров, движущихся зеркальных отражателей повышают эффективность системы особенно ночью и в случае ослепления птицы. Более уместно применение на различных объектах в том числе в ремонтных ангарах аэропортов.

Применение электронных систем принято совмещать с другими методами (хищные птицы, визуальные отпугиватели («чучело»), противоприсадные средства и др.).

Борьба с пернатыми в аэропортах достаточно актуальна. Последствия достаточно катастрофичны. «Чудо на Гудзоне» (посадка самолета Airbus A320 на воду реки Гудзон) и «Кукурузная посадка» (посадка самолета Airbus A321-211 на кукурузное поле в Подмоскowie в Раменском районе) скорее исключения из череды авиапроисшествий и авиакатастроф.



Рисунок 3 – Биоакустическая установка «Биозвук МС»



Рисунок 4 – Лазерный отпугиватель птиц «Луч-У»

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Оборудование для защиты от птиц // Сайт компании ООО «Ладья» – URL: <https://otruginatel.ru/equipment> (дата обращения: 05.11.2022).
2. Пушка, чучело и диско-шар: как аэропорты России защищают самолеты от птиц // Сайт E1.RU медиакомпания «Shkulev Media Holding» – URL: <https://www.e1.ru/text/world/2019/08/15/66199291/> (дата обращения: 04.11.2022).
3. Кто разгоняет птиц и отвечает за безопасность самолетов в аэропортах Москвы // Сайт российского информационно-аналитического агентства «АвиаПорт» – URL: <https://www.aviaport.ru/about/> (дата обращения: 07.11.2022).

УДК 621.311

Бобков Степан Витальевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bobkov Stepan Vitalievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кузьмин Роман Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuzmin Roman Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor the Department of Electromechanics, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

DEVELOPMENT OF A COMBINED POWER SUPPLY SYSTEM BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES

Аннотация. В статье рассматривается актуальность использования систем энергоснабжения с возобновляемыми источниками энергии. Приведены основные задачи, преимущества и недостатки ветроэнергетических установок. Разработана функциональная схема комбинированной системы энергоснабжения. Приведен обзор на виды используемых генераторов для электричества из энергии ветра.

Abstract. The article discusses the relevance of the use of energy supply systems with renewable energy sources. The main tasks, advantages and disadvantages of wind power plants are

presented. The functional scheme of the combined power supply system has been developed. An overview of the types of generators used for electricity from energy is given

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, возобновляемые источники энергии, комбинированная систем.

Key words: wind power plant, renewable energy sources, combined system.

Введение Использование возобновляемых источников энергии становится актуальней с каждым годом в связи с со многими проблемами, которые связанные с ухудшением экологии, увеличивающемся дефицитом топлива и его дороговизной. Кроме того такие источники энергии помогут обеспечить дешевой электроэнергией небольшие хозяйственные субъекты.

Возобновляемая энергия – это энергия, которая добывается из пополняемых или неисчерпаемых источников. За счет циклического характера процессов, протекающих в природе, некоторые источники пополняются при прохождении полного цикла, что позволяет использовать их регулярно в энергетической отрасли.

Сегодня для энергоснабжения потребителей целесообразно использовать одновременно несколько видов возобновляемых источников энергии, а также традиционных источников электроэнергии благодаря чему повышается надежность электроснабжения.

В качестве возобновляемых источников часто используют ветряную и солнечную энергии. Ветроэнергетическая установка состоит из рабочего винта и генератора переменного тока. Сила ветра вращает лопасти ветроколеса, крутящий момент которых передается к валу генератора. Генератор в свою очередь создает трехфазный переменный ток. Солнечные панели преобразуют солнечную энергию в постоянный ток. За счет воздействия солнечного излучения на полупроводниковую поверхность электроны высвобождаются и приходят в движение, образуя электрическую энергию.

Задачи исследования. Основной задачей данной работы является создание эффективной и экономически выгодной комбинированной системы энергоснабжения на базе возобновляемых источников энергии. Актуальность данной проблемы обусловлена большой протяженностью площади России, ростом цен и истощение запасов углеводородного топлива. В регионах страны существуют множество объектов, которые тяжело обеспечить качественной и недорогой электроэнергией.

Солнечные панели. Существуют два типа солнечных электростанций: термодинамические, где нагревание теплоносителя излучением солнца преобразуется в механическую энергию и далее в электрическую; фотоэлектрические станции преобразуют солнечное излучение сразу в электричество. Фотоэлементами являются кремниевые полупроводниковые фотодиоды, которые поглощают свет с помощью полупроводниковой структуры, затем электроны материала получают энергию фотонов и это вызывает появление свободных носителей заряда.

Солнечные панели – это система из нескольких фотоэлектрических модулей, которые соединяются последовательно-параллельно для получения требуемых параметров. Модуль состоит из некоторого количества ячеек, мощность одной примерно 1 Вт и размер несколько квадратных миллиметров. Важным преимуществом солнечных панелей являются малые эксплуатационные и ремонтные затраты. Достаточно защитить модули от пыли и осадков, и батарея будет работать долгие годы

Ветроэнергетическая установка. Энергия, созданная ветро-установкой, зависит от силы ветра. Для эффективного производства электричества необходим ветер от 5 до 25 м/с. в этих установках могут использоваться как синхронные, так и асинхронные генераторы. На сегодняшний день в большинстве конструкций ветро-установок небольшой мощности используют синхронные генераторы с постоянными магнитами рисунок 1. Это обусловлено рядом преимуществ синхронных генераторов с магнитоэлектрическим возбуждением: отсутствие скользящего контакта, простота, надежность и

удобство эксплуатации, сравнительно высокое КПД, а также их возможность сохранять устойчивые рабочие характеристики на протяжении длительного времени.

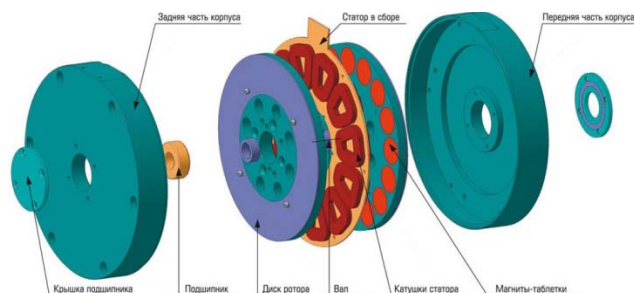


Рисунок 1 – Синхронный генератор на постоянных магнитах

По конструкции ветро-установки бывают с горизонтальной и вертикальной осью вращения. Наиболее популярными на сегодняшний день являются крыльчатые ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения. Они особенно эффективны при прохождении потока воздуха перпендикулярно плоскости вращения лопастей. Для этого используется устройство автоматического поворота оси вращения – крыло-стабилизатор.

Комбинированная система энергоснабжения. Потребитель должен получать энергию из возобновляемых источников, а при различных перебоях или из-за недостаточности мощности, если это возможно, использовать энергию внешней трехфазной сети. Такие установки могут позволить обеспечить энергией небольшие сельские хозяйства, фермы, частные дома. Функциональная схема системы приведена на рисунок 2.

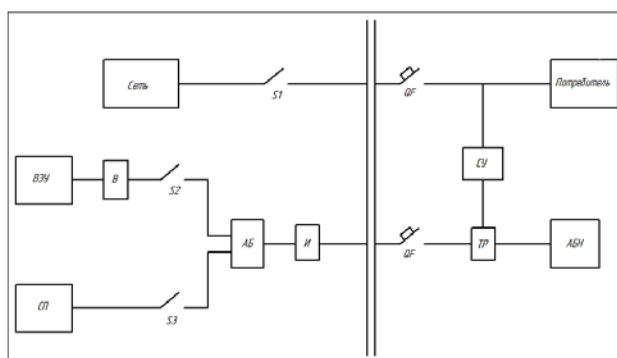


Рисунок 2 – Функциональная схема комбинированной системы

Возобновляемые источники энергии, зачастую, нестабильны. Поэтому целесообразно использовать одновременно несколько источников, а также необходимо дополнить систему аккумуляторными батареями. Кроме того, важно установить автобалластную нагрузку. Такая нагрузка не критична к изменению параметров напряжения. Она подключается параллельно полезной нагрузке через регулятор. При изменении величины полезной нагрузки, величина балластной изменяется при помощи регулятора таким образом, чтобы суммарная нагрузка электрического генератора оставалась неизменной. В качестве балластной нагрузки обычно используют теплонагревательные элементы, которые в дальнейшем можно использовать для нагрева воды. Стабилизация и формирования напряжения с качественными характеристиками осуществляется с помощью выпрямителей и инверторов. Стоит отметить, что использование некоторого количества управляемых вентилях усложняет и делает систему регулирования более дорогой.

Заключение

В статье описана актуальность создания комбинированной системы электропитания. Предложен вариант создания системы на базе возобновляемых источников энергии с применением ветроэнергетической установки, солнечных панелей, аккумуляторных батарей, а также использования автобалластной нагрузки для использования излишек энергии при любых рабочих параметрах системы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Б.В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 187 с
2. Обухов С.Г., Плотников И.А. Сравнительный анализ схем автономных электростанций, использующих установки возобновляемой энергетики // Промышленная энергетика. - 2012 - №. 7 - С. 46-51
3. Андреев В.М., Грихилес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. – Л.: Наука, 1990.-214с.
4. Электроснабжение сельского хозяйства / Будзко И. А., Лещинская Т. Б. // Издательство: Колос, 2000
5. Возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. / Васильев Ю.С., Елистратов В.В., Мухаммадиев М.М., Претро Г.А. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1995.-102с

УДК 620.91

Борисов Максим Игоревич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Borisov Maxim Igorevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кузьмин Роман Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электро-механика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuzmin Roman Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor the Department of Electromechanics, Komsomolsk-na-Amure State University.

СТРОИТЕЛЬСТВО ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

CONSTRUCTION OF WIND POWER PLANTS FOR DECENTRALIZED POWER CONSUMER IN THE FAR EAST

Аннотация. Материал статьи направлен на оценку строительства ветроэнергетических установок в отдалённых частях Дальнего Востока. В статье рассматриваются устройство и принцип действия ветроэнергетических установок, рассказывается о их преимуществах и недостатках, а также рассматриваются оптимальные места установки ветрогенераторов.

Abstract. The material of the article is aimed at assessing the construction of wind turbines in remote parts of Far East. The article discusses the device and principle of operation of wind turbines, describes their advantages, and also discusses the optimal installation locations for wind turbines

Ключевые слова: ветроэнергетика, возобновляемые источники энергии, ветрогенераторы.
Key words: wind energy, renewable energy sources, wind turbines.

Дальний Восток крупнейший по площади округ Российской Федерации, с большими расстояниями между населёнными пунктами, различными погодными и климатическими условиями. В связи с этим возникают трудности в налаживании централизованного энергоснабжения. Для некоторых населённых пунктов решением этой проблемы является использование ветроэнергетических установок(ветрогенераторов).

Ветрогенератор – это электромеханическая система, предназначенная для преобразования кинетической энергии потока ветра путём передачи вращательного момента в механическую энергию вращения ротора, который за счёт статорной обмотки генерирует ток.

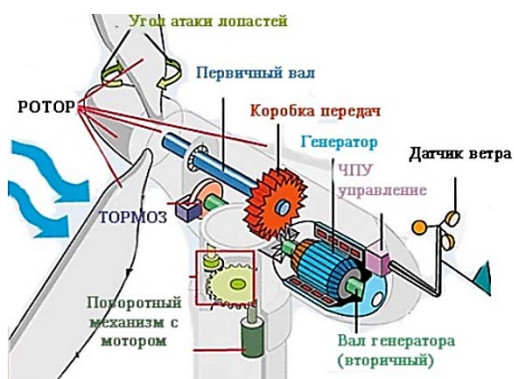


Рисунок 1 - устройство ветрогенератора

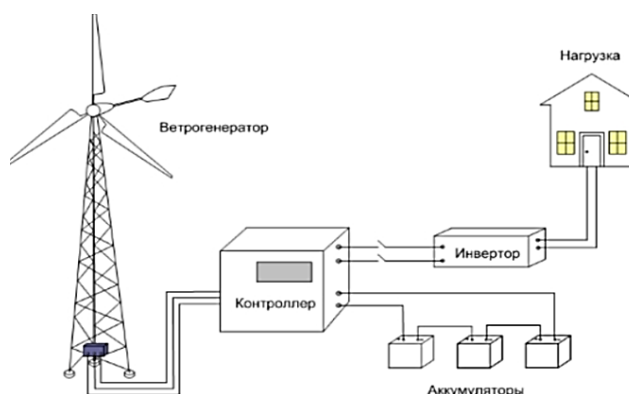


Рисунок 2 - схема подключения ветрогенератора к нагрузке

Ветроэнергетические устройства экономически выгодны в сравнении с энергоустановками, использующими ископаемое топливо, поскольку энергия ветра практически неисчерпаема. Но имеют недостатки, связанные с тем, что поток ветра, вращающий лопасти, не имеет постоянную скорость, или поток ветра отсутствует вовсе. Эти недостатки частично компенсируются установкой поворотного механизма, который в свою очередь ориентируясь на датчик ветра поворачивает лопасти таким образом, чтобы потоки воздуха вращали лопасти с достаточной частотой. А также устанавливая ветрогенераторы в регионах с высоким ветроэнергетическим потенциалом и применяя смешанные схемы электроснабжения.

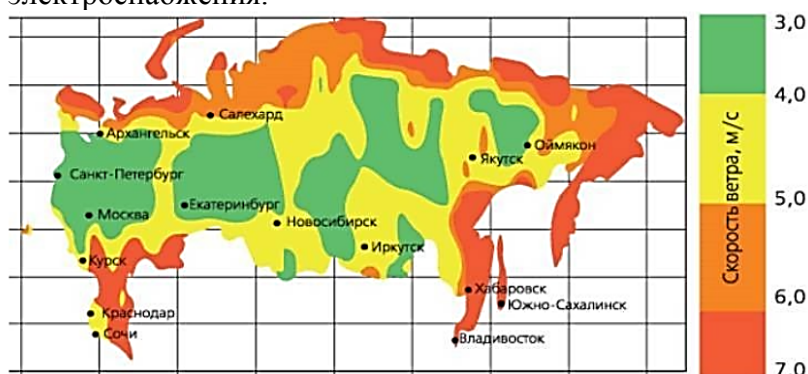


Рисунок 3 - карта ветров России

Посёлок Тикси в республике Саха(Якутия) как пример установки ВЭС на Дальнем Востоке в регионе с децентрализованным энергоснабжением и высоким ветроэнергетическим потенциалом. В данной электростанции используется 3 ветроустановки общей мощностью 900кВт, что позволило жителям посёлка численностью в 4600 человек снизить зависимость от привозного топлива на 500 тонн в год



Рисунок 4 – ВЭС в посёлке Тикси

Таким образом, в заключении хочется добавить о том, что, анализируя карту ветров России, и пример с посёлком Тикси: Дальний Восток, в большей своей части является округом с высоким потенциалом к установке ВЭС в местах с децентрализованным электроснабжением, поскольку находится в географически благоприятном положении для такого рода выработки электроэнергии.

Помимо экономических факторов, также в пользу установки ветроэнергетических установок на Дальнем Востоке, говорят и факторы экологические, поскольку ВЭС работают безотходно, не загрязняя окружающую среду.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Децентрализованные системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие/ Б.В.Лукутин, И.О. Муравлев, И.А. Плотников – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 100 с

2. Фатеев Е. М., Ветро двигатели и ветроустановки, 2 изд., М., 1957; его же, Ветросиловые установки, М., 1959; Шефтер Я. И. и Рождественский И. В., Ветронасосные и ветроэлектрические агрегаты, М., 1967.

3. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Б.В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. -187с.

УДК 628.93.97

Босхомджеев Сергей Алексеевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

Boshomdzheev Sergey Alekseevich, Master's Degree Student, Komsomolsk-na-Amure State University.

Копытов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

Kopytov Sergey Mikhailovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University.

ЭКОНОМИЧНЫЙ ДИММИРУЕМЫЙ ДРАЙВЕР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫМИ СВЕТИЛЬНИКАМИ

ECONOMIC DIMMABLE DRIVER FOR LED LUMINAIRES CONTROL

Аннотация. Целью работы является выбор варианта реализации экономичного диммируемого драйвера для управления светодиодными светильниками. Выпускаемые драйверы известных производителей обладают хорошими параметрами, но достаточно дороги. В то же время существуют специализированные микросхемы, на основе которых при небольших затратах можно получить качественные альтернативные изделия с заданными параметрами. Выбраны микросхемы с диапазоном питающего напряжения от 8 до 450 В, что позволяет реализовать бестрансформаторную схему драйвера. Для гальванической развязки цепи управления ШИМ сигнал диммирования подан через транзисторную оптопару. Рассмотрен пример инженерного расчета элементов драйвера, по аналогии с которым можно выполнить расчет также для других параметров.

Abstract. The aim of the work is to choose an implementation option for an economical dimmable driver for controlling LED lamps. Produced drivers from well-known manufacturers have good parameters, but are quite expensive. At the same time, there are specialized microcircuits, on the basis of which, at low cost, it is possible to obtain high-quality alternative products with given parameters. Chips with a supply voltage range from 8 to 450 V were se-

lected, which makes it possible to implement a transformerless driver circuit. For galvanic isolation of the PWM control circuit, the dimming signal is applied through a transistor optocoupler. An example of an engineering calculation of driver elements is considered, by analogy with which it is possible to perform the calculation for other parameters as well.

Ключевые слова: светодиод, светильник, диммируемый светодиодный драйвер, микросхема, ШИМ, транзисторная оптопара.

Key words: LED, lamp, dimmable LED driver, microcircuit, PWM, transistor optocoupler.

Современным направлением внутреннего и наружного освещения является использование светодиодных светильников. Кроме основного назначения светодиодные светильники широко используются в качестве дополнительного, а иногда и основного освещения при закрытом способе выращивания растений. Принципы работы светодиодных ламп основаны на излучательной рекомбинации электронно-дырочных пар в р-р-переходе при прямом смещении и на фотолюминесценции люминофоров для получения дополнительных спектральных составляющих [1]. Эти процессы протекают при температуре окружающей среды или немного повышенной, что обуславливает энерго-сберегающий характер таких источников света. Однако, несмотря на низкое энергопотребление, всегда остается востребованной возможность внешнего управления световым потоком и соответственно потребляемой мощностью.

Устройствами для изменения электрической мощности являются электронные устройства - диммеры. Диммеры, также как и драйверы для светодиодных ламп, имеют отличия от обычных источников питания из-за особенностей вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов. На открытом одиночном светодиоде в зависимости от материала (цвета свечения) падает примерно от 1,5 до 3 В. Ток же может изменяться в широких пределах, излучаемый световой поток пропорционален току. Светодиоды включают последовательно, чтобы увеличить суммарное падение напряжения на гирлянде. Следовательно, для светодиодных излучателей необходим источник стабильного тока – светодиодный драйвер.

Выпускают линейные и импульсные драйверы. Линейные дешевы, но имеют большие потери мощности из-за нагрева. Эффективность импульсных драйверов достигает 95% и выше. В качестве примера функционально законченного импульсного диммируемого драйвера можно привести изделие ИПС50-350ТУ компании АРГОС с ценой порядка 1200 рублей (рисунок 1) [2]. Драйвер имеет номинальный выходной ток 0...0.35 А и диапазон номинальных выходных напряжений 50...140 В. Предусмотрено управление диммированием с помощью ШИМ сигнала и с помощью аналогового сигнала напряжением 0...10 В.



Рисунок 1 – Внешний вид драйвера ИПС50-350ТУ

Зарубежные и отечественные компании выпускают специализированные микросхемы, предназначенные для разработки диммируемых и недиммируемых драйверов [3-6]. В качестве альтернативы рассмотрим разработку недорогого импульсного драйвера со схожими параметрами на дискретных элементах. В качестве основы выбрана микросхема CRC9909 компании CLARE [7]. Близкими аналогами данного элемента являются микросхемы HV9961 компании Supertex и K1939BK034 российского АО «Ангстрем».

Принципиальная схема диммируемого с помощью ШИМ сигнала драйвера на микросхеме CRC9909 приведена на рисунке 2.

Диапазон питающего напряжения входного постоянного тока микросхемы составляет от +8 до +450 В. Поэтому для питания может использоваться непосредственно выпрямленное сетевое напряжение, а микросхему называют ШИМ контроллером для неизолированных источников тока со стабилизацией по среднему току. Для обеспечения электробезопасности ШИМ сигнал управления подают, применяя гальваническую развязку с помощью транзисторной оптопары $U1$ типа TIL111.

Пусть требуется обеспечить следующие параметры: напряжение питания: 220 В, выходное напряжение - $U_{\text{ВЫХ}} = 32$ В, выходной ток - $I_{\text{LED}} = 0,6$ А, пульсации тока менее $\pm 15\%$.

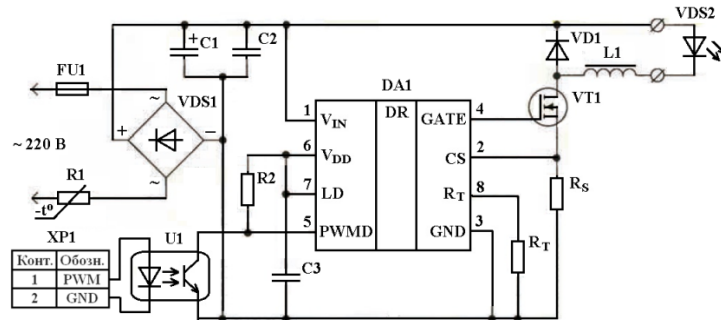


Рисунок 2 – Принципиальная схема диммируемого драйвера на микросхеме CRC9909
1. Расчет частотозадающего резистора R_T .

После выпрямительного диодного моста и фильтрующего конденсатора напряжение на входе равно:

$$U_{\text{ВХ}} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311 \text{ В.} \quad (1)$$

Для получения выходного напряжения на светодиодной сборке $VDS2$ используется генерация импульсов на выходе $GATE$ с коэффициентом заполнения (скважностью):

$$D = U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}} = 32/311 = 0,103. \quad (2)$$

Длительность паузы задается внешним резистором R_T по упрощенной формуле:

$$t_{\text{паузы}} = R_T/66000 + 0,8 \text{ (мкс)}. \quad (3)$$

Длительность паузы также связана с коэффициентом заполнения D и частотой f :

$$t_{\text{паузы}} = (1 - D)/f \text{ (с)}. \quad (4)$$

Диапазон рабочих частот, рекомендованный производителем, составляет от 30 до 120 кГц. С ростом частоты уменьшается индуктивность дросселя, но возрастают потери на переключение в транзисторе. Выберем рабочую частоту 80 кГц. Тогда длительность паузы составит:

$$t_{\text{паузы}} = (1 - 0,103)/80000 = 0,0000112 \text{ с} = 11,2 \text{ мкс}. \quad (5)$$

Сопротивление R_T можно определить из выражения (3):

$$R_T = (t_{\text{паузы}} - 0,8) \cdot 66000 = (11,2 - 0,8) \cdot 66000 = 686400 \text{ Ом} = 686 \text{ кОм}. \quad (6)$$

2. Расчет сопротивления датчика тока R_S .

Сопротивление R_S задает значение тока через светодиодную сборку. Его рассчитывают по формуле:

$$R_S = U_{\text{CS}}/(I_{\text{LED}} + 0,5 \cdot I_{\text{Лпульс}}), \quad (7)$$

где U_{CS} – опорное напряжение микросхемы, равное 0,25В; I_{LED} – ток через светодиоды; $I_{\text{Лпульс}}$ – амплитуда пульсаций тока нагрузки, которая, согласно заданию, не должна превышать 30%, то есть $I_{\text{Лпульс}} = 0,3 \cdot I_{\text{LED}}$.

После подстановки значений в формулу (7) можно найти сопротивление датчика тока:

$$R_S = 0,25/(1,15 \cdot I_{\text{LED}}) = 0,25/(1,15 \cdot 0,6) = 0,36 \text{ Ом}.$$

Мощность, рассеиваемая на датчике тока, равна:

$$P_S = R_S \cdot (I_{\text{LED}} \cdot D)^2 = 0,36 \cdot (0,6 \cdot 0,103)^2 = 0,0014 \text{ Вт}. \quad (8)$$

Можно использовать резистор с мощностью 0,125 Вт.

3. Расчет индуктивности дросселя LI .

Задача дросселя – поддерживать ток в сборке светодиодов во время импульса и паузы с заданным уровнем пульсаций.

Индуктивность дросселя находим по формуле:

$$L = (U_{\text{вых}} \cdot t_{\text{паузы}}) / I_{L\text{пульс}} = (32 \cdot 11,2 \cdot 10^{-6}) / (0,3 \cdot 0,6) = 1991 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} = 2 \text{ мГн} \quad (9)$$

4. Выбор конденсаторов фильтра питания $C1$ и $C2$.

После диодного моста в цепи питания использованы два конденсатора. Электролитический конденсатор $C1$ служит для сглаживания выпрямленного напряжения, металлопленочный конденсатор $C2$ предназначен для компенсации частотных помех. Оба конденсатора должны быть рассчитаны на напряжение не менее 400 В. Конденсатор $C1$ должен быть с емкостью 47 мкФ или более, а конденсатор $C2$ емкостью 0,1 мкФ. Выбираем электролитический конденсатор 56 мкФ на максимальное напряжение 400 В и металлопленочный конденсатор К73-17В емкостью 100 нФ на максимальное напряжение 630 В.

5. Выбор диодного моста $VDSI$.

Диодный мост для выпрямления сетевого напряжения выбирают, учитывая максимальный прямой ток и обратное напряжение. Следует использовать мост, рассчитанный на обратное напряжение не менее 600 В и прямой ток не менее 1 А. Выбираем диодный мост КВР06 с максимальным постоянным обратным напряжением 600 В и максимальным постоянным прямым током 2 А.

6. Выбор остальных элементов схемы.

Для конденсатора $C3$, установленного в цепи питания микросхемы V_{DD} , достаточна ёмкость 0,1 мкФ. Выбираем керамический низковольтный конденсатор емкостью 100 нФ. Неиспользуемый вывод LD через конденсатор $C3$ следует соединить с общим проводником.

Полевой транзистор VTI и диод VDI должны выдерживать максимальное входное напряжение 310 В. С запасом следует выбрать транзистор с максимальным напряжением сток-исток 500 В и диод с таким же обратным напряжением. Значение максимального тока через эти элементы зависит от тока через светодиоды. Поэтому следует выбрать транзистор и диод на ток не менее 2 А.

Транзистор VTI и диод VDI должны быть высокочастотными, поскольку они работают в импульсном режиме. Выбираем транзистор IRF840 с максимальным напряжением сток-исток 500 В и максимальным током 8 А и выпрямительный диод S2L с максимальным обратным напряжением 600 В и прямым током 2 А.

Предохранитель FUI защищает схему от аварийного короткого замыкания. Он в течение длительного времени должен выдерживать максимальный ток нагрузки, в том числе импульсные помехи. Выбираем с запасом

$$I_{FUSE} = 5 \cdot I_{LED} = 5 \cdot 0,6 = 3 \text{ А}. \quad (10)$$

Термистор RI необходим при включении схемы для ограничения тока через диодный мост при зарядке конденсатора $C1$.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бугров В.Е., Виноградова К.А.. Оптоэлектроника светодиодов. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 174 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1320.pdf> (дата обращения: 14.11.2022).
2. Диммирование драйверов [Электронный ресурс]. – URL: https://argos-electron.ru/news/dimmirovaniye_drayverov/ (дата обращения: 14.11.2022).
3. An9961. LED драйвер с режимом регулирования по среднему току [Электронный ресурс]. – URL: <http://old.angstrom.ru/ru/an9961-led-drayver-s-rezhimom-regulirovaniya-po-srednemu-toku> (дата обращения: 14.11.2022).

4. Универсальность или специализация? Решения для управления светодиодами от Linear Technology и Texas Instruments [Электронный ресурс]. – URL: http://pt-air.ru/wp-content/uploads/ve_2_10.pdf (дата обращения: 14.11.2022).

5. Евсиков М. Универсальные стабилизаторы тока HV9910 и HV9910B // Радио. – 2012. – № 5. – С. 45-47.

6. HV9861A. Драйвер светодиодов с режимом регулирования по среднему току [Электронный ресурс]. – URL: https://supertex-i.ru/doc/HV9861A_RU.pdf (дата обращения: 14.11.2022).

7. CPC9909: Драйвер для построения модулей питания LED [Электронный ресурс]. – URL: <https://mt-system.ru/news/clare/cpc9909-drajver-dlja-postroeniija-modulej-pitanija-led> (дата обращения: 14.11.2022).

УДК 621.314.6

Боцманов Антон Вадимович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bozmanov Anton Vadimovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Фролов Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Frolov Alexey Valerievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ SIMINTECH ВЛИЯНИЯ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ ЦЕПИ НАГРУЗКИ ВЫПРЯМИТЕЛЯ НА МИНИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

RESEARCH THE INFLUENCE OF THE RECTIFIER LOAD CIRCUIT TIME CONSTANT ON THE MINIMUM RECTIFIED VOLTAGE BY THE SIMINTECH PROGRAM

Аннотация. Показано, что для расчёта стабилизатора важным параметром является минимальное значение выходного напряжения фильтра. В работе приводятся результаты исследования влияния постоянной времени RC-нагрузки на минимальное значение выходного напряжения однофазного однополупериодного выпрямителя. Показано, что минимальное напряжение нагрузки может изменяться в пределах от 0 В до амплитуды входного напряжения выпрямителя.

Abstract. It is shown that the filter output voltage minimum value is an important parameter for the stabilizer calculation. The paper presents the research results of the influence of the RC-load time constant on the single-phase half-wave rectifier output voltage minimum value. It is shown that the minimum load voltage can vary from 0 V to the rectifier input voltage amplitude.

Ключевые слова: выпрямитель, фильтр, минимальное напряжение, постоянная времени, SimInTech.

Key words: rectifier, filter, minimum voltage, time constant, SimInTech.

Введение

Классическая схема источника вторичного электропитания содержит следующие обязательные функциональные модули: выпрямитель, сглаживающий фильтр, стабилизатор (линейный или импульсный)[1-5]. Так как подавляющее большинство стабилизаторов выполнено по схеме понижения напряжения, то одним из критичных параметров

является допустимое минимальное напряжение на входе стабилизатора. Между тем, классические методики расчёта источников вторичного электропитания этот параметр совсем не учитывают – они оперируют такими параметрами как коэффициент пульсаций напряжения, частота пульсаций, среднее значение напряжения и т.д. Но стабилизатор, как правило, имеет коэффициент стабилизации на много больший, чем коэффициент сглаживания пульсаций фильтра. Поэтому с задачей устранения пульсаций стабилизатор справляется лучше сглаживающего фильтра. Это осуществляется за счёт ограничения напряжения, превышающего порог стабилизации. Но с провалами напряжения ниже порога стабилизации стабилизатор справиться не может и для этих целей необходим сглаживающий фильтр.

Исходя из вышеизложенного, при расчёте фильтра необходимо, прежде всего, обеспечить провалы выходного напряжения не ниже допустимого уровня, а не добиться нужного коэффициента сглаживания пульсаций.

Анализ диаграммы выходного напряжения выпрямителя с фильтром (рисунок 1) показывает, что максимальное выходное напряжение соответствует амплитуде входного напряжения выпрямителя. Минимальное выходное напряжение фильтра зависит от ёмкости фильтра и сопротивления нагрузки и может варьироваться от 0 В до амплитуды входного напряжения выпрямителя.

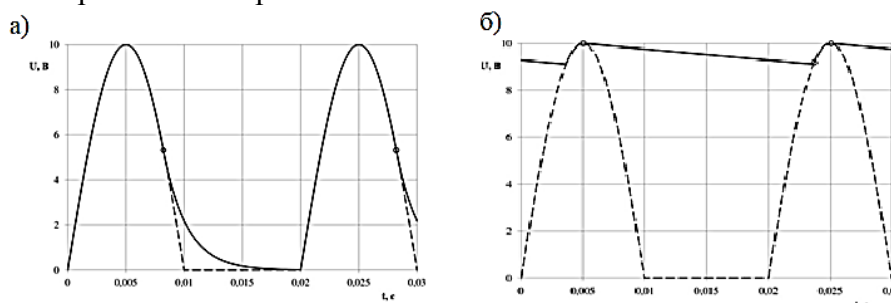


Рисунок 1 – Диаграммы выходного напряжения однофазного однополупериодного выпрямителя с ёмкостным фильтром: а – при малой ёмкости фильтра; б – при большой ёмкости фильтра

В настоящее время в литературе по расчёту источников вторичного электропитания отсутствуют сведения о влиянии постоянной времени RC-цепи нагрузки на минимальный уровень выходного напряжения фильтра. Поэтому настоящая работа посвящена исследованию указанного вопроса.

Методика эксперимента

Исследования проводились в программном симуляторе SimInTech (рисунок 2).

Параметры элементов модели: источник входного сигнала – амплитуда 100 В, частота 10 Гц; модель диода – 1N4004; сопротивление нагрузки 100 Ом; ёмкость конденсатора фильтра 10 мкФ – 100000 мкФ. Для определения минимального напряжения нагрузки использовался анализ диаграммы выходного напряжения, для чего результаты мгновенных измерений представлялись в табличном виде.

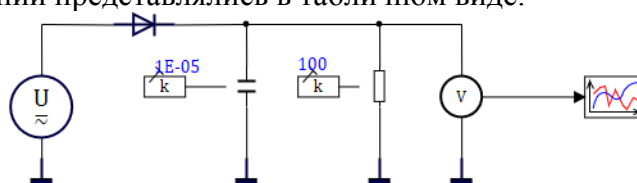


Рисунок 2 – Моделируемая схема в программе SimInTech

Во время исследований изменялось значение ёмкости фильтра и производилось измерение минимального значения выходного напряжения. Дальнейшая обработка результатов измерений выполнялась в программе «Excel». Для того, чтобы результаты исследований можно было применять к разным нагрузкам и разным входным напряже-

ниям, результаты экспериментов приводились в относительном масштабе – постоянная времени цепи приводилась относительно периода входного напряжения выпрямителя:

$$U_{min} = \frac{U_{н.мин}}{U_{вх}} \quad (1)$$

$$\frac{\tau}{T} = \frac{RC}{T} = RCf \quad (2)$$

где U_{min} – относительное минимальное напряжение нагрузки; $U_{н.мин}$ – минимальное значение напряжения нагрузки, В; $U_{вх}$ – действующее значение входного напряжения выпрямителя, В; τ – постоянная времени цепи, с; T – период сетевого напряжения, с; R – сопротивление нагрузки, Ом; C – ёмкость конденсатора фильтра, Ф; f – частота сети, Гц.

Результаты эксперимента

Результаты эксперимента представлены на рисунке 3.

Результаты исследований показывают, что в диапазоне $\tau < 0,1T$ минимальное напряжение нагрузки можно принять равным $U_{min} = 0$; в диапазоне $\tau > 10T$ минимальное напряжение нагрузки находится в диапазоне $U_{min} = 1,3 \dots 1,4$; а в диапазоне $0,1T \leq \tau \leq 10T$ зависимость минимального напряжения нагрузки лучшим образом (с точностью аппроксимации $R^2 = 0,9795$) аппроксимируется следующим выражением:

$$U_{min} \left(\frac{\tau}{T} \right) = 0,3242 \ln \left(\frac{\tau}{T} \right) + 0,5994 \quad (3)$$

При этом указанный диапазон изменения постоянной времени цепи при частоте сети 50 Гц и сопротивлении нагрузки 20 Ом соответствует ёмкости конденсатора фильтра 300 мкФ – 10000 мкФ, что является «рабочим» диапазоном для большинства практических применений схемы.

Анализ полученной зависимости показывает, что для обеспечения корректной работы стабилизатора можно не снижать уровень пульсаций с помощью конденсатора большой ёмкости, а повысить входное напряжение схемы, добившись тем самым повышения минимального напряжения нагрузки, но за счёт снижения КПД стабилизатора.

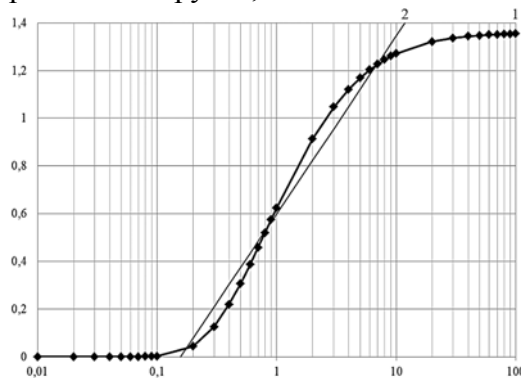


Рисунок 3 – Зависимость относительного минимального напряжения нагрузки от постоянной времени цепи нагрузки (1) и аппроксимация этой зависимости (2)

Заключение

Минимально допустимое напряжение на входе стабилизатора является одним из основных параметров схемы стабилизатора. Поэтому при расчёте сглаживающего фильтра в первую очередь необходимо учитывать именно этот параметр. Для получения на выходе источника вторичного электропитания стабилизированного напряжения с низким уровнем пульсаций возможно как увеличить коэффициент сглаживания пульсаций фильтра за счёт увеличения ёмкости конденсатора, так и увеличить входное напряжение схемы выпрямителя для повышения минимального выходного напряжения фильтра без изменения ёмкости фильтрующего конденсатора.

Относительное минимальное напряжение на выходе выпрямителя с фильтром зависит от постоянной времени RC-цепи нагрузки и изменяется от 0 до 1,35. В диапазоне $\tau < 0,1T$ минимальное напряжение нагрузки можно принять равным $U_{min} = 0$; в

диапазоне $\tau > 10T$ минимальное напряжение нагрузки находится в диапазоне $U_{min} = 1,3 \dots 1,4$; а в диапазоне $0,1T \leq \tau \leq 10T$ зависимость минимального напряжения нагрузки аппроксимируется выражением (3).

Применение полученных в результате исследований зависимостей в практических расчётах позволит избежать ошибок в виде завышенной ёмкости конденсаторов, приводящей к ухудшению массогабаритных и ценовых показателей проектируемого источника электропитания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бладыко Ю.В. Сглаживающие фильтры // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2010. №2. С. 36-40.
2. Бурков А.Т. Электроника и преобразовательная техника. // Москва : УМЦ ЖДТ. 2015. - 307 с.
3. Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчёт // Москва : СОЛОН-ПРЕСС. 2008. – 448 с.
4. Ефимов И.П. Источники питания РЭА // Ульяновск: УлГТУ. 2002. – 136 с.
5. Сажнёв А.М., Рогулина Л.Г., Абрамов С.С. Электропитание устройств и систем связи // Новосибирск : ГОУ ВПО СибГУТИ. 2008. – 112 с.
6. Романов В.П. Электропитание средств вычислительной техники / В.П.Романов // Новокузнецк: Кузнецкий индустриальный техникум. 2008. – 94 с.

УДК 620.92

Бутко Владимир Павлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Butko Vladimir Pavlovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кузьмин Роман Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электро-механика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuzmin Roman Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor the Department of Electromechanics, Komsomolsk-na-Amure State University

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА В СОСТАВЕ МИКРОГЭС

METHODS FOR REGULATING AND STABILIZING THE OUTPUT PARAMETERS OF A GENERATOR AS PART OF A MICROELECTRIC POWER PLANT

Аннотация. В данной работе рассматриваются некоторые виды стабилизации выходных параметров генераторов, которые входят в состав микроГЭС. Анализируются преимущества и недостатки различных типов стабилизации и регулирования. Производится выбор оптимального способа регулирования параметров генератора в составе микроГЭС.

Abstract. In this paper, some types of stabilization of the output parameters of generators that are part of microelectric power plants are considered. The advantages and disadvantages of various types of stabilization and regulation are analyzed. The choice of the optimal method for regulating the parameters of the generator as part of the microelectric power plant is made.

Ключевые слова: стабилизация, регулирование, генератор, выходные параметры

Key words: stabilization, regulation, generator, output parameters

Свободнопоточная микроГЭС представляет собой автономную энергетическую установку, которая позволяет получать электрическую энергию, используя гидравлическую силу рек. В общем случае установка состоит из генератора, гидротурбины и системы стабилизации выходных параметров.

Передача энергии, снятой с гидротурбины, на генератор, а также стабилизация и регулирование его выходных параметров может осуществляться несколькими способами, самый простой – это использование редуктора, который устанавливается между турбиной и генератором, и позволяет повысить обороты электрической машины. Однако использование любого промежуточного звена влечет за собой снижение КПД всей установки, что является существенным изъяном данного механизма.

За исключением вышеописанного редуктора, существует два типа систем стабилизации: системы, обеспечивающие постоянство скорости вращения приводного механизма, и системы, обеспечивающие устойчивость электрических параметров генератора.

Способы регулирования и стабилизации выходных параметров генератора:

1. Стабилизация частоты вращения турбины посредством управляемого направляющего аппарата или изменения угла атаки лопастей гидротурбины.

Для обеспечения устойчивой частоты, чаще всего используют регулируемый затвор (направляющий аппарат), который способен изменять поступающий на гидротурбину поток воды путем изменения угла поворота заслонки.

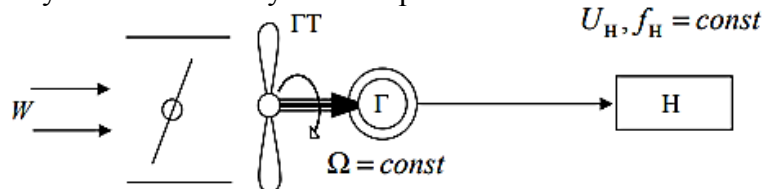


Рисунок 1 - Система стабилизации с использованием направляющего аппарата: W – поток воды; $ГТ$ – гидротурбина; $Г$ – генератор; $Н$ – нагрузка.

Недостатки системы: усложнение конструкции; необходимость использования дополнительной электромеханической системы управления частотой вращения установки (при широких диапазонах регулирования из-за инерционности элементов); необходимость выравнивания мощности, вырабатываемой электрической машиной, и мощности полезной нагрузки.

Достоинства системы: относительная невысокая стоимость.

2. Стабилизация частоты вращения генератора с использованием приводов постоянной скорости (ППС):

ППС обеспечивают постоянную скорость выходного вала генератора при различной (в малых диапазонах) частоте вращения гидротурбины. Устройство представляет собой накопитель механической энергии, которая запасена в виде воды в некотором поднятом резервуаре.

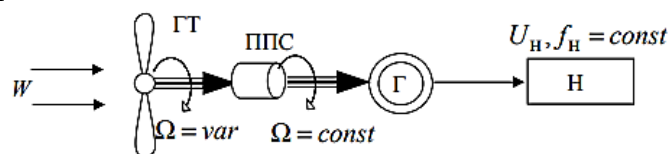


Рисунок 2 - Система стабилизации с использованием ППС

Недостатки системы: усложнение конструкции; малый диапазон регулирования скорости вращения приводного механизма; высокая стоимость; высокие потери КПД.

Достоинства системы: высокое качество электроэнергии; возможность использования нерегулируемых электрических машин.

3. Система стабилизации электрических параметров, использующая машинно-вентильные источники (МВИ):

МВИ представляют собой системы типа переменная скорость – постоянная частота (ПС-ПЧ) с использованием таких устройств, как инверторы и выпрямители. Не-

стабильный переменный ток подается на выпрямитель, который преобразует его в постоянный. Далее ток поступает на инвертор, который конвертирует его в переменный со стабильными частотой и напряжением.

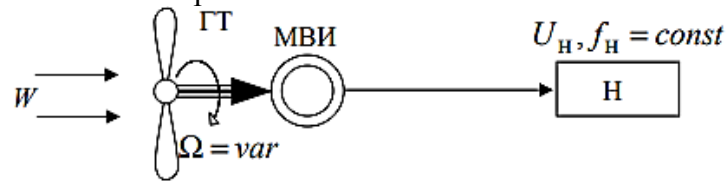


Рисунок 3 - Система стабилизации с МВИ

Недостатки системы: сложность устройств стабилизации; высокая стоимость; повышенные требования к механической прочности и мощности генератора (в следствии отсутствия возможности регулирования частоты вращения турбины).

Достоинства системы: высокое качество выходных параметров генератора; независимость электрических параметров от режима работы гидротурбины; возможность использования в широких диапазонах частоты вращения приводного механизма.

4. Системы стабилизации с использованием балластной нагрузки (БН):

4.1. Использование БН предполагает несколько способов регулирования, один из которых позволяет регулировать частоту вращения турбины за счет создания добавочного тормозного момента на валу дополнительной электрической машины. Регулирование электрических параметров происходит с помощью других устройств и способов. В качестве вспомогательной электрической машины можно использовать синхронный генератор (СГ) расположенный на одном валу с гидротурбиной. Основной генератор отдает мощность на полезную нагрузку, а дополнительный – на балластную, равную по мощности полезной.

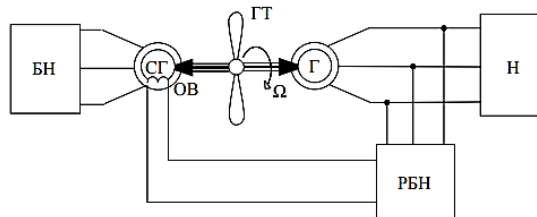


Рисунок 4 - Система стабилизации автобалластного типа с использованием двух СГ:

ОВ – обмотка возбуждения; РБН – регулятор балластной нагрузки.

Недостатки системы: увеличенный массогабаритный показатель (использование двух машин соизмеримой мощности); необходимость использования дополнительных регуляторов электрических параметров основного генератора

Достоинства системы: относительная простота конструкции; малая мощность и энергопотребление цепей управления; отсутствие влияния на цепь нагрузки со стороны цепей регулирования.

4.2. Второй метод использования БН заключается в управлении электрической мощностью генератора, за счет изменения его нагрузки. В данном случае используется метод автобалластной нагрузки (АБН), который сводится автоматическому перераспределению электрической мощности между некоторыми полезными нагрузками, часть из которых допускает отклонение величины питающего напряжения или его прерывание. Стабилизация частоты вращения генератора происходит путем подбора соответствующей нагрузки источника электропитания.

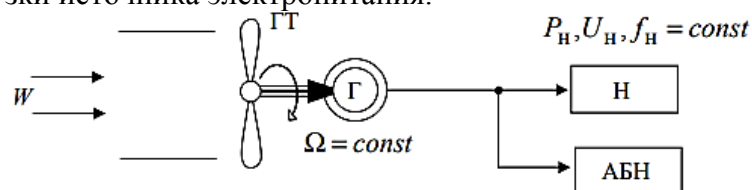


Рисунок 5 - Система стабилизации с использованием АБН

Недостатки системы: при использовании балласта часть электроэнергии отдается в окружающую среду в виде тепла (балластная нагрузка – теплонагревательные элементы).

Достоинства системы: отсутствие необходимости использования дополнительных промежуточных механизмов и устройств; полное исключение электрических устройств из системы стабилизации частоты вращения гидротурбины; высокое быстродействие; высокий КПД установки и низкая стоимость.

Исходя из вышеперечисленных способов стабилизации выходных параметров генератора, можно сделать о том, что использование систем стабилизации с автобалластной нагрузкой является самой выгодной (технически и экономически) и удобной, для регулирования параметров микроГЭС.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Б.В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. -187с.

2. Кузьмин В.М., Кузьмин Р.В. Генератор для микроГЭС// Патент на полезную модель RU 10791 U1, 16.08.1999. Заявка № 98121288/20 от 23.11.1998.

УДК 620.92

Бутко Владимир Павлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Butko Vladimir Pavlovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кузьмин Роман Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuzmin Roman Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor the Department of Electromechanics, Komsomolsk-na-Amure State University

БЕСПЛОТИННАЯ МИКРОГЭС ДЛЯ РАВНИННЫХ РЕК

DAMLESS MICROELECTRIC POWER STATION FOR LOWLAND RIVERS

Аннотация. В данной работе рассматривается автономная энергетическая установка - бесплотинная свободнопоточная микроГЭС для равнинных рек. Анализируются различные типы возобновляемых источников энергии. Исследуются преимущества и недостатки различных типов гидроэлектростанций, а также особенности всех видов микроГЭС.

Abstract. In this paper, an autonomous power plant is considered - a damless free-flowing microelectric power plant for lowland rivers. Various types of renewable energy sources are analyzed. The advantages and disadvantages of various types of hydroelectric power plants are investigated, as well as the features of all types of microelectric power plants.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, гидроэнергетика, микроГЭС

Key words: renewable energy sources, hydropower, microelectric power plants

Современная электроэнергетика России характеризуется увеличением стоимости производства энергии, поскольку большинство ресурсов, которые потребляет энергетика, ограничены. Поэтому с каждым годом все чаще поднимается вопрос о применении возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ), то есть использовании энергии непрерывных природных процессов.

ВИЭ подразделяются по видам преобразуемой энергии:

1. Механическая (потоки воды и ветра);
2. Тепловая и лучистая (геотермальная и солнечная активность);
3. Химическая (энергия биоматерии).

При этом, анализируя такой показатель, как коэффициент полезного действия (КПД), который основан на преобразовании используемого вида энергии в механическую работу, гидроэнергетика находится на первом месте с показателем 0,6-0,7, следом за ней расположилась ветроэнергия с показателем в двое меньшим, около 0,3-0,4.

Таблица 1 - Теоретический потенциал получения энергии в некоторых регионах

Регион	Вид энергии, млн.т.у.т./год				
	Ветроэнергия	Гидроэнергия	Солнечная энергия	Геотермальная энергия	Энергия биотоплива
Северный	3,0	5,98	0,32	-	0,0
Центральный	0,68	0,94	0,11	0,5	5,6
Уральский	1,33	5,24	0,2	0,5	5,4
Поволжский	1,15	4,3	0,16	1,0	4,3
Сибирский	7,27	57,8	2,17	36	6,3
Дальневосточный	6,7	55,6	1,58	40,0	2,2
Всего	20,13	129,16	4,54	78,0	23,8

По данным таблицы видно, что преобладающей является гидравлическая энергия рек. Объясняется это высокой энергетической плотностью потока воды и относительной временной стабильностью режима стока большинства водных магистралей.

Гидроэнергия рек обусловлена движением потока, массы воды. Гидроэнергетические установки преобразуют энергию либо напора воды, либо течения, образуемого за счет разности уровня воды на определенном участке. Рассматривая гидроэнергетику, как основной вид энергии, выделяют несколько типов гидроэлектростанций (ГЭС) по мощности:

1. Микро (до 0,1 МВт)
2. Мини (0,1 – 1 МВт);
3. Малые (1 – 10 МВт);
4. Крупные (>10 МВт).

Установки и станции разряда «мини» и более мощные предполагают наличие в своей конструкции плотины, которая гарантирует запас воды в хранилище и напор на турбине. Помимо преимуществ (постоянство давления воды и отсутствие вредоносных выбросов в атмосферу) такой тип ГЭС имеет и недостатки, такие как высокая стоимость строительства плотины, нарушение экосистемы реки и потеря огромных земельных участков.

Для решения проблем «больших» плотинных ГЭС представляется возможность использования бесплотинных микроГЭС. Перспективность установок данного типа заключается в следующих аспектах: экологическая безопасность, простота конструкции и установки, и невысокая стоимость при большом уровне надежности установки и высоком качестве электроэнергии.

Бесплотинные микростанции, в свою очередь, подразделяются на две категории: деривационного типа (напорные) (часть воды из реки отводится в напорный трубопровод) и свободнопоточные (гидротурбина устанавливается непосредственно в русло реки).

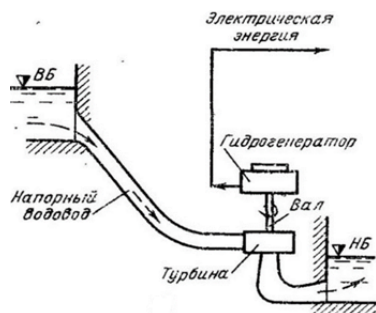


Рисунок 1 - Принципиальная схема напорной микроГЭС

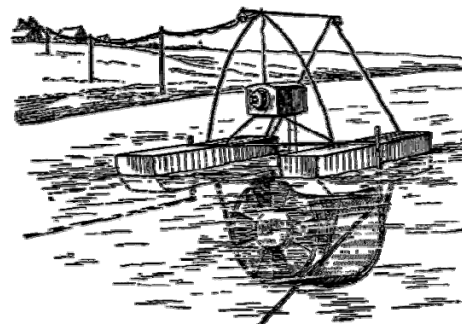


Рисунок 2 - Пример свободнопоточной микроГЭС

Деривационные типоконструкции устанавливаются в быстрых, горных реках, что является существенным недостатком, поскольку большинство бассейнов рек России – низкопоточные (равнинные). Кроме того, горные реки обладают огромной разрушительной силой и нестабильностью потока, что усложняет возможность снятия стабильной энергии.

Свободнопоточные станции забирают энергию непосредственно у русла, и не требуют дополнительных отводов или установок для перенаправления потока. Недостатками этих конструкций является отсутствие круглогодичного получения энергии в виду замерзания и ледохода рек.

Как основу для бесплотинной свободнопоточной микроГЭС, предлагается использовать дугостаторный индукторный генератор, совмещенный с гидротурбиной.

Преимуществом данной конструкции микроГЭС является то, что гидротурбина закреплена непосредственно на вращающейся части генератора и погружаемой частью является только турбина и ее опора, остальная часть генератора находится над поверхностью воды, что исключает возможность повреждения электрической части, и обеспечивает удобство эксплуатации, диагностики и ремонта оборудования.

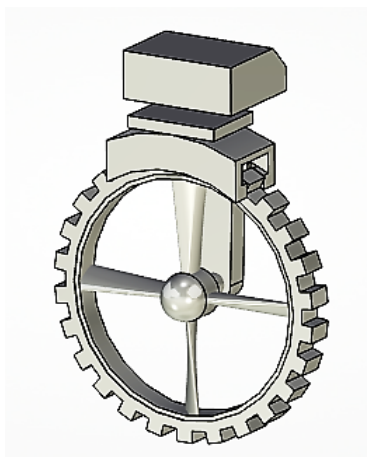


Рисунок 3 - Модель микроГЭС

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Б.В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. -187с.
2. Лукутин, Б.В. Использование механической энергии возобновляемых природных источников для энергоснабжения автономных потребителей. / Б. В. Лукутин, Г.А. Сипайлов – Фрунзе.:Илим, 1987.-135 с
3. Кузьмин В.М., Кузьмин Р.В. Генератор для микроГЭС// Патент на полезную модель RU 10791 U1, 16.08.1999. Заявка № 98121288/20 от 23.11.1998.
4. Ю. Н. Дементьев, А. Д. Суровец, Р. В. Кузьмин, В. И. Суздорф. МикроГЭС с автобалансным выравниванием нагрузки / Ю. Н. Дементьев, А. Д. Суровец, Р. В. Кузьмин, В. И. Суздорф // Электромеханические преобразователи энергии материалы VII Международной научно-технической конференции, 14-16 октября 2015 г., г. Томск: / Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) ; Томская область, Администрация ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) . — Томск : Изд-во ТПУ , 2015 . — С. 81-86.
5. Пивоваров В.А. Проектирование и расчет систем регулирования гидротурбин. – Л.: Машиностроение, 1973. – 273 с

Васильев Владимир Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Vasilev Vladimir Vladimirovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Копытов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kopytov Sergey Mikhailovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

СХЕМНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВИЗОРА НА БАЗЕ ПИРОМЕТРА

CIRCUIT IMPLEMENTATION AND SOFTWARE OF A THERMAL IMAGER BASED ON A PYROMETER

Аннотация. Целью работы является создание доступного тепловизора на основе пирометра. Для получения двумерного изображения использована механическая развертка с помощью двух сервоприводов. В целом тепловизор состоит из микроконтроллерного устройства сканирования и компьютера для регистрации и вывода изображения на монитор. Рассмотрена электрическая схема устройства сканирования. Представлено программное обеспечение, выполненное в среде графического программирования LabVIEW, которое содержит программный модуль для контроллера устройства сканирования и программный модуль для компьютера.

Abstract. The aim of the work is to create an affordable thermal imager based on a pyrometer. Mechanical scanning with the help of two servo drives was used to obtain a two-dimensional image. In general, the thermal imager consists of a microcontroller scanning device and a computer for recording and displaying the image on the monitor. The electrical circuit of the scanning device is considered. Presented is software executed in the LabVIEW graphical programming environment, which contains a software module for the controller of the scanning device and a software module for a computer.

Ключевые слова: пирометр, сервопривод, тепловизор, myRIO, компьютер, LabVIEW.

Key words: pyrometer, servo drive, thermal imager, myRIO, computer, LabVIEW.

В работе [1] была представлена структурная схема тепловизора на основе пирометра MLX90614 ACF с интерфейсом I2C, преимуществом которого является низкая стоимость. Для получения изображения используется механическая развертка пирометра по двум направлениям с помощью двух сервоприводов. Для управления пирометром используется контроллер myRIO, но его можно заменить более экономичным устройством, например, контроллером Arduino Nano. Недостатками тепловизора являются пониженная пространственная разрешающая способность и затраты времени на механическое сканирование. Однако при исследовании неподвижных объектов устройство вполне применимо. Кроме того, благодаря повороту пирометра по двум направлениям имеется возможность получить тепловизионное изображение всего окружающего пространства, а не только его ограниченной области.

Благодаря использованию готовых модулей электрическая схема устройства сканирования получается достаточно простой (рисунок 1). Модулем А1 является контроллер MyRIO. Контроллер питается от сетевого блока питания через разъем Power и подключается к компьютеру с помощью разъема интерфейса USB.

Компьютер необходим для регистрации тепловизионных изображений и вывода их на свой монитор. Пирометр А2 получает питание от контроллера и подключен к

нему по интерфейсу I2C. Сервоприводами А3 и А4 управляют ШИМ сигналы, приходящие с выводов DIO8/PWM0 и DIO9/PWM1 разъема МХР А контроллера. Поскольку при работе сервоприводы создают помехи на линии питания и потребляют повышенный ток, для их питания использован отдельный источник, подключаемый через разъем ХР1.

По сути тепловизор состоит из самого устройства сканирования и компьютера, регистрирующего и отображающего получаемую тепловизионную информацию. Поэтому требуется разработать программное обеспечение как для контроллера, так и для компьютера. В таких случаях одним из наиболее подходящих инструментов является среда графического программирования LabVIEW. В данной среде можно создавать программные проекты, включающие несколько взаимодействующих между собой устройств. В рассматриваемой работе проект содержит программный модуль для контроллера MyRIO и программный модуль для компьютера.

Программный модуль на LabVIEW состоит из двух элементов – блок-диаграммы и лицевой панели. Блок-диаграмма является собственно программой, которая выполняет все предусмотренные программистом действия. Лицевая панель предназначена для ввода задаваемых пользователем параметров и отображения результатов на индикаторах различных типов.

Поскольку программный модуль для контроллера MyRIO непосредственно с пользователем не взаимодействует, на его лицевой панели предусмотрены всего два элемента – кнопка «STOP» и числовой индикатор «Temperature 2» для проверки функционирования пирометра.

Программа работает следующим образом. Сначала перед выполнением внешнего цикла «For» открывается интерфейс I2C, задается скорость обмена 100 кбит в секунду, открываются два канала ШИМ и создается канал записи для потоковой передачи данных в компьютер. Затем во внешнем цикле «For» значения счетчика итераций «i» и частоты ШИМ сигнала 50 Гц используются для расчета скважности ШИМ и установки скважности и частоты канала PWM0 с помощью соответствующей функции. Внешний цикл «For» отвечает за поворот пирометра на один шаг по вертикали.

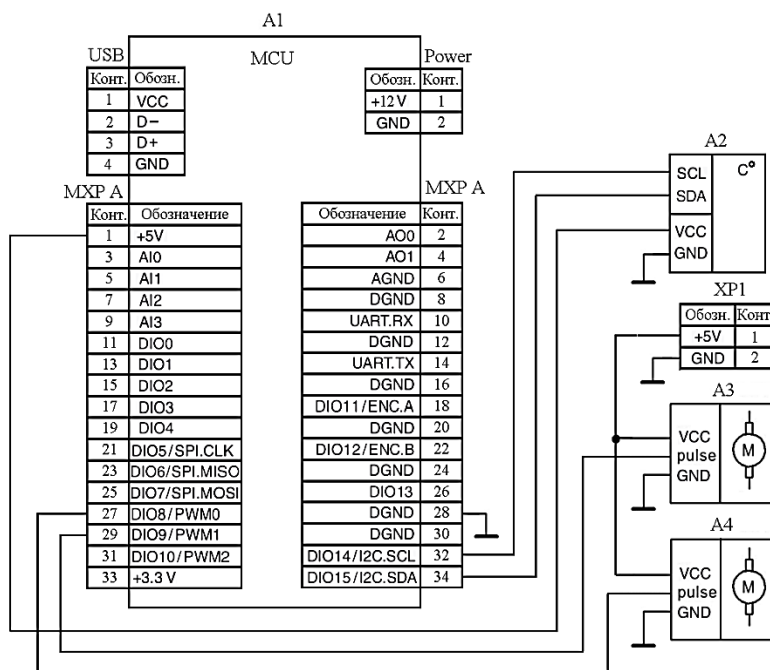


Рисунок 1 – Электрическая схема устройства сканирования

Блок-диаграмма разработанного программного модуля для контроллера MyRIO приведена на рисунке 2.

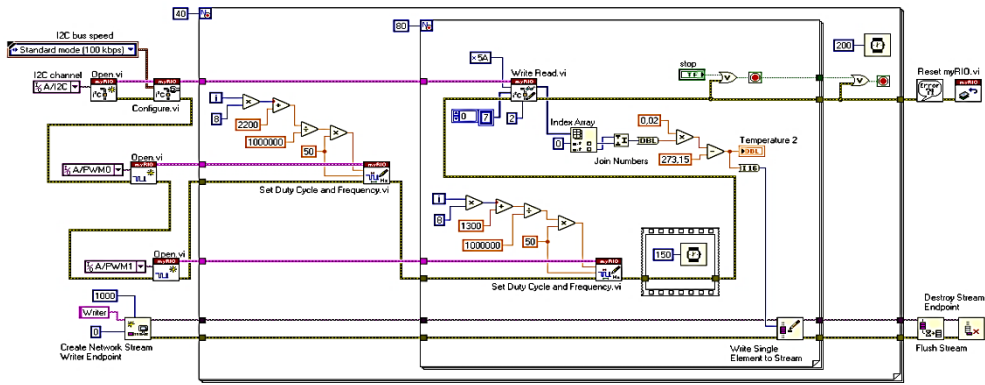


Рисунок 2 – Блок-диаграмма программы работы контроллера myRIO

Происходит вход во внутренний цикл «For», который отвечает за поворот по горизонтали, измерение температуры и запись полученного значения в поток. Сначала в соответствии с последовательностью прохождения шины ошибки рассчитываются и устанавливаются параметры канала PWM1. Вводится задержка на 150 мс. Затем с помощью функции «Write Read.vi» происходит считывание массива из 2 байт из регистра с номером 7 пирометра, который имеет шестнадцатеричный адрес 5A в пространстве интерфейса I2C. Массив преобразуется в 2 байта, старший и младший меняются местами и собираются в 16 разрядное целое. Это значение преобразуется в действительное число, и происходит расчет температуры в градусах Цельсия. Значение температуры выводится на числовой индикатор на лицевой панели и записывается в поток для передачи в компьютер.

Внутренний цикл повторяется 80 раз в соответствии с заданным значением. Затем происходит выход во внешний цикл, поворот пирометра на один шаг и сканирование новой строки. Получаемый формат изображения 80×40. По окончании сканирования происходит сброс контроллера и завершение потоковой передачи.

Блок-диаграмма программного модуля для компьютера приведена на рисунке 3.

Сначала создается канал чтения для потоковой передачи данных в компьютер из контроллера и инициализируется массив с размерностью 80×40. В итерациях внешнего цикла «For» индекс строк изменяется от 39 до 0, в итерациях внутреннего цикла «For» индекс столбцов изменяется от 0 до 79. При этом из потока читается очередное значение температуры и записывается в массив. Значения массива выводятся в виде графического двумерного распределения интенсивности с условной раскраской по цветам радуги, формируя тепловизионное изображение.

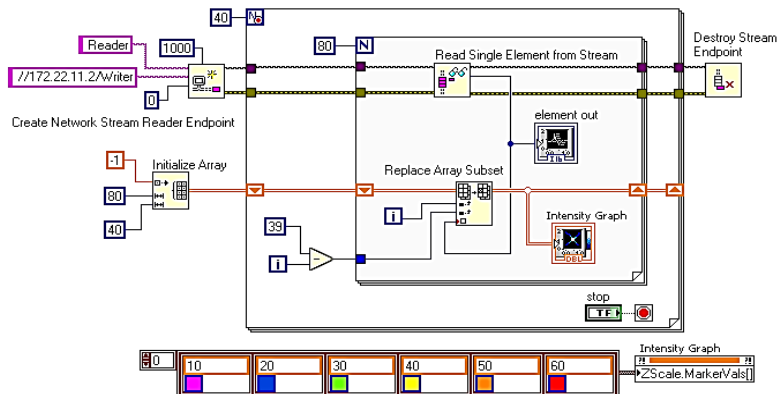


Рисунок 3 – Блок-диаграмма программы работы компьютера

Лицевая панель программного модуля для компьютера с полученным изображением человека и теплой потолочной газоразрядной лампой приведена на рисунке 4.

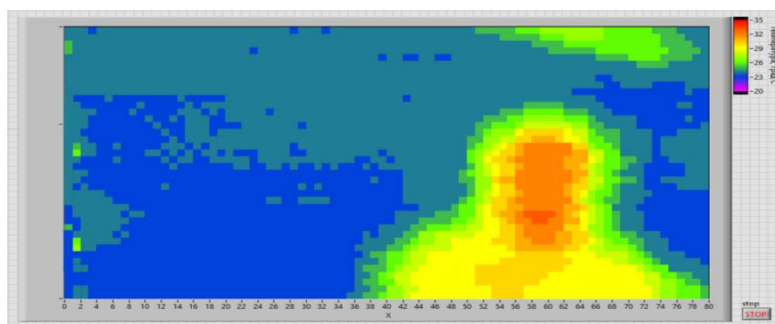


Рисунок 4 – Лицевая панель программы работы компьютера

Таким образом, разработанный тепловизор выполняет свои функции и может использоваться в экспериментальных исследованиях, например, для контроля тепловыделения создаваемых электронных устройств.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев, В.В. Разработка тепловизора на базе инфракрасного датчика температуры / В. В. Васильев, С. М. Копытов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы V Всерос. нац. науч. конф. молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11-15 апреля 2022 г. : в 4 ч. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2022. – Ч. 1. – С. 275-277.

УДК 621.3

Васильев Владимир Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Vasilev Vladimir Vladimirovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Круговой Роман Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Krugovoy Roman Nikolaevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

ИМПУЛЬСНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРЯМОХОДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

SWITCHING POWER SUPPLY BASED ON A FORWARD VOLTAGE CONVERTER FOR LED LIGHTING

Аннотация. В данной статье представлены результаты моделирования прямоходового импульсного источника питания постоянного напряжения в программе NI Multisim. Получены осциллограммы работы основных узлов схемы, показано выходное напряжение устройства при измененном входном напряжении. Результаты моделирования, полученные в программе Multisim, подтверждают адекватность и достоверность имитационной модели устройства и его схемотехнической реализации.

Abstract. This article presents the results of modeling a direct-current switching DC power supply in the NI Multisim program. The oscillograms of the operation of the main modes of the circuit are obtained, the output voltage of the device is shown at a changed input voltage. The simulation results, obtained in Multisim, confirm adequacy and validity of the simulation model of the device and its circuit implementation.

Ключевые слова: прямоходовой конвертер, микросхема UC3842, Multisim, моделирование.
Key words: forward converter, UC3842 chip, Multisim, modeling.

В настоящее время проектирование импульсных источников электропитания с необходимыми выходными параметрами не вызывает затруднений. Как правило, такие импульсные источники электропитания реализуются на основе широко известных схем и топологий. Выбор оптимальной топологии для построения современного импульсного источника электропитания обусловлен его мощностью, надежностью и назначением, а также необходимостью изменения выходных параметров в широком диапазоне регулирования.

В данной статье мы рассмотрим разработку и исследование импульсного источника питания для светодиодного освещения на основе одноконтурного прямоходового преобразователя (или forward-конвертора).

Топология прямоходовых преобразователей является одной из базовых при построении импульсных источников питания. Наряду с обратноходовыми, forward-конвертеры позволяют получать на выходе стабильное постоянное напряжение из переменного сетевого на входе [1]. Однако, некоторые принципиальные отличия накладывают ограничения на использование flyback-конвертеров в малогабаритных источниках питания.

Главным преимуществом использования прямоходовой схемы является уменьшенные по сравнению с flyback-конвертерами массогабаритные показатели трансформатора. Зачастую, данный параметр является критически важным при построении цепей питания во многих устройствах.

Кроме того, по сравнению с обратноходовым преобразователем прямоходовая топология характеризуется меньшим уровнем пульсаций напряжения в нагрузке и электромагнитных помех, а также большей эффективностью при низких входных напряжениях.

Вторым немаловажным фактором является увеличенный нагрев обратноходовых блоков питания ввиду большого количества индуктивных выбросов при коммутациях из-за особенностей работы схемы.

В прямоходовых источниках питания этого удастся избежать использованием специальной демпфирующей цепи, способной поглотить всю паразитную индукцию [2].

В комплектах светодиодного освещения, представленных на современном рынке, обычно поставляются блоки питания на основе обратноходовой топологии [3].

Характеристики таких источников питания порой не устраивают конечного потребителя, так как при выходных параметрах в 12 В 1 А блок питания оказывается достаточно громоздким и имеет тенденцию к достаточно сильному нагреву.

Обе эти проблемы можно решить, разработав компактный источник питания на основе прямоходовой топологии.

Для моделирования будет использоваться одноконтурная схема прямоходового источника питания (рисунок 1).

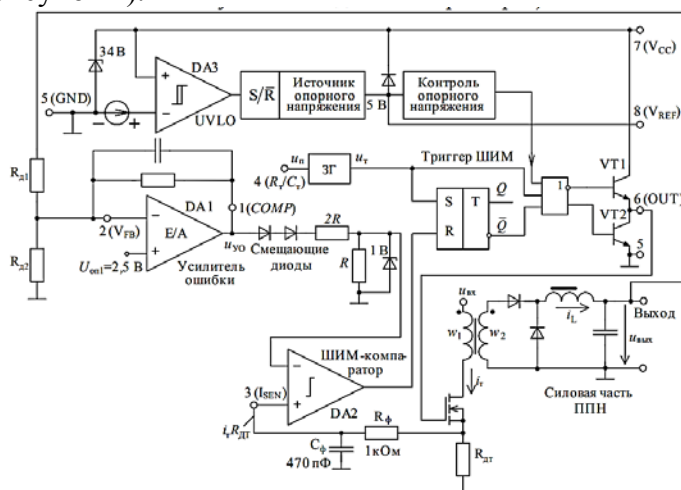


Рисунок 1 – Принципиальная схема источника питания

Перенесем исследуемую схему в ПО NI Multisim (рисунок 2).

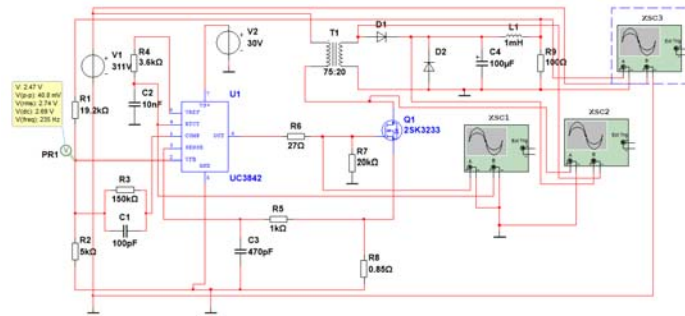


Рисунок 2 – Схема БП в NI Multisim

Расчет элементов производился таким образом, чтобы получить на выходе схемы 12,1 В постоянного напряжения. На входе схемы расположен DC источник напряжением 311 В, имитирующий выпрямленное сетевое напряжение 220 VAC, для исключения выпрямляющих цепей и экономии места на рабочем поле.

В качестве ШИМ-контроллера используется распространенная микросхема UC3842 ввиду того, что ее модель представлена в библиотеке Multisim.

Модель трансформатора является идеальной. Обратная связь реализована делителем напряжения R1-R2, соединенного с выходом схемы. При увеличении падения напряжения на резисторе R2 выше 2.5 В контроллер уменьшает либо прекращает генерацию управляющих импульсов, тем самым стабилизируя выходное напряжение.

Ниже приведены осциллограммы исследуемой схемы в установившемся режиме (рис. 3 – 5)

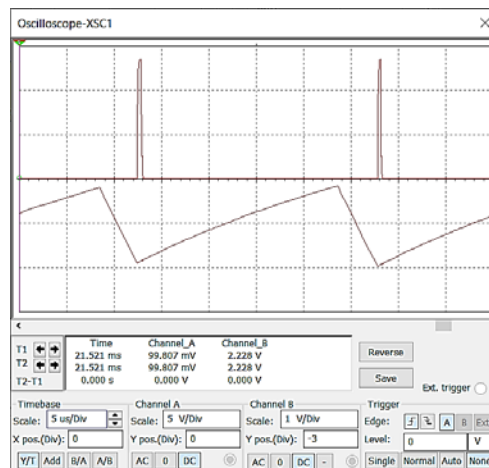


Рисунок 3 – Управляющие импульсы (сверху) и пилообразное напряжение (снизу)

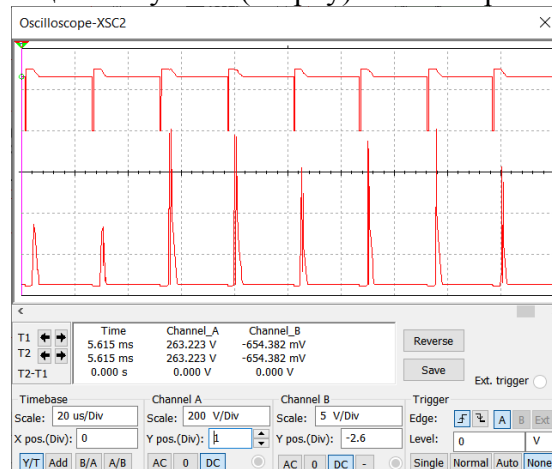


Рисунок 4 – Напряжение на первичной обмотке трансформатора (сверху) и напряжение на диоде D1 (снизу)

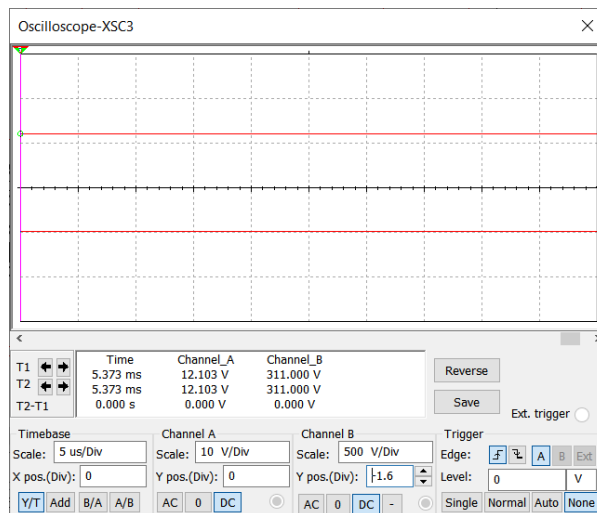


Рисунок 5 – Напряжение на выходе БП (сверху) и напряжение на входе БП (снизу)

Рассмотрим случаи понижения и повышения входного напряжения в пределах $\pm 10\%$ (рис. 6-7).

Результаты моделирования в Multisim, представленные на рис. 6-7, наглядно демонстрируют, что при повышении или понижении входного напряжения выходное напряжение стабильно, что подтверждает работоспособность данной схмотехнической реализации импульсного блока питания для светодиодного освещения на основе прямоходовой однотактной схемы.

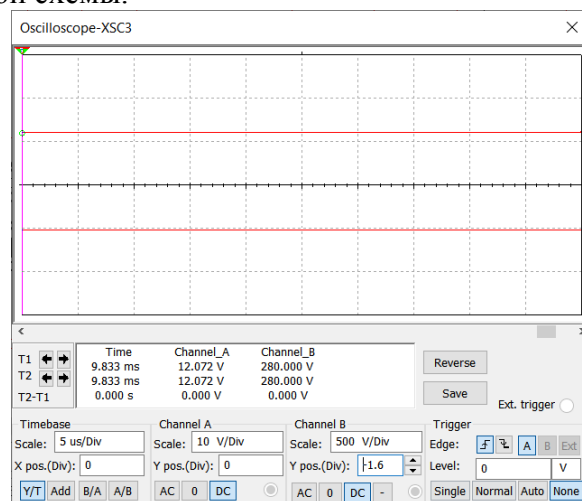


Рисунок 6 – Выходное напряжение источника при пониженном входном

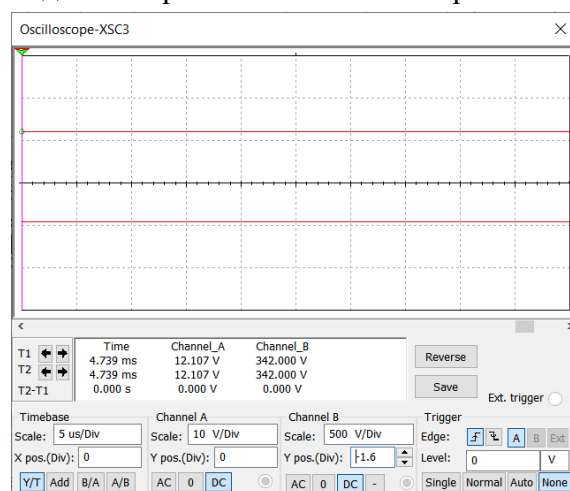


Рисунок 7 – Выходное напряжение источника при повышенном входном

В заключение отметим, что моделирование прямоходового импульсного преобразователя постоянного напряжения в программе Multisim позволило достаточно подробно исследовать установившиеся режимы работы аналоговых устройств.

Это обусловлено наличием и возможностью использования готовой Pspice-модели микросхемы UC3842 из библиотеки программы Multisim. В этом состоит одно из преимуществ программы Multisim по сравнению, например, с программой Proteus, которая больше ориентирована для моделирования цифровых устройств.

Результаты моделирования, полученные в программе Multisim, показали адекватность и достоверность имитационной модели импульсного блока питания для светодиодного освещения на основе прямоходовой одноконтурной схемы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Б. Ю. Семенов. Силовая электроника: от простого к сложному. - М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 416 с.: ил. (Серия <<Библиотека инженера>>)
2. В.И. Мелешин. Транзисторная преобразовательная техника. – М.: Техносфера, 2005. – 632 с.
3. Л.П. Варфоломеев. Элементарная светотехника. – М.: , 2013. – 146 с.

УДК 621.313

Дружинин Владимир Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Druzhinin Vladimir Alexandrovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Сухоруков Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhorukov Sergei Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Electric drive and automation of industrial installations Department, Komsomolsk-na-Amure State University

Иванов Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ivanov Sergey Nikolaevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ КРЫШИ ОТ СОСУЛЕК

ELECTROMECHANICAL DEVICE FOR ROOF CLEANING FROM ICICLES

Аннотация. Данная работа посвящена применению электромеханического устройства для уборки сосулек с карнизов крыш. В статье анализируются причины образования сосулек и существующие способы избавления от них. Конструкция и принцип действия электромеханического устройства для очистки крыши от сосулек. Показаны основные направления совершенствования оборудования для удаления льдообразований.

Abstract. This work is devoted to the use of an electromechanical device for cleaning icicles from roof eaves. The article analyzes the causes of the formation of icicles and the existing ways to get rid of them. The design and principle of operation of an electromechanical device for cleaning the roof of icicles. The main directions of improvement of equipment for the removal of ice formations are shown.

Ключевые слова: электромеханическая система, автоматизация, наледь, сосульки, крыша.

Keywords: electromechanical system, automation, frost, icicles, roof.

В зимне-весенний период одной из актуальных проблем является образование на карнизах и водостоках крыш сосулек, представляющих опасность для всего что, находится под ними. Свисающая наледь нередко становится причиной травмирования проходящих мимо людей, а иногда и летальных исходов. Ежегодно жертвами сосулек становятся от 500 до 2000 человек по всему миру. Также сосульки наносят ущерб имуществу в виде обрушения крыш, козырьков, водосточных труб, нанесения повреждений припаркованным автомобилям. Хабаровский край занимает 3 место среди регионов, где автовладельцы заявляли об ущербе, нанесенном автомобилям вследствие падения снега и льда в 2020-2021 году.

Причины образования сосулек можно разделить на две категории: естественные и искусственные. К естественным причинам относятся суточные колебания температур, то есть днем температура переходит нулевой порог и снег на крыше начинает подтаивать, а ночью талая вода снова замерзает, тем самым образуя наледь. К искусственным причинам относится плохая теплоизоляция крыши, из-за чего теплый воздух из помещений так же способствует таянию снега и его последующему замерзанию ночью. Отличие состоит лишь в том, что при плохой теплоизоляции, процесс образования наледи происходит круглосуточно, что делает их объем еще больше.

Для предотвращения образования наледи необходимо:

- предотвратить попадание на край крыши талой воды;
- уменьшить интенсивность таяния снега на основной площади крыши за счет обеспечения нормального уровня температуры и влажности чердака;
- уменьшить количество талой воды путем уменьшения скоплений снега на свесах кровли.

На сегодняшний день существует несколько способов удаления сосулек:

1. Ручная уборка.

При таком способе лед сбивается вручную при помощи лопаты, лома, специальной рейки или молотка с использованием альпинистского снаряжения, которое позволяет спуститься по крыше и вручную сбить лед. Либо с применением спецтехники - человека поднимают с помощью специального подъемника.

2. Сбивание сосулек пневматическим оружием.

Такой способ считается довольно опасным и для него требуется расставлять охрану, чтобы не травмировать прохожих. Данное оружие должно быть зарегистрировано.

3. Установка антиобледенительной системы.

Кабельная система, нагревающая край ската крыши не позволяет талой воде замерзать. Достаточно популярный метод, но дорогостоящий. Система включает в себя устройство управления, крепежные элементы, греющие секции из резистивного или саморегулирующегося кабеля и распределительную сеть.

4. Воздействие паром.

Этот метод используется реже механического и заключается в легком отцеплении сосульки от крыши при помощи снабженного шлангом газового баллона. Пар под давлением подтаивает сосульку, и она сама отпадает.

5. Существуют также методы устранения сосулек лазером, электрическим импульсом и ультразвуком. Эти методы применяются крайне редко, так как являются достаточно дорогими.

Существующие способы удаления сосулек, как правило, требуют присутствия человека, который будет производить уборку наледи. В то время как существующие автоматизированные системы являются дорогостоящими, поэтому нужна система, не имеющая этих недостатков.

С помощью электромеханических устройств можно автоматизировать ручную уборку наледи, при этом такое устройство будет иметь сравнительно небольшую стоимость.

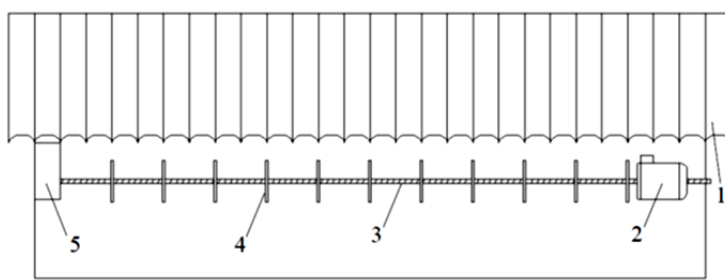


Рисунок 6 – Общий вид электромеханического устройства для очистки крыши от сосулек
1 – крыша; 2 – электродвигатель; 3 – шнек; 4 – лопатки; 5 - опора

Данная система состоит из асинхронного электродвигателя, при работе которого будет втягиваться и вытягиваться шнек, в зависимости от того в какую сторону вращается ротор двигателя. На самом шнеке расположены лопатки произвольной формы, обеспечивающие минимальное усилие для того, чтобы сломать сосульку. Лопатки будут перемещаться вместе со шнеком на небольшое расстояние, вдоль крыши, и сбивать свисающую с карниза наледь. Опора на противоположном конце имеет паз, по которому будет ходить шнек. Такая конструкция не позволит двигателю вращать шнек и, следовательно, сами лопатки вместе с ним.

Включение системы будет происходить с помощью световых датчиков, реагирующих на изменение уровня освещения, вызванное перекрытием света сосульками. Питание системы производится от общей сети здания, на которое данная система будет устанавливаться.

Применение такой системы позволит обезопасить прилегающие к зданию территории и не позволит сосулькам вырастать до размеров, при которых они могут оборвать водосток или нанести ущерб другим элементам крыши. По сравнению с существующими аналогами эта система имеет меньшую стоимость и энергопотребление так как состоит из простых элементов, а в основе применяется электродвигатель небольшой мощности, который будет работать только при необходимости.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сухоруков, С.И. Способ удаления гололеда с проводов линий электропередач. / С.И. Сухоруков, Д.А. Орлов, В.А. Соловьев, В.М. Козин // Успехи современного естествознания. – 2012. С. 54-54.
2. Сухоруков С.И. Электротехнические комплексы и системы : специальность 05.09.03 «Автоматизированная система удаления льда с проводов ЛЭП» : автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сухоруков Сергей Иванович ; Комсомольский-на-Амуре государственный университет. – Комсомольск-на-Амуре, 2016. – 24 с.
3. Ратушняк В.С. Электротехнические комплексы и системы : специальность 05.09.03 «Автоматизированная система удаления льда с проводов ЛЭП» : дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ратушняк Валентина Сергеевна ; Иркутский государственный университет путей сообщения. – Иркутск, 2021. – 178 с.
4. Ким К.К., Иванов С.Н. К вопросу определения механической характеристики теплового электромеханического преобразователя // Электротехника. 2009. № 8. С. 47-54.
5. Ким К.К., Иванов С.Н., Горбунов А.В., Титова Т.С, Никитин В.В., Киселев И.Г. Автоматизированный электромеханический привод вагонных дверей // Электротехника. 2019. № 10. С. 11-16.
6. Ким К.К., Иванов С.Н., Колесник М.Б. Моделирование устойчивости электромеханического преобразователя при осевых нагрузках // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2022. Т. 65. № 2. С. 45-50.
7. Ким К.К., Иванов С.Н. Повышение эффективности электропривода магистральных задвижек // Изв. СПбГЭТУ "ЛЭТИ". 2020. № 3. С. 71 - 77.

8. Иванов С.Н., Ким К.К. Моделирование комбинированного электропривода // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2019. Т. 62. № 3 (197). С. 44-51.
9. Ким К.К., Иванов С.Н. К вопросу определения механической характеристики теплового электромеханического преобразователя // Электротехника. 2009. № 8. С. 47-54.

УДК 621.311

Елистратова Лариса Анатольевна, студент ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Elistratova Larisa Anatolyevna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Скрипилев Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Skripilev Alexandr Alexandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor Department of "Electromechanics", Komsomolsk-na-Amure State University

ПОВЫШЕНИЕ СОСТОЯНИЯ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

IMPROVING THE RELIABILITY AND QUALITY OF POWER SUPPLY TO CONSUMERS

Аннотация. Бесперебойное электроснабжение считается главным фактором, позволяющих удовлетворять все жизненные процессы потребителей. Перерывы в электроснабжении могут быть приравнены к чрезвычайным ситуациям и техногенным катастрофам. При этом происходит снижение экономических показателей благополучия потребителей. Многие страны заинтересованы в организации процессов, которые позволят изменить эффективность электроэнергетической отрасли в лучшую сторону. Ключевыми аспектами являются разногласия участников оптового рынка электрической энергии по вопросам производства, передачи, трансформации и перераспределения электроэнергии. Существенно отличается уровень нормативной документации, которая регламентирует деятельность субъектов оптового рынка электроэнергии. Также следует учитывать необходимость реорганизации структуры управления, а также взаимосвязанных блоков.

Abstract. Uninterrupted power supply is considered the main factor allowing to satisfy all vital processes of consumers. Interruptions in power supply can be equated to emergencies and man-made disasters. At the same time, there is a decrease in economic indicators of consumer well-being. Many countries are interested in organizing processes that will change the efficiency of the electric power industry for the better. The key aspects are the disagreements of the participants of the wholesale electricity market on the production, transmission, transformation and redistribution of electricity. The level of regulatory documentation that regulates the activities of subjects of the wholesale electricity market differs significantly. It should also take into account the need to reorganize the management structure, as well as interrelated blocks.

Ключевые слова: надежность электроснабжения, мониторинг, нагрузка, потребители.

Key words: reliability of power supply, monitoring, load, consumers.

Начальным этапом повышения надежности электроснабжения является создание системы мониторинга в данном направлении.

Целью мониторинга является оценка существующего состояния объектов критической инфраструктуры, которые должны соответствовать нормативной документации, предполагающей не только оценку текущего состояния, но и периодичность тех-

нического обслуживания устройств, их ремонтов и проектов по реконструкции (модернизации).

Также необходимо изучать причинно-следственные причины каждого отказа оборудования, которые привели к отключению потребителей.

При формировании классификационных требований к разделению потребителей по территориальному признаку следует применять следующие принципы:

- оборудование и технические средства релейной защиты и автоматики (далее РЗА), противоаварийной автоматики (далее ПА);
- объекты технологического назначения (линии электропередач, понизительные и районные подстанции, схемы размещения силового оборудования);
- диспетчеризация электроэнергетической системы;
- субъекты оптового рынка электроэнергии со структурными и линейными подразделениями.

Система мониторинга подразумевает под собой оценку прошлых периодов, оценку текущего состояния и прогноз будущего отрезка, при этом необходимо учитывать, что прошедший и будущий период должны быть одинаковы по продолжительности.

Качественный анализ предполагает учет всех факторов, которые могли оказать прямое или опосредованное значение на процесс развития аварийной ситуации:

- время срабатывания устройств РЗА, ПА;
- продолжительность переходных процессов.

Новым направлением считается синхронность считывания информации об произошедших авариях и событиях в специально отмеченных точках энергосистемы, в которых происходят характерные динамические изменения.

Система мониторинга должна быть автоматической или как минимум автоматизированной на 90 %.

При автоматизированном процессе мониторинга возможно влияние человеческого фактора, который может повлиять на следующие показатели: измерения (прямые и косвенные); обработка первичной информации; принятие управленческих решений.

Система мониторинга не может быть создана одномоментно, так как функциональные задачи на последовательных этапах отличаются друг от друга.

Нарушения в работе энергосистемы возможно контролировать по существующим средствам: SCADA/EMS; АСКУЭ.

Для достижения конечной цели мониторинг должен осуществляться всеми субъектами оптового рынка.

Новые тренды связаны с появлением и развитием интеллектуальной системы (Smart Grid).

Стратегия создания и внедрения данной системы обусловлена технической необходимостью введения надежного, безопасного и экономически целесообразного режима функционирования электроэнергетической системы при помощи следующих факторов:

- пересмотр технологии выработки, транспорта и потребления электроэнергии при внедрении инновационных технологий и достижений научно-технического прогресса;
- разработка и применение современных методов диагностики силового оборудования;
- разработка и внедрение новейшего программного обеспечения, которое позволит управлять всей энергосистемой дистанционно;
- интеграция всех систем в один технологический процесс.

Большая часть новейших разработок прошла пилотные испытания или практическую проверку в условиях эксплуатации.

Ключевыми факторами обеспечения бесперебойного электроснабжения являются следующие инструменты: всеобъемлющая диспетчеризация (внедрение современного программного обеспечения); координированные действия всех субъектов оптового рынка электроэнергии на всех уровнях взаимодействия (местный, региональный, федеральный); разработка новых протоколов безопасности для исключения несогласованных действий оперативного диспетчерского персонала; внедрение программного обеспечения, которое позволит прогнозировать дефицит мощности и точку его возникновения; снижение нагрузки на оперативный диспетчерский персонал при помощи самодиагностики системы и принятия определенных решений без участия человека.

Интеллектуальная система позволит повысить безаварийную работу при возможных отказах технических средств, снизит вероятность возникновения события в электроэнергетической системе.

Параллельным направлением является повышение квалификации оперативного диспетчерского персонала для выработки производственной дисциплины высочайшего уровня. Для допуска к работе с интеллектуальными системами оперативный диспетчерский персонал должен получить квалификационную оценку, подтверждающую профессиональную пригодность и психофизическую подготовленность.

Для реализации стратегии инновационного развития необходимо сформировать программу интеллектуального развития на основе концепции развития адаптивной электронной сети электроэнергетической системы. Реализация подобной программы можно считать проектом национального масштаба, который позволит не только повысить надежность электроснабжения, но внедрить энергосберегающие технологии, а также применять в полном объеме человеческий потенциал в России. Развитие новой системы и координацию всех энергетических компаний должно осуществлять Минэнерго России.

Надежность электроснабжения потребителей неразрывна связана с надежностью электроснабжения питающих узлов, районных подпитывающих центров, тяговых и трансформаторных подстанций, которые обладают определенными резервами мощности.

Все субъекты оптового рынка электроэнергии должны обеспечивать надежность электроснабжения потребителей, независимо от их категорийности.

Данным процессом управляет системный оператор, которым также контролирует электроснабжение питающих узлов, районных подпитывающих центров, тяговых и трансформаторных подстанций. Текущее развитие электроэнергетической отрасли предъявляет требования к формированию тарифов для потребителей, в который заложены издержки для электроснабжения потребителя. При этом ключевым механизмом является связь экономических показателей и уровнем надежности электроснабжения потребителя. Чем ниже текущий уровень надежности электроснабжения, тем больший требуется объем инвестиций со стороны гарантирующего поставщика или сетевой организации.

В настоящее время надежность электроснабжения потребителей основывается на следующих принципах применения правовой основы для обеспечения надежности; взаимосвязи энергосистемы и субъектов оптового рынка электроэнергии; компенсации инвестиционных затрат сетевым организациям; свободы потребителя в выборе уровня надежности электроснабжения; оценке количественных и качественных показателей надежности электроснабжения; своевременной актуализации нормативных документов в области электроэнергетики; наличие резервов мощности у ответственных потребителей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов С.Н., Скрипилев А.А. Надежность электроснабжения: учеб. пособие // М., Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 164 с.

Енилиев Равиль Решатович, студент, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева - КАИ

Eniliev Ravil Reshatovich, student of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI

Денисов Евгений Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектроники и информационно-измерительной техники, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева - КАИ

Denisov Evgenii Sergeevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of radio electronics and information-measuring equipment, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI

РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ЛИТИЕВОГО АККУМУЛЯТОРА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ РЕЛАКСАЦИОННОГО ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

DEVELOPMENT AND SIMULATION OF LITHIUM BATTERY VOLTAGE MEASURING CHANNEL FOR RELAXATION DYNAMICAL MONITORING SYSTEM

Аннотация. Данная статья посвящена описанию этапов разработки принципиальной схемы канала измерения напряжения для реализации перспективного метода контроля технического состояния литиевых источников тока (ЛИТ) и моделирования с целью подтверждения правильности произведенных расчетов. Приведена АЧХ усилителя канала измерения напряжения при заданном коэффициенте усиления.

Abstract. This article is devoted to the description of the stages of development of a circuit diagram of a voltage measurement channel for the implementation of a promising method for monitoring the technical state of lithium current sources (LCS) and modeling in order to confirm the correctness of the calculations made. The frequency response of the voltage measurement channel amplifier is given for a given gain.

Ключевые слова: литиевый источник тока, диагностика, канал измерения напряжения, моделирование

Key words: lithium current source, diagnostics, voltage measurement channel, modeling

Введение

Важным критерием надежности при эксплуатации современного технического устройства или системы является длительный срок службы. Для его обеспечения требуется осуществлять своевременную диагностику его компонентов с применением различных методов [1-3]. Широко применяемыми источниками питания на сегодняшний день являются электрохимические источники тока, в частности литиевые аккумуляторы. В работе [4] предложен новый метод диагностики на основе анализа релаксационных процессов, вызванных скачкообразным изменением нагрузки, а в [5] – структурная схема лабораторной установки для апробации предложенного метода.

Поэтапная разработка принципиальной схемы канала измерения напряжения предложенной установки и процесс моделирования представлен в данной работе.

Разработка принципиальной схемы

Напряжение исследуемого литиевого аккумулятора изменяется в пределах от 5мВ до 5 В. Учитывая, что максимальное напряжение выбранного АЦП составляет 5В, то для канала измерения напряжения коэффициент усиления должен изменяться в диапазоне от 1 до 1000. С этой целью выберем двухкаскадную схему реализации данного

измерительного каскада. В качестве первого каскада выберем повторитель напряжения MAX412CSA (рисунок 1).

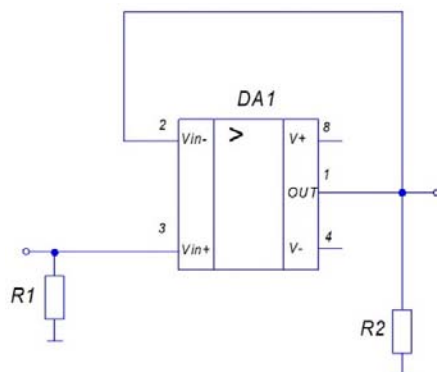


Рисунок 1 – Схема первого каскада канала измерения напряжения

Резисторами R1, R2 зададимся из условия обеспечения работоспособности микросхемы: R1 = 10 МОм, R2 = 100 кОм. Второй каскад реализуем на микросхеме с переключаемым коэффициентом усиления AD8253ARMZ (рисунок 2).

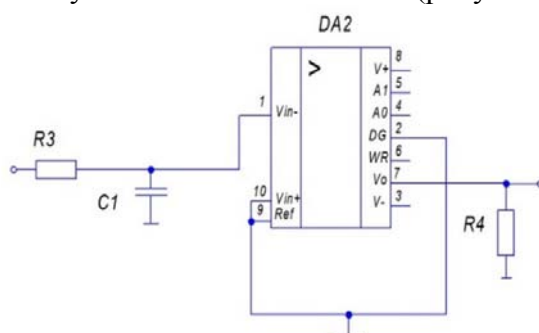


Рисунок 2 – Схема второго каскада канала измерения напряжения

Для исключения верхних составляющих частоты, ко входу усилителя подключим сопротивление R3 = 1 кОм и последовательно емкость C1=10 нФ, представляющие собой ФНЧ, а на выход сопротивление R4 = 1кОм. Рассчитаем частоту среза данного ФНЧ по формуле:

$$f_{cp} = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 1\text{кОм} \times 10\text{нФ}} \approx 16 \text{ кГц.} \quad (1)$$

Также в канал измерения включим 2 стабилизатора напряжения на микросхеме LM7805 по типовой схеме включения с конденсаторами на входе и на выходе емкостью 0,33 и 0,1 мкФ соответственно (рисунок 3). Стабилизаторы будут обеспечивать выходное напряжение 5В. Далее оно будет распространяться по цепи и использоваться для подведения питания к используемым усилителям.

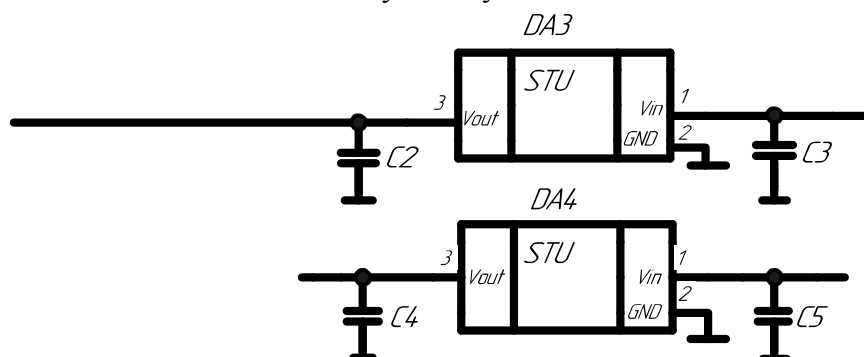


Рисунок 3 – Стабилизаторы напряжения на микросхеме LM7805

Исходя из вышесказанного, электрическая принципиальная схема канала измерения напряжения будет выглядеть следующим образом: (рисунок 4)

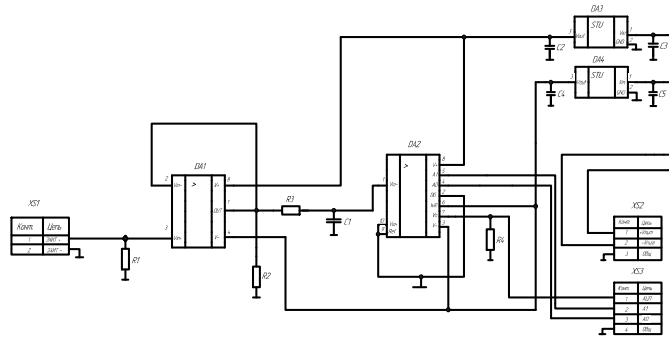


Рисунок 4 – Электрическая принципиальная схема

Моделирование канала измерения напряжения

С целью проверки правильности проведенных расчетов принципиальной схемы автоматизированной системы мониторинга технического состояния литиевых аккумуляторов произведем моделирование в программе Multisim 14.1 фирмы National Instrument. Моделировать будем схему канала измерения напряжения. Собранный модель в программе Multisim представлена на рисунке 5.

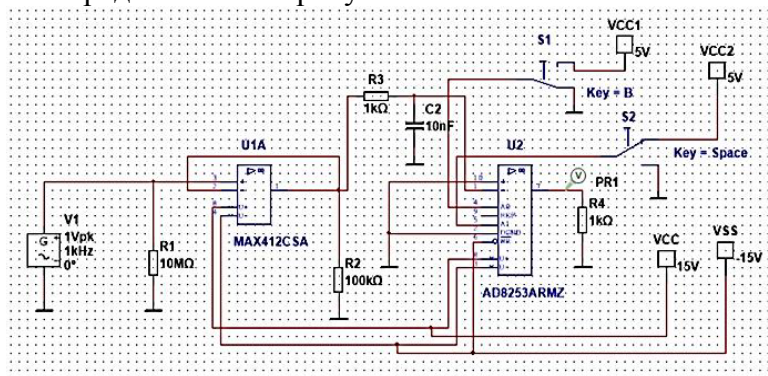


Рисунок 5 – Модель канала измерения напряжения в NI Multisim

Для исследования частотных характеристик схемы будем использовать анализ по переменному току (AC Sweep) в частотном диапазоне от 0,1 Гц до 10 МГц и подадим на вход усилителя сигнал амплитудой 1 В.

В результате выполнения моделирования получим следующую реализацию АЧХ при коэффициенте усиления $K_U = 100$, изображенную на рисунке 6.

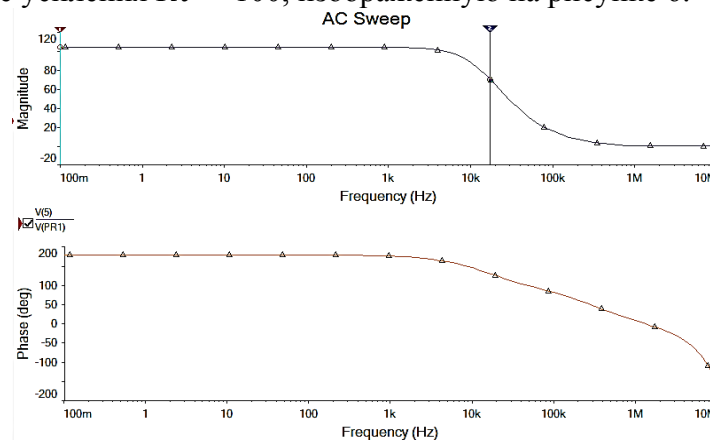


Рисунок 6 – Результат моделирования АЧХ усилителя канала измерения напряжения ($K_U=100$)

Заключение

В результате моделирования получаем достаточно близкие к расчетным характеристики усилителя, а именно амплитуда выходного напряжения при минимальном уровне сигнала равна 105 В, верхняя граничная частота – 17 кГц (расчетное значение 16 кГц).

Благодарности. Научные исследования проведены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках исполнения обязательств по соглашению номер 075-03-2020-051/6 (номер темы – fzs-2020-0020).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Denisov E., Evdokimov Y., Nigmatullin R., Martemianov S., Thomas A., Aditiantov N. Spectral method for PEMFC operation mode monitoring based on electrical fluctuation analysis // *Scientia Iranica*. – 2017. – Т. 24. – №. 3. – С. 1437-1447.
2. X. Li, K. Dai, Z. Wang, W. Han. Lithium-ion batteries fault diagnostic for electric vehicles using sample entropy analysis method // *Journal of Energy Storage*. 2020. Vol. 27. 101121.
3. U. Westerhoff, T. Kroker, K. Kurbach, M. Kurrat. Electrochemical impedance spectroscopy-based estimation of the state of charge of lithium-ion batteries // *Journal of Energy Storage*. 2016. Vol. 8. P. 244-256.
4. Никишина Г. Метод релаксационного динамического контроля литиевых источников тока в рабочем режиме: диссертация ... кандидата технических наук: 2.2.8 / Никишина Гузель Венеровна. – Казань: КНИТУ-КАИ, 2021. – 169 с.
5. R. Eniliev, E. Denisov and G. Nikishina, "Automated System for Lithium-Ion Batteries Study Based on Relaxation Processes Analysis," 2022 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE), 2022, pp. 153-156, doi: 10.1109/APEDE53724.2022.9912474.

УДК 621.314

Епанчинов Артем Николаевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Eranchinov Artem Nikolaevich, master's student, Komsomolsk-na-Amure State University
Круговой Роман Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника», ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Krugovoy Roman Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ НАГРУЗКИ

DEVELOPMENT OF A LABORATORY STAND FOR INVESTIGATION OF THREE-PHASE CONTROLLED RECTIFIERS WHEN WORKING FOR VARIOUS TYPES OF LOAD

Аннотация. В данной статье предложены внешний вид и схемы реализации лабораторного стенда для изучения физической модели выпрямителей, выполненных по трехфазной схеме с нулевым выводом и трехфазной мостовой схеме, при работе на активно-индуктивную нагрузку с применением системы импульсно-фазового управления на базе микроконтроллера.

Abstract. This article proposes the appearance and implementation schemes of a laboratory stand for studying the physical model of rectifiers made according to a three-phase zero-output circuit and a three-phase bridge circuit when operating on an active-inductive load using a pulse-phase control system based on a microcontroller.

Ключевые слова: стенд, преобразователь, выпрямитель, система, управление, микроконтроллер.

Key words: stand, converter, rectifier, system, control, microcontroller.

Процесс изучения дисциплин, связанных с электротехникой непрерывно связан с выполнением лабораторного практикума. В процессе знакомства с теоретическими основами, законами, физическими принципами и природой явлений в электрических цепях необходимо закреплять полученные знания на практике. В рамках учебных программ учреждений высшего и среднего профильного образования в качестве основного способа практической реализации теоретических знаний можно выделить работу с лабораторными стендами. Они выступают в качестве наглядной модели рассматриваемого физического явления или схмотехнического решения, призванного решать конкретную задачу в качестве узла конечного устройства. Выполняя поставленную в учебном курсе задачу с применением практического моделирования электрических схем на лабораторных стендах, обучающиеся получают ценный опыт в конструировании электронных устройств, оценке возможностей применения их конкретных узлов, а также получают умения правильной работы с измерительными устройствами, фиксации и оперирования с полученными данными измерений.

В рамках изучения дисциплин, связанных с силовой электроникой, в частности: основы преобразовательной техники, энергетическая электроника и источники вторичного электропитания одним из больших теоретических разделов является раздел, посвященный преобразователям электрических параметров в цепях постоянного и переменного тока и напряжения. Одним из пунктов для изучения в данном разделе является обзор и теоретический расчет схем управляемых выпрямителей.

В данной работе предлагается реализация трехфазного управляемого выпрямителя на базе тиристорных ключей с применением нулевой и мостовой схем (рисунок 1) в виде лабораторного стенда.

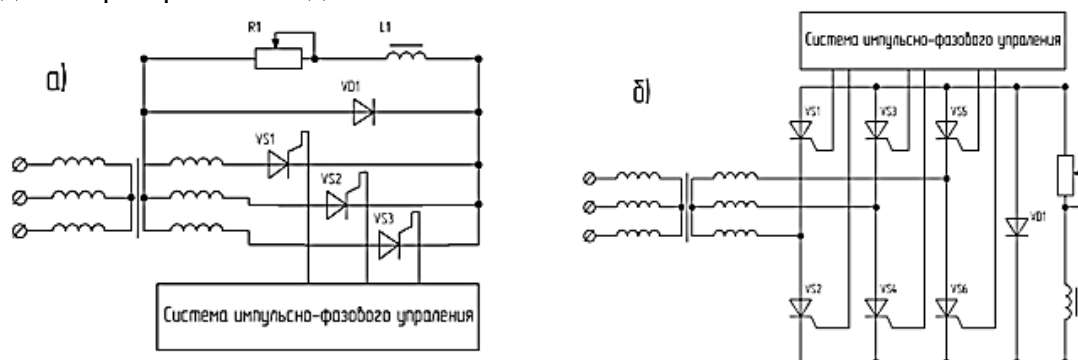


Рисунок 1 - Трехфазная нулевая схема выпрямления (а) и трехфазная мостовая схема выпрямления (схема Ларионова) (б)

Основной фонд лабораторного оборудования в Комсомольском-на-Амуре Государственном Университете состоит из крупных лабораторных комплексов, закупаемых у крупных предприятий по производству лабораторных стендов. В подавляющем большинстве случаев такие лабораторные комплексы делают акцент на сборку схмотехнического решения на наборном поле, что, несомненно, позволяет обучающимся ближе познакомиться с электронными компонентами, применяемыми при сборке конечных устройств. Но при этом большая часть времени, выделенного для проведения лабораторной работы, тратится именно на сборку схемы, и меньшая часть на снятие характеристик изучаемой модели и производство расчетов, приводимых в пособии. Предлагаемое решение стенда является более практичным с этой точки зрения, так как изучаемая схема практически полностью собрана, и требует от обучающегося минимальной сборки изучаемого устройства. Таким образом основной упор будет делаться в возможность более точно снять и обработать электрические показатели, и на их основе выполнить больше исследований в рамках лабораторного практикума заданной дисциплины. Концепт фронтальной панели разрабатываемого стенда показан на рисунке 2.

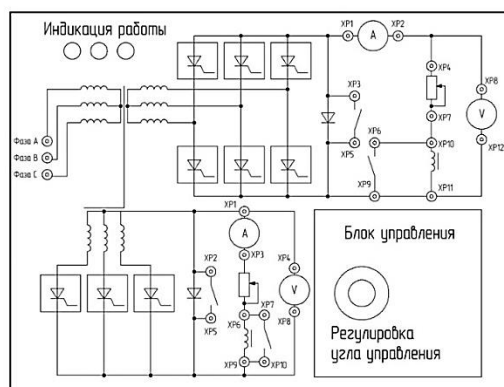


Рисунок 2 - Фронтальная панель лабораторного стенда

Система импульсно-фазового управления (СИФУ) для разрабатываемого стенда будет реализована с применением 8-ми разрядного микроконтроллера (МК) Atmega 128, выполненного на базе RISC-архитектуры. Он позволит упростить схему стенда, заменив узлы, построенные на аналоговых элементах, а также получить более гибкую систему настройки работы, путем программирования МК. Характеристики Atmega 128 приемлемы для разработки алгоритма, позволяющего выполнять задачи лабораторного практикума. При разработке СИФУ с применением в качестве главного блока управления микроконтроллер также получится добиться дополнительной точности работы с тиристорным вентильным блоком.

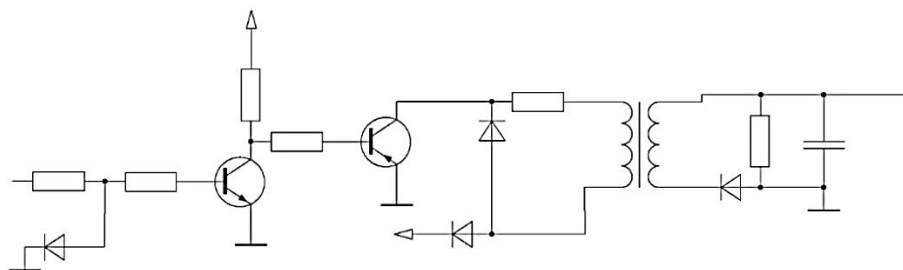


Рисунок 3 - Принципиальная схема блока формирования синхроимпульса

Принцип работы лабораторного стенда следующий: для отслеживания входного сигнала для МК, связанного с вычитанием значений полувольт синхронизирующих напряжений с трансформатора и сравнением с эталонными опорными напряжениями, предлагается использование внешней независимой системы синхронизации, построенной на базе операционных усилителей (рисунок 3).

В данной схеме первый операционный усилитель (ОУ) работает как сумматор и производит алгебраическое суммирование фаз $U_a - U_c$. В полученном сигнале, имеется положительная составляющая напряжения, начальная фаза которой отстает на 30° электрических градусов от напряжения синхронизации U_a . Второй операционный усилитель подключен по схеме регенераторного компаратора и преобразует этот сигнал в синхроимпульс для входа МК. Остальные аналоговые блоки формируют синхроимпульсы по такому же алгоритму по другим пяти каналам СИФУ.

МК реализует функции генератора линейно-изменяющегося напряжения (ГЛИН). Для этой задачи в Atmega 128 можно использовать три 16-ти разрядных таймера – счетчиков. Четвертый таймер применяется для отсчета длительности управляющих импульсов, подаваемые на управляющие электроды силовых вентилей. Для каждого таймера, встроенного в МК, имеется внутренний делитель тактовой частоты, который при помощи алгоритма можно настроить на необходимый для работы СИФУ интервал работы. Алгоритм работы МК также производит сравнение с опорным напряжением, затем формирует нормированный по длительности импульс и выдает на вход блока формирования импульса для открытия тиристора (рисунок 4).

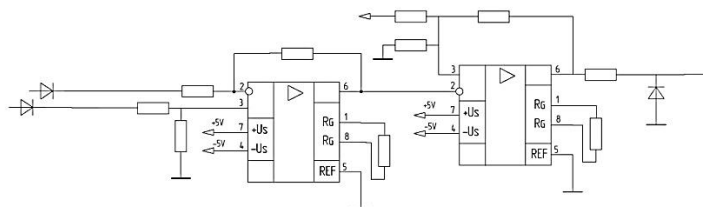


Рисунок 4 - Принципиальная схема блока формирования импульса для тиристора

Данная схема имеет однополярное питание, высокую помехоустойчивость и согласование фазы входных и выходных импульсов. Каскады транзисторов обеспечивают усиление сигнала от МК, трансформатор согласовывает фазы входного и выходного импульсов и обеспечивает гальваническую развязку МК от силовой части схемы.

Принципиальная схема СИФУ на базе МК представлена на рисунке 5.

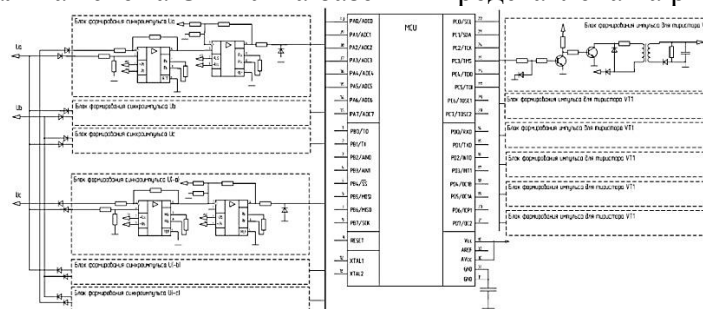


Рисунок 5 - Принципиальная схема СИФУ на базе МК

В данной статье представлена возможная реализация лабораторного стенда для исследования трехфазных управляемых выпрямителей при работе на активную и активно-индуктивную нагрузки. Проектируемый стенд позволяет наглядно изучить работу трехфазного управляемого выпрямителя на базе тиристорных ключей с применением нулевой и мостовой схем для выполнения лабораторного практикума по дисциплинам, связанным с силовой электроникой. В основе системы управления рассматриваемой реализации стенда лежит система импульсно-фазового управления, построенного на базе микроконтроллера Atmega 128. Данное решение позволяет упростить схему конечного устройства, а также позволит реализовать более сложные и эффективные алгоритмы обработки сигналов, которые сложно или даже невозможно реализовать при помощи решений на аналоговой элементной базе.

Предлагаемую реализацию лабораторного стенда отличает простота конструкции, большой потенциал реализации сложных алгоритмов управления и упрощение пуско-наладочных работ ввиду уменьшения компонентной базы и замены аналоговых узлов на микроконтроллер, удешевление стоимости производства, а также удобство в работе для обучающихся.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. / Ю. С. Забродин – М: Высшая школа 1982 г.
2. В. А. Костюк, А. О. Чугулёв. Основы преобразовательной техники: Курс лекций. Омск: Издательство ОмГТУ, 2001, 52с.
3. Гельман, М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.
4. Перельман, Б. Л. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник / К. М. Брежнева, Б. Л. Перельман. – М.: Радио и связь, 1981. – 656 с.
5. Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel / В.В Гребнев – М.: ИП РадиоСофт, 2002. - 176 с.
6. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника / Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. – 2000г. – 768 С.

Ермилов Александр Олегович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ermilov Aleksandr Olegovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Мешков Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Meshkov Aleksander Sergeevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB ПРИ РАСЧЕТЕ СИСТЕМ НА БАЗЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

ANALYSIS OF OPTIMIZATION ALGORITHMS IN THE MATLAB PROGRAM ENVIRONMENT FOR CALCULATION OF SYSTEMS BASED ON FUZZY LOGIC

Аннотация. Данная статья посвящена анализу методов оптимизации расчетов систем на базе нечеткой логики в программной среде Matlab. Рассмотрены алгоритмы оптимизации и способы сокращения пространства поиска оптимальных решений, используемые при автоматической настройке структур с большим количеством входных и выходных данных.

Abstract. This article is devoted to the analysis of methods for optimizing calculations of systems based on fuzzy logic in the Matlab software environment. Optimization algorithms and ways to reduce the search space for optimal solutions used in automatic configuration of structures with a large number of input and output data are considered.

Ключевые слова: нечеткая логика, оптимизация, алгоритм оптимизации.

Key words: fuzzy logic, optimization, optimization algorithm.

Введение

Оптимизация решений нечетких систем в программной среде MATLAB является действенным способом повысить производительность если количество редактируемых параметров слишком велико для ручной настройки человеком [1]. При настройке системы пользователь пытается найти набор параметров, которые будут давать наиболее оптимальный, результат. При решении задач оптимизации в программной среде MATLAB создается функция стоимости и алгоритм программы пытается минимизировать вывод этой функции. Написание функций производится через встроенный в MATLAB язык программирования. Одна из возможных функций - это среднеквадратичное значение разницы между входным и выходным сигналами. Для простоты можно обозначить эту функцию как *cost* (стоимость):

$$cost = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i (IN_i - OUT_i)^2} \quad (1)$$

На практике задаются данные на входе нечеткой системы. А затем рассчитывается стоимость этой системы путем сравнения полученного результата на выходе с идеальным. Затем корректируются параметры системы, создается новый оцененный результат и снова сравнивается стоимость. И если стоимость новой системы ниже стоимости старой, то этот вариант является более оптимальной конфигурацией. За множество итераций таких действий, алгоритм оптимизации будет перестраивать параметры системы, пока стоимость не приблизится к целевому значению, что будет свидетельствовать тому, что система достигла оптимальных параметров [2].

Описание проблемы корректировки

Перед непосредственной оптимизацией следует определить какие параметры предпочтительны при настройке в нечеткой системе вывода и как можно эффективно

изменить их, чтобы снизить общую стоимость [4]. В теории можно попытаться получить приемлемый результат корректируя все параметры системы: количество входных и выходных членов функции, их форму и параметры, метод дефаззификации. Однако, чем больше параметров корректируется одновременно, тем сложнее становится проблема, поскольку количество возможных перестановок растет в геометрической прогрессии. Так что лучше настроить небольшое подмножество оптимизировать функцию затрат. Например, можно рассмотреть возможность инициализации системы вывода с равномерно распределенными треугольными функциями принадлежности. А потом настраивать систему, только корректируя правила системы вывода. И чтобы понять, как это выглядит, можно представить систему вывода, которая имеет два входа, каждый с тремя функциями принадлежности и выводит результат с пятью функциями принадлежности. В этом случае, если настроить стандартную базу правил, получим девять правил для этой системы. Параметры входа 1 и входа 2 могут быть низкими, средними или высокими. База правил заполняется оптимальным набором выходных данных, предполагая наличие пяти функций принадлежности от очень низкого до очень высокого. И теперь можно оценить, насколько оптимальна такая конфигурация путем предоставления системе набора обучающих входов, создания оцененного вывода и его сравнения с результатом, основанным на использовании функции стоимости. В следующей итерации можно изменить базу правил, и снова посчитать стоимость. И если стоимость новой базы правил ниже старой, то такая конфигурация является более оптимальной. И в теории так и проходит настройка – путем сравнения стоимости старых и новых параметров. Но на практике проверка всех комбинаций такой системы порождает огромное количество итераций. Существует девять правил, и каждое может иметь один из пяти возможных исходов. Следовательно, количество возможных вариантов находится в пределе двух миллионов.

Методы оптимизации

Здесь начинают работать алгоритмы оптимизации. Вместо того, чтобы пробовать каждую комбинацию, можно найти оптимальное решение путем умной выборки только небольшого подмножества всего пространства решений. Одним из таких алгоритмов является генетический алгоритм (рисунок 1). Он работает путем случайной выборки нескольких точек по всему пространству решений и расчета их стоимости [1]. Затем самые дорогие решения отсеиваются, и в следующей итерации создается новая группа точек, которые являются вариациями оставшихся. Снова определяется стоимость каждой точки, производится исключение дорогих вариантов и сохранение решений низкой стоимости. Цикл повторяется по кругу, пока решение не сойдется к общей минимальной стоимости.

Другой тип алгоритма оптимизации - поиск шаблонов (рисунок 2). Он представляет исходный набор параметров как базовую точку и делает от нее шаг в любом направлении, а затем рассчитывает стоимость для каждой новой полученной точки [1]. И если среди них находится такая, которая минимизирует функцию стоимости, она становится новой базовой точкой, и поиск продолжается. Если ни одна из новых точек не имеет более низкой стоимости чем текущая, то размер паттерна уменьшается, и процесс начинается заново. Цикл продолжается, перемещая шаблон и уточняя его размер, пока стоимость не приблизится к заданному порогу или пока программа не достигнет максимального количества итераций.

Но даже используя различные типы алгоритмов оптимизации, по-прежнему выгодно сокращать пространство решения, насколько это возможно [4]. Больше пространство для решения не только требует больше времени для обучения, оно также может потребовать больше обучающих данных. Один из способов сокращения пространства решения - реализовать нечеткий вывод системы как разветвленную структуру с несколькими взаимосвязанными объектами, в противовес одной цельной.

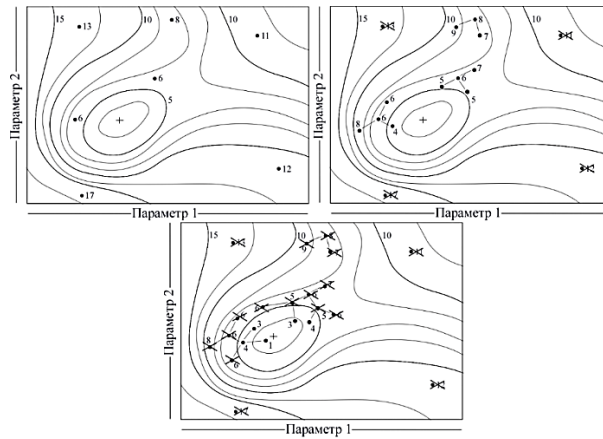


Рисунок 1– графическое представление работы генетического алгоритма

В такой структуре выходные данные низкоуровневых нечетких систем используются в качестве входных данных для нечетких систем высокого уровня. Например, можно разработать нечеткую систему, которая имеет три входа и один выход как единую структуру. Или заменить ее меньшей системой, которая имеет только два входа и один выход, а затем подать на этот выход еще один вход во вторую нечеткую систему. В итоге получаем структуру, количество возможных конфигураций которой все еще велико, но гораздо меньше чем в цельной. (рисунок 3).

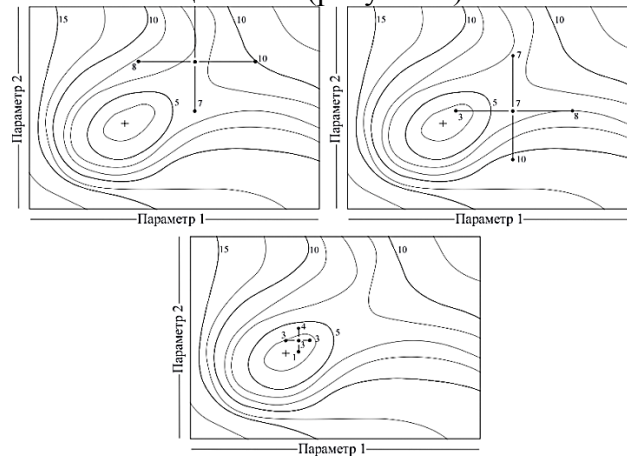


Рисунок 2 – Графическое представление работы алгоритма поиска шаблонов

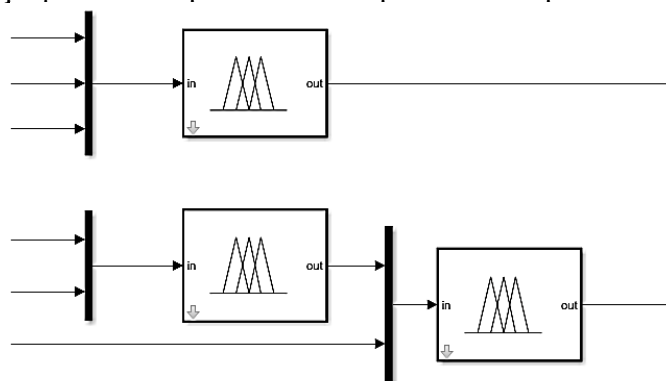


Рисунок 3 – пример стандартной и оптимизированной структур

Заключение

Стоит отметить, что представленные в статье методы оптимизации не охватывают все существующие решения, но позволяют понять, что алгоритмы оптимизации являются незаменимым инструментом в поиске решений специфических задач. Например, в тех случаях, когда подход к проблеме ведется в противоположном направлении. Когда построена система нечеткого вывода с практически пустой структурой, без реального понимания работы функций принадлежности или правил. Подход использования

методов оптимизации в системах на базе нечеткой логики считается весьма перспективным, на его базе представляется возможным автоматизировать весь процесс проектирования систем управления: от постановки задачи до моделирования их работы [1].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Митрошин В. Н., Рогачев Г. Н., Чостковский Б. К., Рогачев Н. Г. Применение нечёткой логики в задачах оптимизации непрерывно-дискретных систем управления многооперационными технологическими процессами // Автометрия. 2019. 55, № 4. С. 71–78.
2. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 798с.
3. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. С.-Пб.: БХВ– Петербург, 2005. 736 с.
4. Fuzzy Logic Toolbox. Design and simulate fuzzy logic systems. [Электронный ресурс]. 2022. URL: <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic.html>

УДК 621.313

Ефремов Михаил Андреевич, студент, Комсомольского-на-Амуре государственного университета

Efremov Mikhail Andreevich, student, electromechanics department, Komsomolsk-na-Amure State University

Ким Константин Константинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электротехника и теплоэнергетика», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Kim Konstantin Konstantinovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Department "Electrical engineering and thermal power engineering", Sankt-Petersburg State Transport University Emperor Alexander I

Иванов Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры электромеханики Комсомольского-на-Амуре государственного университета

Ivanov Sergey Nikolaevich, Doctor of Engineering, professor of department electromechanics Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРИВОДА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

DEVELOPMENT OF AN ELECTROMECHANICAL SYSTEM FOR DRIVING AN UNMANNED AERIAL VEHICLE

Аннотация. В статье показано преимущество выбора электромоторов на беспилотных самолётах в сравнении с двигателями другого типа. Также показаны конструктивные особенности бесколлекторных двигателей постоянного тока, рассмотрен их принцип работы, и показаны плюсы и минусы бесколлекторных электромоторов, которые на сегодня чаще других используются в беспилотных летательных аппаратах.

Abstract. The article shows the advantage of choosing electric motors on unmanned aircraft in comparison with engines of another type. The design features of brushless DC motors are also shown, their principle of operation is considered, and the pros and cons of brushless electric motors, which are more often used in unmanned aerial vehicles today, are shown.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, бесколлекторный электродвигатель, контроллер.

Key words: unmanned aerial vehicle, brushless electric motor, controller.

Введение. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) - это автономные, мобильные летательные аппараты с дистанционным управлением, созданные для выполнения ряда заданий. За последние годы БПЛА подверглись бесчисленным множествам модификаций и модернизации. Уменьшение размеров вычислительных систем и развитие систем спутниковой навигации помогли добиться успехов в уменьшении размеров, массы, и итоговой стоимости беспилотных самолётов. На сегодня БПЛА является важным объектом многих отраслей. Как правило, в БПЛА используются электромоторы или ДВС.

Далеко не все приводы удовлетворяют таким условиям как размеры, масса, надежность, тяговое усилие, быстродействие и другим, поэтому поставленной задачей, является разработка и исследование электромеханической системы для привода БПЛА с высокими технико-экономическими показателями (габариты, масса, надежность, стоимость и др.). Частной целью является разработка привода беспилотного летательного аппарата на базе бесщеточного двигателя постоянного тока.

Описание задачи и ее решение. В работе основной целью являются решения задачи по замене двигателя внутреннего сгорания (ДВС) беспилотного самолёта на электродвигатель, имеющий аналогичный технический уровень, но превосходящий ДВС по ряду параметров. Усовершенствовать БПЛА нужно для того чтобы обеспечить ему более высокую маневренность, скорость полёта и надёжность. БПЛА на ДВС имеют ряд недостатков, которые не позволяют им быть эффективными в работе. Ограниченная высота и скорость полётов, а также сложная управляющая система являются главными недостатками. Также значительным минусом можно отметить то, что на беспилотник нельзя устанавливать много дополнительного оборудования. При грамотном выборе электродвигателей и системы управления электродвигателями можно устранить данные недостатки.

Электродвигатели широко используются в приводах БПЛА. В квадрокоптерах и дронах различных типов. А также в более мощных установках, таких, как, например, электрические самолёты. Частности, малый самолет “Spirit of Innovation” с электрическим двигателем мощностью 400 кВт установил мировой рекорд по скорости в своем классе. Ему удалось набрать высоту 3000 метров всего за 202 секунды. Самолет достиг скорости в 623 км/ч в ходе испытательного полета.

Рассмотрим ряд преимуществ применения электродвигателей на БПЛА. Первое что сразу хочется отметить, это то, что современные электродвигатели обладают высоким КПД (КПД бесколлекторных двигателей фактически могут достигать 95 %). Второе достоинство электромашин – значительно меньшая масса в сравнении с аналогичным ДВС. Очевидно, что электромотор не испытывает нужды в топливе для функционирования. Это свойство значительно расширяет области проектирования беспилотников, потому что нет необходимости проектировать место в корпусе БПЛА под топливные бачки и топливопроводы. Это преимущество делает беспилотники намного безопаснее, т.к. аккумуляторная батарея (АКБ) менее взрывоопасна, чем горючее топливо. Другой плюс - то, что электромоторы испускают намного меньше теплового излучения, поэтому беспилотники с электромоторами являются почти не обнаружимыми для инфракрасных радаров. Такой подход позволяет повысить эффективность использования беспилотников специального назначения. По мнению экологов, БПЛА на основе электрических двигателей питания от АКБ являются перспективным проектом и с точки зрения экологии. При эксплуатации таких беспилотников не происходит выброс продуктов отходов переработанного топлива, следовательно, не причиняется вреда окружающей среде.

Еще одна перспективная модификация - обеспечение питания электромоторов за счет солнечных батарей, установленных на крыльях. На сегодняшний день уже существуют экспериментальные модели. Длительность полёта таких моделей очень велика,

они могут находиться в воздухе настолько долго, насколько позволит их техническое состояние.

Обзор BLDC моторов. Конструктивно в БПЛА большое распространение получили BLDC моторы. BLDC (Brushless DC Electric Motor) - это бесколлекторный синхронный двигатель постоянного тока, в котором используются постоянные магниты. Управление бесколлекторным электродвигателем осуществляется с помощью электронного контроллера.

Применение бесколлекторных электромоторов в беспилотниках довольно перспективно. Рассмотрим, чем же отличается бесколлекторный электродвигатель. Из названия ясно, что у такого двигателя нет коллектора. Благодаря чему конструкцию электромотора можно упростить. Конструктивный плюс – это меньший вес и размер, чем в аналогичных коллекторных электромоторах. КПД и показатель мощности бесколлекторного электромотора выше, чем у коллекторного. Скорость и дальность полета также отличаются в лучшую сторону. Прежде всего, стоит обратить внимание на то, что у бесколлекторных машин диапазон регулирования вращения винтов шире. Это позволяет более плавно и эффективно управлять машиной. В бесколлекторных электромоторах температура нагрева меньше чем у обычных электродвигателей с коллекторами. Бесколлекторная машина практически не создает радиопомех, что положительно влияет на функционирование бортового оборудования. При выборе бесколлекторного электромотора одной из причин его выбора является возможность уменьшить размеры, используя мощные и маленькие неодимовые магниты в качестве источников постоянного магнитного поля. Высокий показатель крутящего момента бесколлекторного электромотора позволяет отказаться от использования редукторов в беспилотниках и обеспечить возможность прямого соединения мотора и винта, что в свою очередь снижает вес конструкции БПЛА и, соответственно, позволяет установить на него больше различных дополнительных устройств.

Недостатком стал сложный дорогостоящий блок управления (электронный контроллер), который управляет количеством оборотов двигателя.

Бесколлекторные двигатели по конструкции бывают с внешним и с внутренним ротором. Ниже приведен пример конструкции бесколлекторного двигателя с внешним ротором. Конструкция довольно простая, она состоит из подвижной части машины - ротора, на котором находятся постоянные магниты и неподвижной части машины - статора с медными обмотками. В роторе двигателя размещаются постоянные магниты, создающие магнитное поле, которые чередуются $N, S, N, S...$ Количество полюсов соответствует количеству постоянных магнитов. Статор изготавливается из электротехнической стали, а обмотки из меди, затем они укладываются в специальные пазы. Количество обмоток говорит нам о количестве фаз машины. В качестве наглядного примера физической модели бесколлекторного двигателя постоянного тока с внешним ротором приведён 12-полюсный бесколлекторный двигатель (рисунок1).



Рисунок 1 – Бесколлекторный электродвигатель: 1 – ротор; 2 – статор

Принцип работы бесколлекторного двигателя. При протекании постоянного тока в обмотках статора они становятся электромагнитами (рисунок2). Принцип работы бесколлекторного мотора постоянного тока основан на взаимодействии между собой

магнитных полей постоянного магнита и электромагнита, в результате чего и происходит вращение ротора двигателя. Во время нахождения катушки под напряжением противоположные полюса статора и ротора притягиваются друг к другу. В любой момент времени напряжение подаётся только на одну фазу катушки. Две оставшиеся без напряжения катушки сильно уменьшают выходную мощность машины. Способ решить эту проблему конечно есть. Вместе с подачей напряжения на одну из катушек, также подается напряжение на следующую катушку, чтобы она отталкивала от себя полюс ротора. В это время, через вторую катушку пропускают ток такого же знака. Комбинированный способ подачи напряжения создаёт в машине большой крутящий момент и выходную мощность. Он также гарантирует машине постоянство крутящего момента. Бесколлекторные двигатели работают подобно коллекторным двигателям постоянного тока, но в отличие от них, коммутация выполняется с помощью электронных ключей. В бесколлекторных двигателях постоянного тока часто используют специальные датчики положения ротора, именуемые датчиками Холла. Такие датчики контролируют положение ротора, передают эту информацию в электронный контроллер, и, считывая эту информацию, электронный контроллер понимает на какую катушку нужно подать напряжение в текущий момент времени.

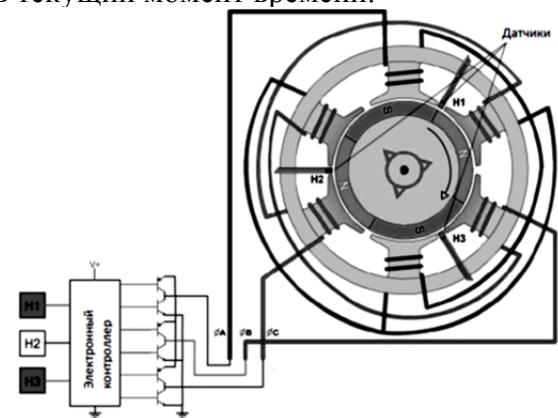


Рисунок 2 – Определение положения ротора

Заключение. В статье описана актуальность замены двигателей внутреннего сгорания на электродвигатели в БПЛА, показано преимущество их использования. Предложен вариант использования бесколлекторного двигателя постоянного тока. Описан принцип действия бесколлекторного двигателя на постоянных магнитах.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ким К.К., Иванов С.Н., Горбунов А.В., Титова Т.С., Никитин В.В., Киселев И.Г. Автоматизированный электромеханический привод вагонных дверей // Электротехника. 2019. № 10. С. 11-16.
2. Ким К.К., Иванов С.Н., Колесник М.Б. Моделирование устойчивости электромеханического преобразователя при осевых нагрузках // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2022. Т. 65. № 2. С. 45-50.
3. Ким К.К., Панычев А.Ю., Иванов С.Н. Переходные процессы в асинхронной машине малоинерционного электропривода // Ученые записки КнАГТУ – 2020. – № V-1 (45). – С.94-106.
4. Ким К.К., Иванов С.Н. Моделирование комбинированного электропривода // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2019. Т. 62. № 3. С. 44-51.
5. Амосов О.С., Голоколос Д.А., Иванов С.Н., Со Хтайк. Особенности проектирования электромеханических преобразователей для систем комплексной безопасности // Изв. вузов. Электромеханика. 2017. Т. 60. № 5. С. 5 - 11.

Иванов Виктор Викторович, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ivanov Viktor Viktorovich, postgraduate student of Komsomolsk-na-Amure State University

Сериков Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Serikov Aleksandr Vladimirovich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of "Electromechanics" Department, Komsomolsk-na-Amure State University

Чулибин Александр Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Chulibin Alexander Andreevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ТРАНСФОРМАТОРА

TRANSFORMER HEAT LOSSES EFFICIENT USAGE EVALUATION

Аннотация. В работе представлен способ использования тепловых потерь трансформатора с целью повышения его энергоэффективности. Рассмотрена эффективность отбора и использования тепла силового масляного трансформатора. Описана методика теплового расчета трансформатора с блоком нагрева теплоносителя. Представлены тепловые схемы замещения и расчет тепловых процессов, протекающих в представленном трансформаторе.

Abstract. This paper presents a way of using heat losses from a transformer to improve its energy efficiency. The efficiency of heat extraction and utilization from the oil-immersed power transformer is analyzed. The methodology of thermal evaluation of the transformer with a unit heating a transfer fluid is described. Thermal resistance networks and evaluation of thermal processes occurring in such transformer are shown.

Ключевые слова: силовой масляный трансформатор, тепловые процессы, утилизация потерь.

Key words: oil-immersed power transformer, thermal processes, losses utilization.

Важным вопросом в энергетике на сегодняшний день является повышение энергоэффективности устройств, участвующих в преобразовании и использовании различных видов энергии [1]. Один из способов для решения этой задачи заключается в повышении энергосберегающих свойств неотъемлемой части любой энергосети - силового трансформатора. Для повышения энергосберегающих свойств силового масляного трансформатора предложено в конструкцию его активной части (рисунок 1), которая включает в себя два ярма 1, три стержня 2, и обмотки низкого 3 и высокого напряжения 4, добавить нагревательный блок 5. Нагревательный блок представляет собой герметичную камеру из немагнитного электропроводного материала, через который циркулирует теплоноситель 6. Этот блок присоединяется к системе отопления и горячего водоснабжения отапливаемых помещений и предназначен для поддержания стабильной температуры теплоносителя, поступающего из нагревательного блока в систему отопления.

При исследовании такого устройства важно учитывать его нагрев из-за неравномерного распределения тепловых потоков [2-4]. Известно множество методов моделирования процессов, возникающих в электротехнических устройствах, но они не позволяют оценить особенности тепловых процессов рассматриваемого трансформатора [5,6]. Для анализа тепловых процессов, протекающих в трансформаторе была создана тепловая схема замещения активной части (рисунок 1).

Магнитопровод трансформатора включает в себя три стержня. Поскольку тепловые процессы, протекающие в каждом из стержней, одинаковы, то была составлена

тепловая схема замещения только для одного стержня (рисунок 1). Потери от стержня P_c , яра P_y , первичной обмотки P_1 и вторичной обмотки P_2 идут на нагрев трансформаторного масла до температуры θ_m . Так как расчет проводился для пассивного режима работы нагревательного блока $P_6 = 0$, то часть тепловых потерь от масла идет на нагрев теплоносителя в нагревательном блоке 5 до температуры θ_b . В тепловом расчете можно выделить два основных направления теплового потока от трансформаторного масла: в окружающую среду и в теплоноситель.

В схеме на рисунке 1 указаны тепловые сопротивления теплопроводности стержня R_c и яра R_y . Для определения температуры основных узлов были определены тепловые сопротивления конвективной теплоотдачи в масло и теплоноситель: сопротивление с поверхностями первичной $R_{1м}$ и вторичной обмоток $R_{2м}$, стали магнитопровода $R_{стм}$, между наружной поверхностью нагревательного блока и трансформаторным маслом $R_{бм}$, между внутренней стенкой трубы нагревательного блока и теплоносителем $R_{бв}$. На рисунке 2 показаны пути передачи тепловых потоков от трансформаторного масла в окружающую среду с температурой θ_0 через корпус 1 (тепловое сопротивление $R_{рв}$) и радиаторы трансформатора 4 (тепловое сопротивление $R_{кв}$).

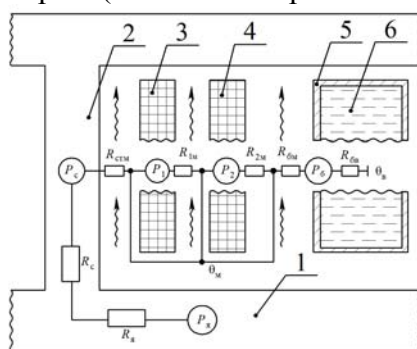


Рисунок 1 – Тепловая схема замещения для одного стержня магнитопровода

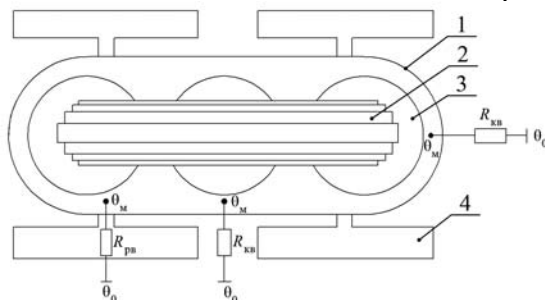


Рисунок 2 – Тепловая схема трансформатора

В работе рассмотрен трехфазный силовой масляный трансформатор мощностью 160 кВА. Тепловые сопротивления схемы замещения определены по результатам теплового расчета такого трансформатора [7]. Потери в активных элементах определены по известной методике электромагнитного расчета трансформатора и составили $P_1 = 1512$ Вт, $P_2 = 1097$ Вт, $P_{ст} = 470$ Вт. Для упрощения анализа температурного режима была построена укрупненная тепловая схема замещения силового трансформатора (рисунок 3), на которой указаны следующие температуры: температура первичной обмотки θ_1 , температура вторичной обмотки θ_2 , температура стали магнитопровода $\theta_{ст}$, температура стенки бака трансформатора θ_c , температура нагревательного блока θ_6 , температура теплоносителя θ_b , температура окружающей среды θ_0 . Тепловые потоки от магнитопровода 2 и обмоток 3 (рисунок 2) отводятся через тепловые сопротивления, которые показаны на схеме замещения: тепловое сопротивление теплопроводности первичной обмотки R_1 , вторичной обмотки R_2 , конвективного теплообмена между трансформаторным маслом и стенкой бака $R_{мс}$. Потери силового трансформатора частично отводятся конвекцией и излучением в окружающую среду через тепловое сопротивление системы охлаждения $R_{со}$.

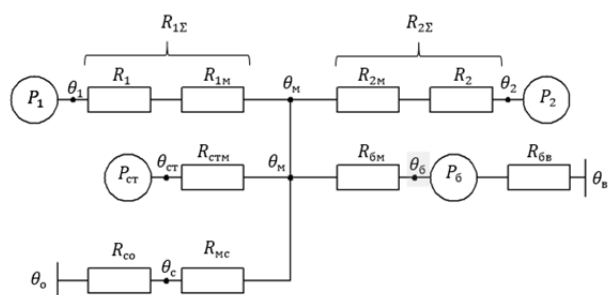


Рисунок 3 – Эквивалентная тепловая схема замещения силового масляного трансформатора с нагревательным блоком

Расчет тепловых сопротивлений конвективного теплообмена производился по формуле [8].

$$R_T = \frac{1}{\Lambda_T} = \frac{1}{k_T \cdot S_T} \quad (1)$$

где k_T – коэффициент теплоотдачи; S_T – площадь поверхности теплообмена.

Для определения неизвестных температур θ_1 , θ_2 , θ_{ct} , θ_m и θ_c в узлах тепловой схемы замещения (рисунок 3) составлена система линейных уравнений

$$\begin{cases} \theta_m \cdot (\Lambda_{1\Sigma} + \Lambda_{2\Sigma} + \Lambda_{ctm} + \Lambda_{mc} + \Lambda_{6m}) - \theta_1 \cdot \Lambda_{1\Sigma} - \theta_2 \cdot \Lambda_{2\Sigma} - \theta_{ct} \cdot \Lambda_{ctm} - \\ - \theta_c \cdot \Lambda_{mc} - \theta_6 \cdot \Lambda_{6m} = 0; \\ \theta_1 \cdot \Lambda_{1\Sigma} - \theta_m \cdot \Lambda_{1\Sigma} = P_1; \\ \theta_2 \cdot \Lambda_{2\Sigma} - \theta_m \cdot \Lambda_{2\Sigma} = P_2; \\ \theta_{ct} \cdot \Lambda_{ctm} - \theta_m \cdot \Lambda_{ctm} = P_{ct}; \\ \theta_c \cdot (\Lambda_{mc} + \Lambda_{co}) - \theta_m \cdot \Lambda_{mc} = \theta_o \cdot \Lambda_{co}; \\ \theta_6 \cdot (\Lambda_{6m} + \Lambda_{6b}) - \theta_m \cdot \Lambda_{6m} = P_6 + \theta_b \cdot \Lambda_{6b}. \end{cases}$$

В результате решения системы линейных уравнений получены следующие значения температур основных элементов конструкции: $\theta_1 = 94,4$ °С, $\theta_2 = 96,4$ °С, $\theta_{ct} = 78,4$ °С, $\theta_m = 77,6$ °С, $\theta_c = 72,8$ °С и $\theta_6 = 75,1$ °С. Из результатов расчета, видно, что температуры всех элементов трансформатора получились немного меньше, чем температуры в традиционной конструкции. Это объясняется появлением нового пути теплообмена через нагревательный блок. Полученные результаты теплового расчета позволяют произвести оценку перераспределения тепловых потоков между активными элементами трансформатора, окружающей средой и теплоносителем. Для этого был определен тепловой поток, идущий на нагрев теплоносителя, по следующей формуле:

$$Q_6 = \frac{\theta_m - \theta_6}{R_{6m}} \quad (2)$$

Для оценки эффективности работы нагревательного блока, введен коэффициент утилизации потерь силового трансформатора:

$$k_{yT} = \frac{Q_6}{P_1 + P_2 + P_{ct}} \quad (3)$$

В качестве теплоносителя учитывалась вода с температурой на входе в нагревательный блок 60 °С и с температурой на выходе из нагревательного блока 85 °С. При таких данных коэффициент утилизации потерь составил 0,15, что указывает на невысокую эффективность нагревательного блока. Уменьшение количества радиаторов охлаждения трансформатора с четырех до двух, согласно аналогичным расчетам, привело к увеличению количества полезно используемых тепловых потерь до 40 %.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гузанов, С. С. Мониторинг и техническое диагностирование силовых элементов подстанций / С. С. Гузанов, С. Н. Иванов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы Всеросс. нац. науч. конф. молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 г. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2022. – Т. 1. – С. 117-118.

2. Сериков, А. В. Электромагнитные процессы в специальном силовом масляном трансформаторе / А. В. Сериков, В. В. Иванов // Актуальные вопросы энергетики : материалы Всеросс. науч. - технич. конф., Омск, 14–15 мая 2021 г. – Омск : ФГБОУ ВО «ОмГТУ», – 2021. – С. 117-120.

3. Сериков, А. В. Совершенствование конструкции и повышение энергосберегающих свойств силового масляного трансформатора / И.И. Биленко, Н.А. Карпов, В.В. Иванов, А.В. Сериков // Электроэнергетические комплексы и системы: история, опыт, перспектива : сб. науч. тр. Всеросс. науч.-технич. конф. / ФГБОУ ВО «ДВГУПС», 2020. – С. 53-56.

4. Сериков, А. В. Особенности расчета трансформаторов с нагревательным блоком / А. В. Сериков, В. В. Иванов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы Всеросс. нац. науч. конф. молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 г. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2022. – С. 127-128.

5. Иванов, С. Н. Моделирование электромагнитных и тепловых процессов в теплогенерирующих перекачивающих электромеханических преобразователях / К.К. Ким, С.Н. Иванов, М.И. Хисматулин // Транспорт шёлкового пути. – 2020. – № 3. – С. 3-14.

6. Ким, К. К. Метод удвоения импульсов напряжения с наносекундным фронтом / К. К. Ким, С. Н. Иванов, А. В. Горбунов // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : материалы междунар. науч.-практич. конф., Комсомольск-на-Амуре, 06–11 декабря 2021 г. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2022. – С. 121-124.

7. Сипайлов, Г.А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах / Г.А. Сипайлов, Д.Н. Санников, В.А. Жадан. – М.: Высшая школа, 1989. – 240 с.

УДК 621.38

Извекова Эльмира Фаиговна, студент магистратуры, ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Izvekova Elmira Faigovna, master student, Komsomolsk-na-Amure State University

Киба Дмитрий Анатольевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная электроника», ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Kiba Dmitriy Anatolevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Department «Industrial electronics», Komsomolsk-na-Amure State University

Биткина Анастасия Александровна, аспирант, ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Bitkina Anastasia Aleksandrovna, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИНЕРЦИАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО БЛОКА ДЕВИАЦИОННОЙ ПЛАТФОРМЫ

APPROACH TO THE DESIGN OF THE INERTIAL MEASUREMENT BLOCK OF THE DEVIATION PLATFORM

Аннотация. Статья посвящена вопросам проектирования печатной платы для инерциального измерительного блока девиационной платформы, предъявляемым к плате основным требованиям, правилам размещения элементов на плате и трассировки связей между элементами, соблюдение которых необходимо для обеспечения заданной точности измерений, выполняемых инерциальным измерительным блоком.

Abstract. The article is devoted to the design of a printed circuit board for an inertial measuring unit of a deviation platform, the basic requirements imposed on the board, the rules for

placing elements on the board and tracing connections between elements, compliance with which is necessary to ensure the specified accuracy of measurements performed by an inertial measuring unit.

Ключевые слова: инерциальная навигация, MEMS технологии, печатная плата.

Key words: inertial navigation, MEMS technologies, printed circuit board.

Введение

Одной из технологических операций в авиастроительной промышленности, которая может быть автоматизирована — это позиционирование летательного аппарата при выполнении работ по списыванию девиации. В Комсомольском-на-Амуре государственном университете ведётся работа по проектированию технологической установки – автоматизированной платформы для позиционирования самолёта на девиационной площадке (круге). В состав проектных работ входит, помимо прочего, разработка системы управления данной платформой. Прорабатываются разные варианты определения фактического угла, на который был перемещён (повёрнут) летательный аппарат относительно нулевого магнитного азимута или нулевого курсового угла радиостанции. Одним из таких вариантов является использование MEMS-системы в инерциальном навигационном измерительном блоке, которая может быть источником информации об угле, на который переместилась девиационная платформа.

Основная часть

В конструкции автоматизированной девиационной платформы инерциальный измерительный блок (далее ИИБ) может быть расположен как вблизи оси вращения стрелы платформы, так и на удалённом конце этой стрелы, в месте размещения основной части силового оборудования (электрических приводов, системы электропитания и системы управления). В первом случае чувствительные элементы (акселерометр, гироскоп) могут быть размещены на основной плате системы управления и быть соединены с контроллером и иными цепями системы управления внутрисхемными линиями. Во втором же случае необходимо предусмотреть возможность использования интерфейсов информационного обмена, которые позволяют передавать данные на расстоянии до 10-15 м. В настоящее время месторасположение инерционного измерительного блока платформы ещё не определено, поэтому он разрабатывается в виде самостоятельного, законченного устройства с портами для подключения внешнего интерфейса и линий электропитания.

Современные MEMS-системы позволяют получать информацию о своём положении и своих перемещениях в цифровом виде, а вычислительные мощности микроконтроллеров обеспечивают возможность математической обработки этих данных непосредственно внутри блока. При этом в расчётах могут и должны быть учтены юстировочные поправки, определённые после монтажа ИИБ на платформе. Поэтому к конструкции блока, который будет устанавливаться на девиационной платформе, не предъявляются особые требования по возможностям его точного позиционирования в той или иной плоскости.

Навигационная система названа инерциальной ввиду используемых в ней элементов, регистрирующих пространственное перемещение объектов. А именно, акселерометр – прибор для измерения ускорения движения и гироскоп – измеритель угловых скоростей, которые по своей сути являются инерциальными чувствительными элементами (система отсчета, по отношению к которой выполняется закон инерции, основаны на свойствах инерции тел).

На данный момент простые механические, контактные системы позиционирования стали неактуальны в ходе уязвимости, массивности исполнения, слабой помехозащищённости. В том числе, к недостаткам можно отнести: обязательное присутствие дополнительных систем сопряжения и сторонних элементов поддержки для корректной работы.

MEMS же, в свою очередь, позволяет избавиться от всех выше перечисленных моментов. Именно по этой причине использование данной системы превалирует над остальными существующими сторонними устройствами. В нее входят микродатчики и микроэлектроника, интегрированные на одном кристалле, чаще всего применяется кремниевая подложка. MEMS в инерциальной навигационной системе удовлетворяет всем требуемым запросам на получение информации о движении самолета.

В процессе работы сенсор через интерфейс связи снабжает данными микроконтроллер, в системе обработки сигналы проходят фильтрацию в несколько стадий. Показания можно изначально отобразить на диаграмме, занести в таблицу или сразу направить на дальнейшее преобразование. На основе проинтегрированных показаний MEMS получим измерения ускорения и угловой скорости, сможем определить угол наклона (поворота), в результате чего будет получена полная картина движения судна и его точные координаты.

Микроконтроллер в системе осуществляет прием данных от датчика, последующую обработку, интегрирование, вычисление перемещения самолета, подготовку и передачу информации в целевое устройство, приём запросов и команд от целевого устройства; контроль за оптимальной температурой в блоке выполняется по разрешению от головной системы управления платформы.

Питание электрической части системы осуществляется за счет питания головной системы управления девиационной платформы. В частности, по причине различного значения питающего напряжения всех частей системы и критичности резких перепадов напряжения питания, стабильную подачу электроэнергии обеспечивает стабилизатор напряжения.

Необходимость термостатирования обуславливается работой платформы в суровых климатических условиях, при существенных перепадах температуры (от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более). Подогрев внутреннего объема корпуса блока реализуется на основе резисторов большой мощности, которые получают питание через транзисторы по командам от головной системы управления девиационной платформы. Система управления ИИБ не должна принимать самостоятельного решения о включении и выключении подогрева в связи с тем, что при измерениях на летательном аппарате оборудование девиационной платформы должно переходить в режим пониженного энергопотребления для уменьшения напряженности собственного магнитного поля платформы и снижения влияния его на показания магнитного датчика летательного аппарата. Охлаждение микросхем ИИБ предусматривается пассивное, за счёт применения термопасты и радиаторов.

Инерциальный измерительный блок через двухсторонний интерфейс связи реализует обмен данными с целевой системой управления платформы. Реализация возможна на базе RS-485.

Одним из главных аспектов реализации ИИБ является проектирование печатной платы. На ней следует разместить MEMS датчик или датчики; микроконтроллер; датчик, транзисторные ключи и резисторы системы термостатирования; микросхему и элементы обвязки преобразователя интерфейса RS-485; стабилизатор напряжения и элементы помехоподавления (конденсаторы, дроссели, ферритовые бусины).

При проектировании платы необходимо учесть присутствие на ней достаточно мощных потребителей тока – нагревательных резисторов, ток которых может оказывать влияние на цепи датчиков. В связи с этим следует использовать, во-первых, физический разнос силовых цепей и цепей с малыми токами, а во-вторых, избегать образования обширных контуров протекания тока, стремясь сокращать расстояние между «прямым» и «обратным» проводниками.

Плата с установленными на ней электронными компонентами должна располагаться на амортизированных стойках, что позволит снизить шумы в выходных данных сенсоров и облегчить задачу фильтрации сигналов от MEMS-датчика. Как показывает опыт применения микроэлектромеханических датчиков ускорения и угловой скорости,

мелкие вибрации корпуса, обусловленные работой двигателей, движением по неровным поверхностям, и даже ветровым воздействием, существенно «зашумляют» данные, которые выдают подобные сенсоры.

Заключение

При проектировании инерциального измерительного блока необходимо учитывать особенности его работы на открытом воздухе, необходимость снижения его вклада в формирование магнитного поля в зоне проведения девиационных работ, предусмотреть достаточно большую (единицы – десятки метров) протяженность линий информационного обмена и связанные с этим требования к протоколу обмена. Кроме того, требуется взять в расчет потребность в защите инерциального измерительного блока от помех, которые могут поступать в него по линиям электропитания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Техника разводки печатных плат. - [Электронный ресурс] URL: <https://www.rezonit.ru/articles/tekhnika-razvodki-pechatnykh-plat/>. (дата обращения: 01.10.2022)
2. Inertial Navigation Systems and Its Practical Applications. Open access peer-reviewed chapter. – Aleksander Nawrat, Karol Jędrasiak, Krzysztof Daniec and Roman Koteras. Submitted: November 21st, 2011 Reviewed: June 10th, 2012 Published: October 10th, 2012
3. Технология МЭМС - [Электронный ресурс] URL: <https://mp-lab.ru/about/mems-in-russia/>. (дата обращения: 05.02.2022)
4. SamsPcbGuide, часть 3- Предельный ток печатной дорожки. - [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/411399/>. (дата обращения: 10.10.2022)
5. SamsPcbGuide, часть 4-Трассировка сигнальных линий. Минимизация индуктивности. - [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/411861/>. (дата обращения: 15.10.2022)

УДК 617-7

Ильченко Елизавета Сергеевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pchenko Elizaveta Sergeevna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Любушкина Надежда Николаевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liubushkina Nadezhda Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ЭКЗОСКЕЛЕТА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ С РЕКУПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ

DEVELOPMENT OF AN EXOSKELETON OF THE LOWER EXTREMITIES TO FACILITATE MOVEMENT WITH A RECOVERY SYSTEM

Аннотация. Данная работа посвящена разработке экзоскелета нижних конечностей – конструкции, которая серьезно облегчит движение людям с ограниченными возможностями, за счет системы с рекуперацией. Экзоскелет способствует предостеречь мышечные и ортопедические травмы, которые люди получают при падении, усталости мышц, а также растяжении и старых травм.

Abstract. This work is devoted to the development of an exoskeleton of the lower extremities – a design that will seriously facilitate the movement of people with disabilities, due to a system with recovery. The exoskeleton helps to prevent muscle and orthopedic injuries that people get when falling, muscle fatigue, as well as stretching and old injuries.

Ключевые слова: Эргономика, туризм, суставы, экзоскелет, нижние конечности, рекуперация энергии

Keywords: Ergonomics, tourism, joints, exoskeleton, lower limbs, energy recovery.

Рынок экзосистем еще не особо сформирован, но быстро развивается как субъект действующей экономической системы. Research And Markets прогнозирует, что сегмент экзоскелетов будет расти в среднем на 21,7 % в год. Соединенные Штаты, Канада, Япония, Китай и многие европейские страны будут основными игроками на рынке, причем Китай будет одним из главных игроков. Широко распространена продажа экзоскелетов на рынке Азиатско-Тихоокеанского региона, который возглавляет Индия, Австралия и Южная Корея. К 2027 г. продажи экзоскелетов в этом регионе достигнут 30,6 млн. долларов. Мировой рынок экзоскелетов оценивается более чем в 200 млн. долларов США с годовым темпом роста более 40 %. Эксперты прогнозируют, что к 2026 году рынок достигнет 4 млрд. долларов.

Несмотря на быстрые темпы роста популярности экзоскелетов, в данный момент существует проблема неутвержденности, заключающейся в высокой стоимости изделий, в особенностях области его использования. Актуальность экзоскелета основана на желании людей, страдающих от малой подвижности, как-то увеличить свой физический потенциал. В современном мире, начиная с эпохи глобализации, люди постоянно находятся в движении. Считается, что движение продлевает жизненный ресурс человека. Круг посещаемых человеком мест, как правило, не ограничивается городами и селами, а затрагивает более экстремальные и оторванные от цивилизации места. Подобные путешествия требуют значительной физической подготовки и энергозатрат. Люди, страдающие заболеваниями опорно-двигательного аппарата, не смогут путешествовать долго и далеко и насладиться в полной мере «прогулкой». Экзоскелет, способный заряжать аккумулятор, облегчит передвижение, станет комфортным дополнением для тех, кто любит путешествовать в отдаленные районы.

Под экзоскелетами чаще всего понимают приспособление, надеваемое на все тело для расширения возможностей человека. Существует множество разработок экзоскелетов для отдельных частей тела, но чаще проектируют его именно для ног. Бывают разные цели разработок, чаще всего ученые пытаются снизить метаболические затраты человека на ходьбу или бег, но существуют экзоскелеты для ускорения ходьбы. Пассивные конструкции (рисунок 1), работают без электроэнергии. Такая конструкция работает за счет противовесов и рычагов, происходит равномерное распределение веса пользователя. Активные конструкции работают иначе, в них используются электроприводы, гидравлическая, пневматическая или гидропневматическая системы [1].

Экзоскелет нижних конечностей необходим для снижения нагрузки икроножных, бедренных и ягодичных мышц. При подъеме в гору частота сердечных сокращений повышается на 40 %, минутный объем дыхания увеличивается на 78 %, энергетические затраты в два раза. Снижение силы тяжести поможет преодолеть гораздо большие расстояния. Разработка конструкции экзоскелета нижних конечностей, которая позволяет снизить нагрузку на опорно-двигательный аппарат на 5-10 % главная задача проекта.

Сама ходьба требует метаболических затрат. При этом энергия расходуется по-разному в различных частях тела, включая ступни, ноги, таз и туловище. При выполнении каждого шага необходимо приложить тормозящую силу, чтобы предотвратить смещение поднятой ноги вперед при приземлении. Это движение особенно требовательно к мышцам, поскольку они должны быть напряжены для поддержания силы торможения, а также для легкого растяжения и сокращения. Энергия, создаваемая движением, может накапливаться и преобразовываться в электричество, которое в свою очередь, может питать систему управления экзоскелета и портативное оборудование путешественника.

Экзоскелет включает звенья таза, бедра, голени и голеностопного сустава, данная конструкция позволяет поворачиваться в сагиттальной плоскости. Когда человек спускается с горы, тормозит при этом, генератор постоянного тока при этом осуществляет выработку энергии. Механическая связь между тросовым шкивом, генератором и двигателем осуществляется одноступенчатой шестеренчатой передачей между зубчатым венцом, закрепленным на торце тросового шкива, подведенного к тазовому звену, а также шестернями, закрепленными ближе к голени и голеностопу. Все закреплено на валах генератора и двигателя. При активном режиме, сервоприводы усиливают возможности человека. Экзоскелет оснащен позиционными датчиками, датчиками давления в стопах, благодаря чему экзоскелет подстраивается под особенности человека и позволяет двигаться свободно.

Экзоскелет крепится на лямках к ногам, должен плотно прилегать к телу, чтобы конструкция прочно держалась на теле человека. Главная опора крепится к тазовому звену. С помощью муфт свободного хода и спиральных пружин тросы крепятся к катушкам с обратной стороны экзоскелета, стремящихся вернуть тросы после разматывания катушек. Катушки подключены к общему генератору, вырабатывающему электрический ток при вращении.

Во время фазы движения ноги, нога разматывает катушку и раскручивает генератор. В этот момент экзоскелет увеличивает момент разгибания колена, помогает ноге тормозить во время заключительной фазы маха и способствует сокращению эксцентрических мышц. Кроме того, во время фазы опоры механизм свободного хода позволяет экзоскелету практически не влиять на ногу, трос свободно обматывается вокруг катушки под действием пружины [2]. Максимально допустимый вес пользователя 120 кг, допустимая выработка электроэнергии в объеме 15-25 Вт, снижение нагрузки на опорно-двигательный аппарат на 12 %. Возможность регулировать конструкцию под анатомические габариты человека (рисунок 2).

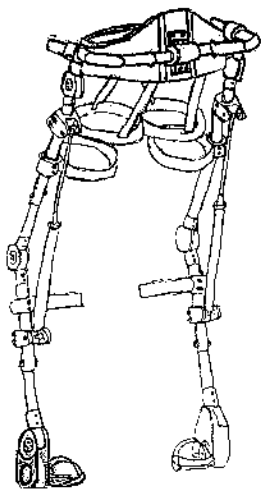


Рисунок 1 - Пассивная конструкция экзоскелета



Рисунок 2 - Схема экзоскелета

Сервоприводы экзоскелета оснащены датчиками положения и датчиками давления стопы, что позволяет экзоскелету адаптироваться к характеристикам человека и двигаться свободно и интуитивно. Также планируется включить в конструкцию элементы из композитных материалов для улучшения аккумуляторной батареи и системы управления [3].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Экзоскелет для облегчения перемещения - [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU202205U1_20210205 (дата обращения: 13.11.2022)
2. Пассивный экзоскелет вырабатываемый электроэнергию - [Электронный ресурс]. URL: <https://incrussia.ru/news/walking-efficiency/> (дата обращения: 14.11.2022)

УДК. 621. 311. 33

Исломов Ильёсходжа Икромходжаевич, к.т.н., старший преподаватель кафедры "Электроснабжение и автоматики" Худжандского политехнического института Таджикского технического университета имени акад. М.С.Осими

Islomov Ilyoskhodja Ikromkhodjaevich, Ph.D. Senior Lecturer of the Department of "Power Supply and Automation" of the Khujand Polytechnic Institute of the Tajik Technical University named after acad. M.S.Osimi

Насулоев Усмонходжа Умарходжаевич, ассистент кафедры "Электроснабжение и автоматики" Худжандского политехнического института Таджикского технического университета имени акад. М.С.Осими

Nasuloev Usmonkhodja Umarhodjaevich, assistant of the Department of "Power supply and automation" of the Khujand Polytechnic Institute of the Tajik Technical University named after acad. M.S.Osimi

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАСЧЁТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧИСЛА ЧАСОВ СОЛНЕЧНЫХ ДНЕЙ

RESULTS OF TECHNICAL AND ECONOMIC CALCULATION AND DETERMINATION OF THE PAYBACK TIME OF SOLAR BATTERIES DEPENDING ON THE NUMBER OF HOURS OF SUNNY DAYS

Аннотация. В статье приведено среднегодовой выработки электроэнергии за счёт установки солнечных батарей и определены сроки окупаемости солнечных батарей. Определены среднегодовой выработка электроэнергии с учётом средней месячной солнечной радиации. В течение года определены количество ясных часов в год и определено доход от выработки электроэнергии в год на N количество солнечных батарей.

Abstract. The article shows the average annual electricity generation due to the installation of solar panels and determines the payback period for solar panels. The average annual power generation was determined taking into account the average monthly solar radiation. During the year, the number of clear hours per year is determined and the income from electricity generation per year per N number of solar panels is determined.

Ключевые слова: солнечная радиация, солнечная батарея, количество электроэнергии, площадь.

Key words: solar radiation, solar battery, amount of electricity, area.

Использование возобновляемых источников энергии для электроснабжение жилых массивов и общественных зданий один из высоко технологичных и затратных направлений которое положительно сказывается на энергосбережение и экономии энергоресурсов. Кроме того, использование возобновляемых источников энергии позитивно повлияет на расход на оплату электроэнергии, создаёт преимущество предприятиям и учреждением в конкурентной среде.

Одним из приоритетов правительства Республики Таджикистан является внедрение энергосберегающих технологий в быту и в промышленности, решение проблем энергетической безопасности и внедрение возобновляемых источников энергии в целях развития зелёной энергетики. Использование солнечных электростанции на основе

солнечных батарей для труднодоступных горных жилых массивов один из способов устойчивого и бесперебойного электроснабжение. В большинстве странах Европы такая практика даёт очень большой экономический эффект. Учитывая климатических условиях Республики Таджикистан, установка альтернативных источников энергии, таких как солнечные батареи в частных жилых домах является целесообразным и положительно влияет на оплату электроэнергии. По расчетам среднее интенсивность солнечного излучение (солнечна радиация) в год в среднем в Республики Таджикистан составляет $202,2 \text{ Вт/м}^2$.

Для точного расчёта и анализа потенциала выработки электроэнергии за счёт солнечного излучение необходимо определить статистическим методом средней дневной дней в году за исключением пасмурных дней в году. Расчёт количество вырабатываемых электроэнергии за счёт солнечных дней с учётом пасмурных дней и ночных часов в году даст возможность точно оценивать количество вырабатываемой электроэнергии.

Для определение солнечных дней в году нам необходимо рассчитать количество солнечных и пасмурных дней в месяце. Кроме того, для этого необходимо учитывать время заката и восхода солнце в зависимости от времени года.

Количество ясных часов в день:

$$\sum t_{\text{с.д}} = t_{\text{восход}} + t_{\text{закат}} \quad (1)$$

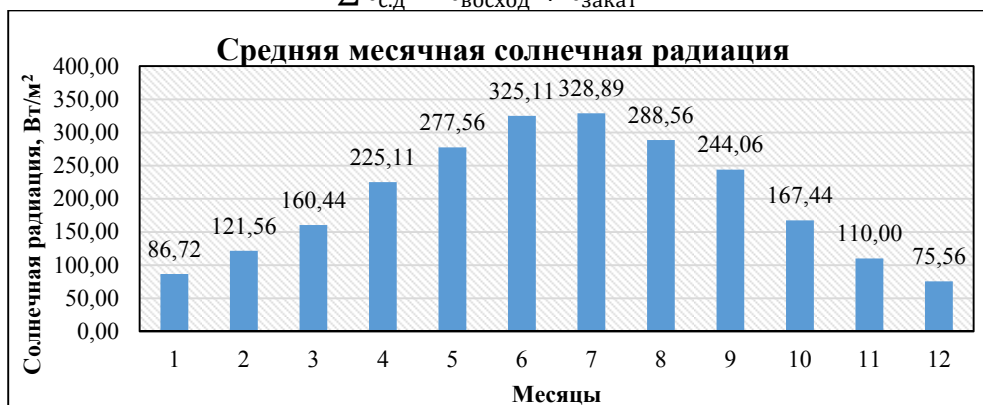


Рисунок 1 – Средняя месячная солнечная радиация, город Худжанд, Республика Таджикистан

Максимальное число часов солнечных дней в год:

$$\sum T_{\text{с.д.г}} = \sum t_{\text{с.д.м}} \cdot (n_{\text{с.д.г}} - n_{\text{п.д.г}}) \cdot 12 \quad (2)$$

где $\sum t_{\text{с.д}}$ – суммарный светлых часов в день, час; $\sum t_{\text{с.д.м}}$ - суммарный светлых часов в месяц, час; $t_{\text{восход}}$; $t_{\text{закат}}$ – время заката и восхода солнце в день, час; $\sum T_{\text{с.д.г}}$ – суммарный солнечной час в год, час.

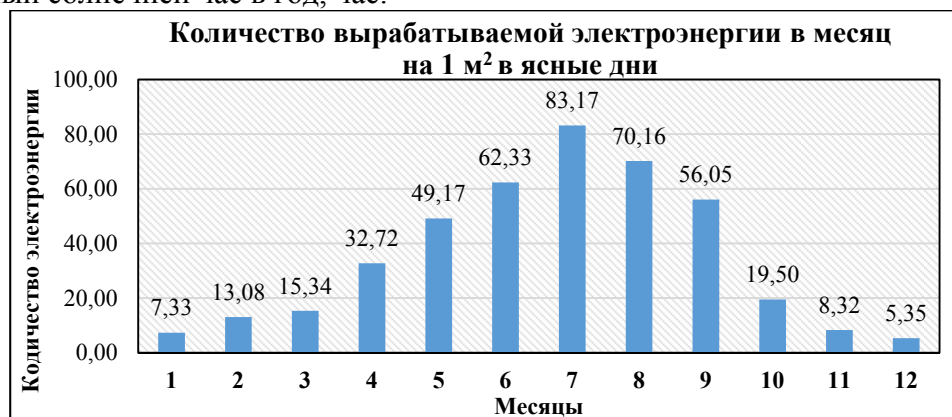


Рисунок 2 – Количество вырабатываемой электроэнергии в месяц на 1 м² в ясные дни

Рассмотрим площадь солнечного батарея типа One-Sun 250M.

Площадь солнечного батарея:

$$F = a \cdot b \quad (3)$$

где a – длина солнечного батарея, м; b – ширина солнечного батарея, м.
Площадь для установки солнечного батарея One-Sun 250M:

$$F_{yc} = 70 \text{ м}^2 \quad (4)$$

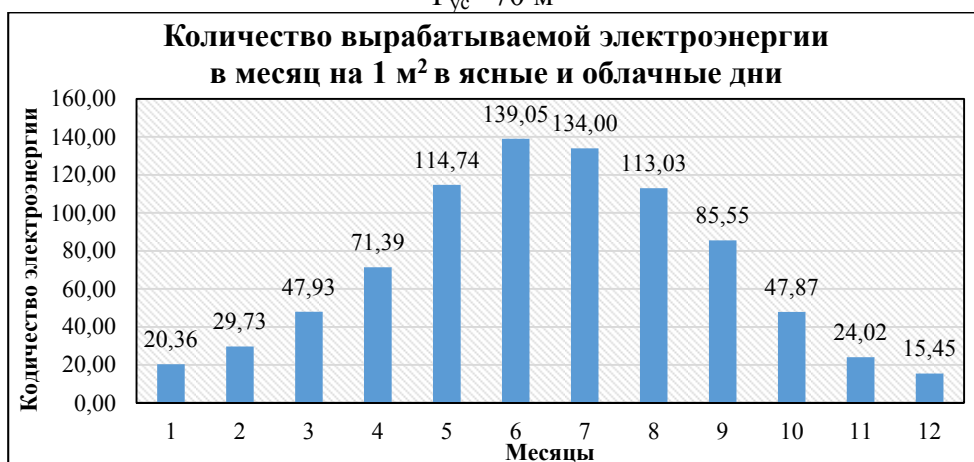


Рисунок 3 – Количество вырабатываемой электроэнергии в месяц на 1 м² в ясные и облачные дни

Определение минимального количество солнечных модулей:

$$N_{\min} = \frac{F_{yc}}{F_{cm}} \quad (5)$$

Суммарное стоимость солнечных модулей:

$$\sum C_3 = C_3 \cdot N_{\min} \quad (6)$$

где C_3 - стоимость одного солнечного батарея.

Максимальное число часов солнечных дней в год в регионах республики составляет $T_{\max} = 3843,49$ часов, соответственно определим количество вырабатываемой мощности и энергии в солнечных модулях типа One-Sun 250M.

$$\sum P_{p, \text{ФСН-40A}} = N_{\min} \cdot P_{p, \text{One-Sun 250M}} \quad (7)$$

где $P_{p, \text{One-Sun 250M}}$ – максимальная расчетная активная мощность солнечного батарея с номинальным током 40А.

Количество электроэнергии солнечной батареи:

$$\sum W_{\text{э, ФСН-40A}} = \sum P_{p, \text{One-Sun 250M}} \cdot T_{\max} \quad (8)$$



Рисунок 4 – Количество вырабатываемой электроэнергии в месяц на 10 солнечных батарея

Суммарное стоимость вырабатываемой электроэнергии в год:

$$\sum \mathcal{E}_3 = \sum W_{\text{э, One-Sun 250M}} \cdot \mathcal{E}_3^1 \quad (9)$$

где $\mathcal{E}_3^1 = 0,2657$ сомони стоимость одного кВт · час электроэнергии.

Таким образом, в год солнечный модуль типа One-Sun 250M, вырабатывает 9133,48 кВт · час, электроэнергии и соответственно стоимость электроэнергии составляет 1400 сомони, примерно 140 \$.

Определим самоокупаемость солнечных модулей:

$$Z_{\text{One-Sun 250M}} = \frac{\sum C_3}{\sum \varepsilon_3} \quad (10)$$

Таблица 1 – Результаты технико-экономического расчёта срока окупаемости солнечных батарей

№	Показатели	Среднее в месяц	Сумма в год
	Количество ясных часов.	320,29	3843,49
	Средняя суммарная месячная солнечная радиация, Вт/м ² .	199,83	2398,00
	Площадь помещения F, м ² .	70,00	
	Площадь, СБ, F, м ²	6,46	
	Количество СБ, шт.	11	
	Количество ясных часов в год	3843,49	
	Количество вырабатываемой электроэнергии в год на N СБ, шт.	761,12	9133,48
	Цена солнечных батарей, сомони.	17332,90	
	Доход от выработки электроэнергии в месяц на N СБ, сомони.	201,32	2415,81
	Самоокупаемость СБ, год	6,28	

По результатам технико-экономического расчёта установки солнечных батарей видно, что срок окупаемости при стоимости одного кВт · час электроэнергии 0,2657 составляет 6,28 год. Такой показатель не целесообразно в сфере энергетики, но учитывая, что энергия которую вырабатывает солнечные батареи экологически чистые и внедрение солнечных электростанций позволяет значительно экономить расходы на не возобновляемые источники энергии. Кроме того, при массовом выпуске солнечных батарей и уменьшение стоимости солнечных батарей положительно сказывается на срок окупаемости солнечных электростанций на основе солнечных батарей.

Необходимо отметить, что при повышении стоимости электроэнергии в один раз, т.е. на 50% срок окупаемости составляет 4,17 года или при уменьшении стоимости одного солнечного батарея на 15% срок окупаемости составляет 5,18 года.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бурмистров А. А., Виссарионов В. И., Дерюгина Г. В., Кузнецов В. А., Кунакин Д. Н., Малинин Н. К., Пугачев Р. В. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии: учебное пособие/ А. А. Бурмистров, В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина и др.; под ред. В. И. Виссарионов. — М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 144 с.: ил.
2. Исломов И. И. Определение среднегодовой скорости ветра в регионах Республики Таджикистан и расчеты выработки электроэнергии на ветроэлектростанции // Наука, творчество и образование в области электроэнергетики и электротехники - достижения и перспективы. труды всероссийской научно-практической конференции. Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Электроэнергетический институт. 2015. С. 134-137.
3. Исломов И. И. Определение экономической эффективности производства электроэнергии на ветроустановке с магнитным редуктором // Современные проблемы электроэнергетики и пути их решения. Материалы V Всероссийской научно-технической конференции. 2019. С. 100-106.
4. Исломов И. И. Система возобновляемых источников энергии для электроснабжения жилых массивов на основе ветроэнергетических установок // Главный энергетик. 2019. № 5. С. 66-77.

Кликно Давыд Денисович, студент, Сибирский федеральный университет

Klikno Davyd Denisovich, student, Siberian Federal University

Буравлева Мария Эдуардовна, студент, Сибирский федеральный университет

Buravleva Maria Eduardovna, student, Siberian Federal University

Иванов Николай Дмитриевич, аспирант, Сибирский федеральный университет

Ivanov Nikolaj Dmitrievich, graduate student, Siberian Federal University

Гладышев Андрей Борисович, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры РЭБ, Сибирский федеральный университет

Gladyshev Andrey Borisovich, Candidate of Technical Sciences, Siberian Federal University

МОДУЛЬ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХКООРДИНАТНЫМ ОПОРНО-ПОВОРОТНЫМ УСТРОЙСТВОМ

REMOTE CONTROL MODULE FOR THREE-COORDINATE TURNTABLE

Аннотация. В результате работы был разработан модуль дистанционного управления по радиоканалу трехкоординатным опорно-поворотным устройством (ОПУ), использование алгоритмов которого реализуется с помощью разработанного программного обеспечения. Представлена структурная схемы, разработано и внедрено программное обеспечение, изготовлен макет, проведена проверка основных функций и режимов работы системы и отладка программы.

Abstract. As a result of the work, remote control module was developed over the radio channel by a three-coordinate pivot device, the use of which algorithms is implemented using the developed software. A block diagram is presented, software is developed and implemented, a layout is made, the main functions and operating modes of the system are checked and the program is debugged.

Ключевые слова: дистанционный модуль управления, трехкоординатное опорно-поворотное устройство.

Key words: remote control module, three-coordinate turntable.

Трехкоординатное опорно-поворотное устройство (ОПУ) предназначено для проведения экспериментальных исследований точностных характеристик угломерных приемников глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС-приемников), при измерении ими углов пространственной ориентации [1].

На лучах ОПУ закрепляются антенны ГНСС-приемника (рисунок 1). ОПУ осуществляет перемещение антенн в пространстве по трем осям в соответствии с управляющими командами [2].

Управление ОПУ осуществляется либо с ПК по Ethernet, либо при помощи элементов управления, размещенных на сенсорном дисплее, с лицевой панели блока управления (БУ) в режиме местного управления. Внутренне программное обеспечение вшито в блок управления и обеспечивает его работу [3].

Внешний вид ОПУ представлен на рисунке 1а. Блок управления ОПУ (БУ) изображен на рисунке 1б.

В зависимости от условий проводимых экспериментов не всегда удобно управлять ОПУ в местном режиме управления, либо подключать ПК по Ethernet-кабелю. Это приводит к снижению мобильности ОПУ. По результатам интенсивной эксплуатации ОПУ появилась необходимость разработки модуля дистанционного управления, позволяющего осуществлять управление ОПУ по радиоканалу.

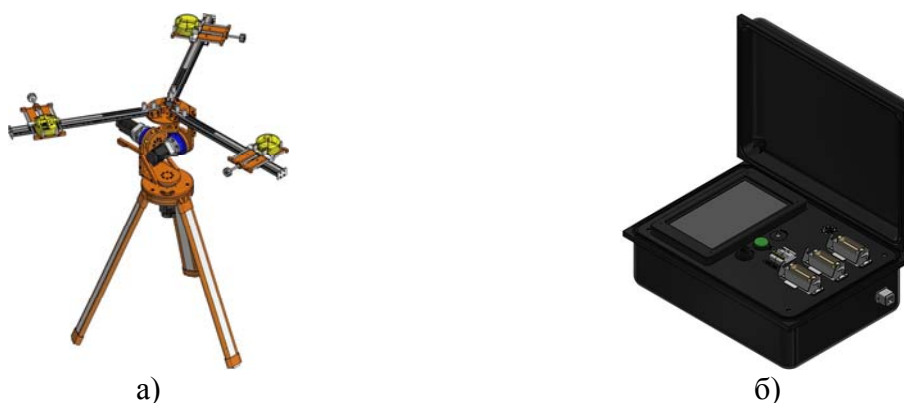


Рисунок 1 – Опорно-поворотное устройство (а) с блоком управления (б).

В результате анализа существующих технических решений по дистанционному построению модулю управления была разработана структурная схема, представленная на рисунке 2.

Модуль дистанционного управления в своем составе имеет две платы на контроллерах Arduino UNO и Arduino Pro Mini соответственно. В пользу выбора данных контроллеров повлияла их открытая архитектура, что дает возможность изменить микропрограмму в соответствии с пожеланиями пользователей. В любой момент есть возможность модифицировать и дополнить алгоритм работы, что дает преимущество над конкурентами. Так же относительно низкая стоимость данных контроллеров делает их более доступными.

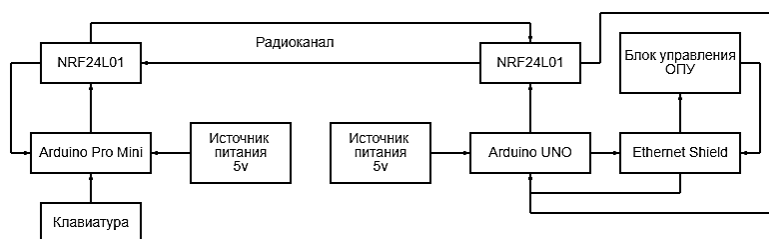


Рисунок 2 – Структурная схема модуля дистанционного управления

Arduino – это печатная плата с контроллером и платой расширения. Имеет открытую архитектуру. В состав платы, кроме этого, входят стабилизатор питания, цепочка сброса, резонатор. На плату можно с легкостью добавить новые элементы, таким образом расширить ее функционал. К такой плате можно подключить множество различных датчиков, устройств для выполнения задач [4].

Программируемая платформа Arduino UNO – устройство, построенное на базе микроконтроллера ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых входов/выходов, 6 аналоговых входов, кварцевый генератор, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.

Программируемая платформа Arduino Pro Mini одна из самых миниатюрных плат семейства Arduino и может использоваться в готовых проектах. Плата построена на микроконтроллере ATmega328. Платформа содержит 14 цифровых входов и выходов, 6 аналоговых входов, резонатор, кнопку перезагрузки и отверстия для монтажа выводов. Блок из шести выводов может подключаться к кабелю FTDI или плате-конвертеру Sparkfun для обеспечения питания и связи через USB.

NRF24101 – это высокоинтегрированная микросхема с пониженным потреблением энергии (ULP) 2Мбит/с для диапазона 2,4 ГГц. При помощи NRF24101 можно связать несколько устройств для передачи данных по радиоканалу.

Контроллеры интерфейсов Ethernet для Arduino сегодня выпускаются на основе микросхемы WIZnet W5100, которая способна поддерживать обмен данными с постоянной скоростью в 100 Мбит/сек. Для устройств на базе W5100 созданы готовые библиотеки, данная архитектура является простой и идеально подойдет для реализации проекта.

Дистанционное управление ОПУ, согласно структурной схеме, осуществляется по радиоканалу с помощью передатчика, который представляет собой устройство на базе контроллера Arduino Pro Mini и предназначенное для передачи команд управления на приемное устройство. Приемное устройство выполнено на базе Arduino UNO и работает в паре с блоком управления ОПУ. Модуль дистанционного управления и БУ обмениваются пакетами данных, содержащими строки байт с командами и ответами на них. Блок схема алгоритма программы для дистанционного управления ОПУ представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Блок схема алгоритма программы

Команды управления вводятся с помощью клавиатуры и представляют собой ASCII коды, поступающие в БУ по радиоканалу и позволяющие осуществлять калибровку ОПУ, изменение лучей ОПУ по азимуту, крену и тангажу [5].

Внешний вид макета разработанного модуля дистанционного управления представлен на рисунке 4.

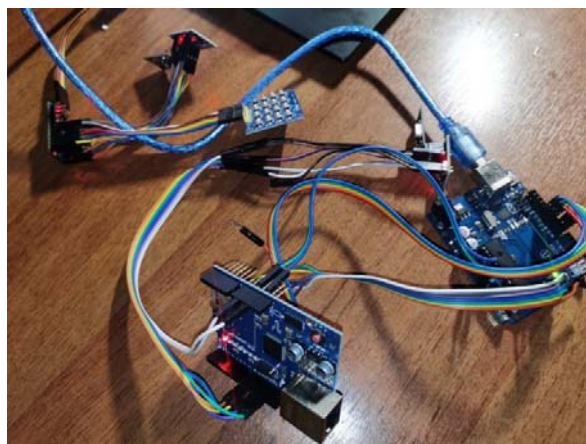


Рисунок 4 - Макет разработанного устройства

После проведения ряда тестов результаты показали, что разработанное устройство выполняет возложенный на него функционал в полном объеме и взаимодействует со всеми элементами системы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жгун А.В., Жгун Д.А., Кликно Д.Д., Гладышев А.Б. Разработка программно-аппаратного комплекса моделирования взаимной высокоточной навигации // САПР и моделирование в современной электронике. Сборник научных трудов IV Международной научно-практической конференции. Брянск, 2020. С. 370-373.
2. Дмитриев Д.Д., Тяпкин В.Н., Фатеев Ю.Л., Гладышев А.Б., Кремез Н.С. Методы взаимной высокоточной навигации, основанные на использовании относительных режимов работы угломерных приемников сигналов глобальных навигационных спутниковых систем // Космические аппараты и технологии. 2022. Т. 6. № 2 (40). С. 123-132.
3. Мобильное трехкоординатное опорно-поворотное устройство. ЭМС0.315208.002 - Руководство по эксплуатации.
4. Петин В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino // Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2021. – 560 с.
5. Монк С. Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами. — Санкт-Петербург, 2017.

УДК 621.314.522

Козырь Даниил Русланович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kozyr Daniil Ruslanovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шибeko Роман Владимирович, старший преподаватель кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shibeko Roman Vladimirovich, Senior Lecturer, Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

УСТРОЙСТВО МЯГКОГО ПУСКА КОРОТКОЗАМКНУТОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

SOFT START DEVICE FOR SHORT CIRCUIT ASYNCHRONOUS MOTOR

Аннотация. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором является наиболее распространенным типом двигателей на рынке. Такие двигатели относительно дешевы, а расходы на техническое обслуживание, как правило, небольшие. Проблема при пуске таких двигателей известна: резкое возрастание пускового тока до значений 6–8 раз больше номинального и как следствие скачок крутящего момента до 150–200% от номинального. Поскольку последствия прямого пуска нежелательны то применение устройства мягкого пуска достаточно актуально. Вариант такого устройства описывается в статье.

Abstract. The squirrel-cage induction motor is the most common type of motor on the market. Such motors are relatively cheap and maintenance costs are usually low. The problem when starting such motors is known: a sharp increase in the starting current to values up to 6–8 times the nominal value and, as a result, a torque jumps up to 150–200% of the nominal one. Since the consequences of a direct start are undesirable, the use of a soft starter is quite relevant. A variant of such a device is described in the article.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, устройство мягкого пуска, пусковой ток.

Key words: asynchronous electric motor, soft starter, starting current.

Последствия прямого подключения асинхронного двигателя к сети всегда несут негативные последствия, а иногда и катастрофические. Некоторые негативные факторы прямого пуска следующие:

- высокое потребление тока и соответствующее падение напряжения сети, что может повредить другим частям системы, подключенным к сети;

- интенсивное ускорение, которое оказывает негативное влияние на компоненты механических передач (ремни, цепи, механические соединения и т. д.), сокращает срок их службы или приводит к прямой неисправности оборудования.

Учитывая вышеизложенное, видно, что решение проблемы пуска асинхронных двигателей является актуальной задачей.

Предлагается устройство плавного пуска асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором со следующими параметрами:

- Мощность до 55 кВт;
- Пусковой ток до 120 А;
- Отношение пускового тока к номинальному току (I_p/I_n) до 8;
- Подключение двигателя Δ/Y на 220/380 В;
- Скорость двигателя до 1500 оборотов.

Устройство позволяет регулировать:

- Время пуска от 0 до 60 сек с шагом в 1 сек;
- Начальное напряжение (U) от 0 до 90% с шагом 1%;
- Отношение I_p/I_n от 1 до 8 с шагом 1;
- Время останова от 0 до 60 сек с шагом в 1 сек.

Устройство позволяет задать время пуска, начиная с определённого начального значения напряжения до номинального в 220 В по линейному закону за определенное время. Также предусмотрен режим запуск по времени с контролем и ограничением пускового тока. В этом случае устройство контролирует пусковой ток, и в случае превышения необходимого значения уменьшает напряжение, но при этом время включения может затянуться



Рисунок 1 – Передняя панель устройства.

Кроме того, устройство позволяет регулировать время останова. За время останова напряжение от номинального до 0 осуществляется по линейному закону в заданное время. При нулевых значениях времени пуска осуществляется запуск рывком, а при нулевых значениях останова осуществляется свободный выбег двигателя.

Функциональная схема представлена на рисунке 2 и состоит из блоков: К–контактор; ТТР–твердотельное реле; В–выпрямитель; Тр–силовой транзистор; ДрТр–драйвер силового транзистора; Ф–фильтр; И–инвертор; Д–двигатель; БП–блок питания; Дх–датчик Холла; СФ–сглаживающий фильтр; ФП–флеш-память; СИ–счетчик; ЛБ–логический блок; ДрИИ–драйвер инвертора; П–переключатель.

Устройство работает следующим образом. Центральным управляющим звеном является микроконтроллер, который связан со всеми блоками системы по радиальной схеме соединения. Основная силовая часть устройства разделена на два канала прохождения энергии от сети к двигателю. Первый канал – прямой ход, когда энергия от

сети проходит к двигателю через магнитный контактор. Данная схема используется при обычной работе двигателя, вне пуска и останова. Второй канал – управляемый и состоит из последовательно включенных выпрямителя, регулирующего транзистора, фильтра и инвертора. Выпрямитель не регулируемый и преобразует трехфазное переменное напряжение в постоянное.

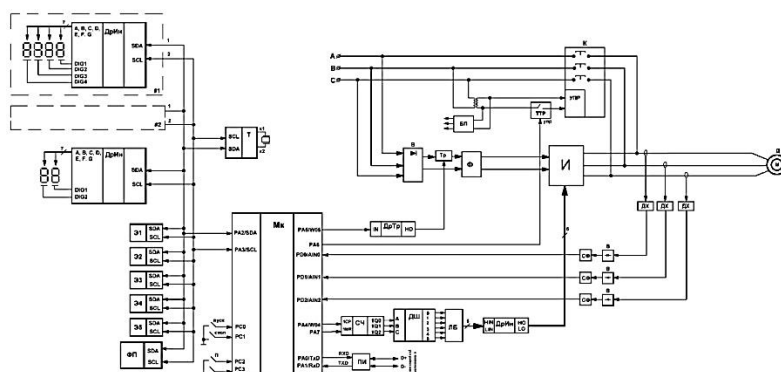


Рисунок 2 – Функциональная схема устройства

Основным управляющим элементом является ключевой транзистор, который работает по принципу ШИМ-регулирования. Далее напряжение сглаживается и поступает на инвертор, который и преобразует постоянное напряжение в переменное для электродвигателя. Магнитный контактор в основном канале прохода энергии управляется переменным напряжением небольшой амплитуды. Управляющее напряжение контактора получается из линейного напряжения сети, которое понижается трансформатором и подключается к контактору при помощи твердотельного реле в моменты основного этапа работы двигателя.

Управление транзистором в управляемом канале энергии производится микроконтроллером через соответствующий драйвер, задача которого, преобразовать цифровые ШИМ-сигналы микроконтроллера в управляющие ШИМ-сигналы, поступающие на базу транзистора.

Схема управления трехфазным инвертором состоит из последовательно соединенных счетчика, дешифратора, логического блока и соответствующего драйвера. Задача счетчика заключается в том, чтобы считать поступающие на него с микроконтроллера импульсы и преобразовывать их в двоичный код. Задача дешифратора – формировать позиционный код. Логический блок преобразует эти сигналы в управляющие сигналы для вентиля инвертора, с целью реализации 180-градусного алгоритма управления. Естественно, чтобы преобразовать цифровые сигналы в управляющие для силовых вентилях в данном участке схемы, присутствуют драйверы для силовых транзисторов инвертора.

Для преобразования интерфейса UART в USB, с целью связи с внешними устройствами, служит соответствующий преобразователь интерфейсов.

Остальные элементы системы управляются микроконтроллером через интерфейс I2C. Через него подключены следующие элементы:

- Таймер реального времени, способный считать время до миллисекунд и позволяющий реализовать соответствующее широтно-импульсное регулирование силовым транзистором таким образом, чтобы фазные напряжения на двигателе возрастали линейно.
- Драйверы индикаторов, которые предназначены для управления семисегментными индикаторами, расположенными на передней панели устройства. Драйверы получают информацию необходимую для отображения и развертывают ее в временной шаблон, реализуя динамический принцип индикации.
- Энкодеры, задача которых распознать вращение пользователем регуляторов настройки.

– Флэш-память системы, предназначенная для хранения промежуточных данных и результатов измерения.

Кнопки пуск, стоп и переключатели подключены к портам микроконтроллера напрямую.

Измерение токов в фазах двигателя для реализации пуска с контролем тока происходит при помощи датчиков Холла, сигнал с которых, выпрямляется с помощью выпрямителя, сглаживается и поступают на внутренний аналого-цифровой преобразователь микроконтроллера.

Энергопитание системы управления силовой частью осуществляется блоком питания, подключенным к сети через понижающий трансформатор.

Функциональная схема приведена с учетом того, что в устройстве на схемотехническом уровне будут использоваться определенные компоненты, в частности:

- AVR128DA28 – 8-битные микроконтроллер;
- ACS758 – датчик тока на эффекте Холла;
- IRS23364D – драйвер трехфазного инвертора;
- IR2118S – драйвер силового ключа;
- LC1E160E5 – трехполюсной контактор;
- AS5048 – Магнитные поворотные энкодеры;
- SSR-05AA – твердотельное реле;
- DS1307 – таймер реального времени;
- 24FC512 – флеш-память.

Таким образом, предлагаемое устройство мягкого пуска позволяет уменьшить негативные последствия включения в сеть асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Устройство предлагает пользователю все необходимые опции пуска по линейному закону. Кроме того, имеется возможность регулируемой плавной остановки двигателя вплоть до свободного выбега.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ванурин, В. Н. Электрические машины. Учебник для вузов // В.Н. Ванурин.– М.:Лань, 2022.–304 с.

2. Устройство плавного пуска электродвигателя. Как это работает // Сайт компании ООО «ЭНЕРГОПУСК» – URL: <https://epusk.ru/articles/ustroystvo-plavnogo-puska/printsip-raboty-ustroystva-plavnogo-puska-elektrovdigateley/> (дата обращения: 20.09.2022). – Текст: электронный.

3. Принцип работы софтстартера – устройства плавного пуска // Сайт компании ООО «НТЦ ЭНЕРГО-РЕСУРС» – URL: <https://en-res.ru/stati/printsip-raboty-softstartera-ustroystva-plavnogo-puska.html> (дата обращения: 22.09.2022). – Текст: электронный.

4. Устройства плавного пуска: принцип работы, классификация, критерии выбора. // Сайт компании Компания ООО «ТПК «Техпривод» – URL: <https://tehprivod.su/poleznaya-informatsiya/ob-ustroystvakh-plavnogo-puska.html> (дата обращения: 25.09.2022). – Текст: электронный.

Колесник Максим Борисович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

Kolesnik Maxim Borisovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University.

Ким Константин Константинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электротехника и теплоэнергетика», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Kim Konstantin Konstantinovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Department "Electrical engineering and thermal power engineering", Sankt-Petersburg State Transport University Emperor Alexander I.

Иванов Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры электромеханики Комсомольского-на-Амуре государственного университета.

Ivanov Sergey Nikolaevich, Doctor of Engineering, professor of electromechanics Komsomolsk-na-Amure State University.

РАЗРАБОТКА ПРИВОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

DEVELOPMENT OF LINEAR DISPLACEMENT DRIVES BASED ON ASYNCHRONOUS MOTORS WITH A SHORT-CIRCUITED ROTOR

Аннотация. Показана актуальность разработки и внедрения в эксплуатацию приводов с линейным перемещением исполнительного элемента на примере нефтегазовой промышленности. Приведена методика определения функциональных характеристик привода. Описан порядок выбора выходных параметров приводного двигателя и показан этап, на котором находится научно-исследовательская работа.

Abstract. The relevance of the development and commissioning of drives with linear displacement of the actuator is described on the example of the oil and gas industry. The method of determining the functional characteristics of the drive is given. The procedure for selecting the output parameters of the drive motor is described and the stage at which the research work is located is shown.

Ключевые слова: запорная арматура, электрический привод, эксперимент.

Key words: shut-off valves, electric drive, experiment.

Введение

В технических системах привода находят практическое применение начиная с мало мощных механизмов, например, привод клапана блока терморегулирования системы жизнеобеспечения человека, заканчивая уникальными установками перемещения сверхтяжелых объектов. В ряде случаев необходимо, чтобы привод обеспечивал линейное перемещение. На сегодняшний день принципиально в качестве приводного механизма могут использоваться грузовые, пружинные, тепловые, пневматические, гидравлические, электромагнитные, электромеханические устройства, а также их различные сочетания.

Однако не все привода удовлетворяют таким показателям как габариты, масса, надежность, тяговое усилие, быстродействие и другим, поэтому задачей, решаемой авторами является разработка и исследование электроприводных механизмов линейного перемещения с высокими технико-экономическими показателями (габариты, масса, надежность, стоимость и др.). Частной целью является разработка привода герметичной задвижки. Задачей является разработка и модернизация узлов, деталей машин и механизмов в области промышленности, транспорта и связи, топливно-энергетического комплекса.

Описание проблемы и ее решение.

Основной проблемой, на решение которой направлен проект, является отсутствие электроприводов, обеспечивающих экологичность эксплуатации магистральных трубопроводов, расположенных в удаленных и труднодоступных, в том числе подводных, местах. Актуальность данной проблемы обусловлена протяжённостью в России магистральных трубопроводов более 250 тыс. км. При этом из-за большой территории страны, перекачка, например, нефти может осуществляться между участками, находящимися на расстояниях, значительно удаленных друг от друга, в свою очередь установка запорной арматуры предусматривается на расстояния до 30 км. В соответствии с этим есть участки трубопроводов значительной длины, авария в которых приведет к утечке огромного объема нефти, что представляет собой большую опасность для окружающей среды, и в некоторых случаях последствия могут быть необратимы. Предварительный экономический ущерб от утечки нефти при самом худшем стечении обстоятельств может составить 1,49 млрд. руб., что соответствует утечке 213 тыс. баррелей нефти. Также сюда же можно отнести затраты на рекультивацию зараженных земель [1-3].

Таким образом, решение поставленной задачи позволяет решить:

1 техническую проблему оперативной локализации повреждения участка магистрального трубопровода за счет применения герметичного электропривода линейного перемещения;

2 проблему повышения рентабельности процесса эксплуатации магистральных трубопроводов;

3. проблему повышения эффективности технических устройств (на примере привода задвижки);

Модель привода герметичной задвижки приведена на рисунок 1.

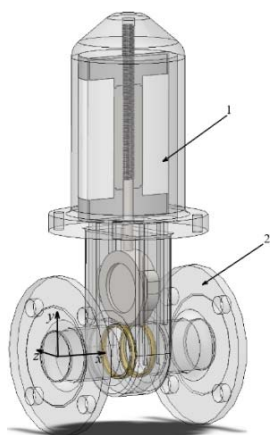


Рисунок 1 – Модель привода герметичной задвижки
1 – Привод задвижки;
2 – Корпус задвижки

Решение вышеуказанных проблем осуществляется путем:

1 разработки и исследования электропривода на основе асинхронного двигателя с линейным перемещением исполнительного механизма;

2 мониторинга состояния трубопровода;

3 удаленного управления запорной арматурой.

4 локализации мест повреждения [4-7];

5 установки новых электроприводов при плановом техническом обслуживании эксплуатируемых трубопроводов, в данном случае процесс замены осуществляется снятием старого привода и установкой нового на место старого, при этом корпус задвижки не требует внесения изменений в свою конструкцию;

6 установки новых электроприводов при строительстве вновь вводимых трубопроводных линий, возможна установка задвижек на более близком расстоянии друг от друга, опять же по причине более низкой стоимости привода.

Инновационность подхода и научная новизна.

Инновационность подхода заключается в разработке автоматических устройств, интегрированных в трубопроводные системы, расположенные в труднодоступных и удаленных местах. Научная новизна (практическая часть) связана с исследованием электропривода на базе асинхронного короткозамкнутого двигателя с линейным перемещением исполнительного элемента, совмещенного с ротором двигателя. Научная новизна (теоретическая часть) заключается в разработке методики проектирования нового типа привода с учетом конструктивных особенностей и условий эксплуатации основного технологического оборудования [8-9].

Порядок выбора выходных параметров привода

Выбор выходных параметров привода с учетом эксплуатационных условий (тяговое усилие, линейная скорость) и технических регламентов осуществляется в несколько этапов. Сначала создается твердотельная модель объекта (задвижки). Затем на ее основе выполняется моделирование статических гидравлических параметров для характерных положений запорного элемента (клина, шибера). Это позволяет определить осевые, радиальные и касательные напряжения, действующие В результате этого находятся электромеханические характеристики с учетом действующих напряжений в запорной арматуре, которые являются исходными для перехода к электромагнитному расчету. Дополнительными проектными параметрами (кроме тягового усилия и линейной скорости) являются коэффициенты полезного действия и мощности. Также следует обеспечивать необходимый запас прочности передаточного механизма, который в свою очередь также влияет на механическую характеристику. При увеличении запаса прочности передаточного механизма за счет увеличения массо-габаритных показателей, а не за счет изменения конструкционного материала на более совершенный, механическая характеристика также смещается в сторону больших значений.

На данный момент, решение задачи по выбору исполнительного элемента и расчету мощности электродвигателя, в которой исходными данными являются давление в трубопроводе P_N , средняя скорость течения жидкости в канале w_0 , диаметр трубопровода D_N и конструкция и материал запорной арматуры, завершены. Модель привода герметичной задвижки приведена на рисунок 2.

Для проверки адекватности предложенного подхода создан стенд для экспериментальной проверки работоспособности винтовой передачи и ее передаточных возможностей. Внешний вид стенда приведен на рисунок 3.

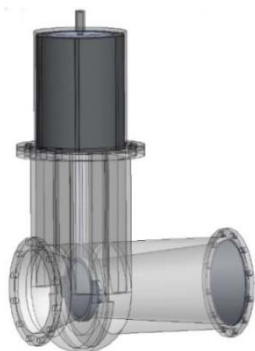


Рисунок 2 – Модель привода герметичной задвижки

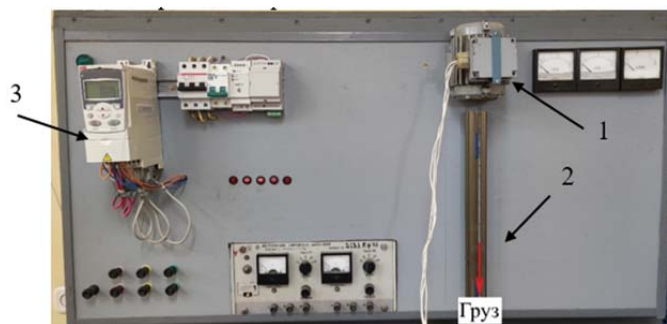


Рисунок 3 – испытательный стенд
1 – электродвигатель; 2 – тяга;
3 – преобразователь частоты

Заключение. В работе описана актуальность разработки и внедрения в эксплуатацию приводов с линейным перемещением исполнительного элемента на примере нефтегазовой промышленности. Предложен подход к выбору выходных параметров приводного двигателя. Приведены результаты создания опытной установки для проверки теоретических положений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ким К.К., Иванов С.Н., Горбунов А.В., Титова Т.С, Никитин В.В., Киселев И.Г. Автоматизированный электромеханический привод вагонных дверей // Электротехника. 2019. № 10. С. 11-16.
2. Колесник, М. Б. Получение аппроксимирующих зависимостей для учёта влияния параметров нагрузки на энергетические показатели асинхронного двигателя // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного университета. Науки о природе и технике. 2022. № 59. С. 43-47.

3. Ким К.К., Иванов С.Н., Колесник М.Б. Моделирование устойчивости электромеханического преобразователя при осевых нагрузках // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2022. Т. 65. № 2. С. 45-50.
4. Ким К.К., Иванов С.Н. Повышение эффективности электропривода магистральных задвижек // Изв. СПбГЭТУ "ЛЭТИ". 2020. № 3. С. 71 - 77.
5. Ким К.К., Иванов С.Н. Моделирование комбинированного электропривода // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2019. Т. 62. № 3 (197). С. 44-51.
6. Ким К.К., Иванов С.Н., А.В. Горбунов. Электромеханическая система запорной арматуры // Патент на изобретение № 2736387 С1, 16.11.2020. 19.03.2020. Заявка № 2020111602 от 19.03.2020.
7. Амосов О.С., Голоколос Д.А., Иванов С.Н., Со Хтайк. Особенности проектирования электромеханических преобразователей для систем комплексной безопасности // Изв. вузов. Электромеханика. 2017. Т. 60. № 5. С. 5 - 11.
8. Батищев Д.В. Комплекс программ Gmsh&GetDP: валидация компьютерных моделей для расчета электромагнитной силы и момента // Изв. вузов. Электромеханика. 2021. Т. 64. № 2. С. 14 - 21.
9. Ким К.К., Иванов С.Н. К вопросу определения механической характеристики теплового электромеханического преобразователя // Электротехника. 2009. № 8. С. 47-54.

УДК 658.26

Куйругашев Денис Михайлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuyrugashev Denis Mikhailovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Ким Константин Константинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электротехника и теплоэнергетика», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Kim Konstantin Konstantinovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Department "Electrical engineering and thermal power engineering", Sankt-Petersburg State Transport University Emperor Alexander I

Иванов Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ivanov Sergey Nikolayevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor Department of "Electromechanics", Komsomolsk-na-Amure State University

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТОПЛИВНЫХ ГРАНУЛ

POWER SUPPLY OF THE FUEL PELLET PRODUCTION PLANT

Аннотация. Для современной стадии формирования деревоперерабатывающего производства в России необходимо повышение эффективности отрасли, в том числе за счет реализации циклов полной переработки технологического сырья. В статье рассмотрены вопросы энергетической составляющей безотходной переработки древесины. Проведен анализ основного оборудования перерабатывающего производства топливных гранул.

Abstract. For the current stage of the formation of wood processing production in Russia, it is necessary to increase the efficiency of the industry, including through the implementation of cycles of complete processing of technological raw materials. The article discusses the issues

of the energy component of waste-free wood processing. The analysis of the main equipment of the processing production of fuel pellets is carried out.

Ключевые слова: производство гранул, оборудование, система электроснабжения

Key words: pellet production, equipment, power supply system

Введение

Актуальность производства топливных гранул очевидна. Во-первых, они изготавливаются преимущественно из отходов деревоперерабатывающих предприятий. Это один из самых доступных по ценовым характеристикам вид топлива. Конечная продукция удобна для транспортирования, её часто используют в районах, где отсутствует газовое снабжение. Во-вторых, во многом актуальность обусловлена экологичностью производства. Кроме этого, производство практически не зависит от сезонности, быстро окупается и характеризуется высоким уровнем рентабельности.

Российская Федерация, особенно Сибирь, Дальний Восток, обладает значительным запасом лесных ресурсов и по объему занимает одно из ведущих мест в мире.

Являясь возобновляемым ресурсом, древесная биомасса сегодня связана с вопросами эффективного и полного использования. Президентом Российской Федерации, как это следует из итогов заседания президиума Государственного совета Российской Федерации, состоявшегося 1 апреля 2013 года, Правительству Российской Федерации поручено принять меры, направленные на создание оптимальных условий, стимулирующих увеличение объемов использования низкотоварной древесины и отходов древесного сырья, в том числе в коммунальной и промышленной энергетике.

Основная часть.

Россия, обладая площадью лесного фонда более 1180 млн. гектаров, по запасам единственного возобновляемого ресурса - лесного, находится на первом месте в мире. На ней сосредоточено 22 % мировых запасов древесины, т.е. около 80,7 млрд. куб. м.

Характерно, что по федеральным округам распределены ресурсы крайне неравномерно (рисунок1). Например, если на Сибирь приходится 37,5 % запасов древесины, то на Южный с Северо-Кавказским федеральные округа – 0,2 %. Запасы Дальневосточного региона оцениваются примерно в 17,6 %.

Для лесопромышленных предприятий вопрос утилизации и переработки древесных отходов, в том числе, низкокачественной древесины, стоит очень остро.

Для реализации системы электроснабжения специализированного лесоперерабатывающего производства важное значение имеет его технологическая структура. При изготовлении топливных брикетов в международной практике выделяют несколько отличающихся технологических процессов: прессование на ударно-механических или гидравлических установках; прессование на экструдерах.



Рисунок 1 – Распределение запасов древесины по федеральным округам РФ

Получение брикетов RUF или Nastro обеспечивает прессование при высоком давлении порядка 30...40 МПа, создаваемого гидравлическими прессами. На выходе формируются брикеты RUF в виде небольшого параллелепипеда или сплошного цилиндра диаметром 50...90 мм и длиной 50...100 мм брикеты Nastro.

Брикеты при ударно-механическом прессовании подвергаются еще большему давлению, достигающему 200 МПа, при этом плотность брикета достигает значений 1000...1200 кг/м³. Брикеты имеют цилиндрическую форму диаметром 40...110 мм и длиной порядка 500 мм или тороида толщиной 5...20 мм [1]. Формируемые ударным методом брикеты могут иметь в сечении восьмигранную, шестигранную или квадратную форму.

Прессование в экструдере происходит коническим вращающимся шнеком при давлении 100...110 МПа, затем происходит термический обжиг при температуре 230...350 °С. Формируемый непрерывный брикет типа PiniKaу на выходе из экструдера в виде восьми-, шести- или четырехгранника имеет центральное отверстие, а наружная поверхность - характерную черную или темно-коричневую окраску.

Используемые в настоящее время установки для изготовления топливных гранул состоят из пресса, последовательно установленных в вертикальной плоскости бункером для загрузки исходного сырья, измельчителя и промежуточного бункера. Пресс расположен под последним и имеет полый вал, выполненный с вращающимися пресс-формами, использующими механизм прерывистого вращения с приводом, в полости вала размещены нагревательные элементы. Для производства паллет и гранул установки включают электродвигатель, транспортеры подачи сырья и перемещения готовой продукции, систему пневмопроводов, сушильную камеру. Аналогичные установки применяются для брикетирования древесных отходов, а также угля или торфа.

Недостатками рассмотренных устройств является сложность конструкции вследствие использования большого количества приводов и передаточных механизмов, что существенно влияет на надежность процесса переработки и высокие энергозатраты.

Использование установки для утилизации отходов лесопереработки, предложенной в [1-4] позволяет не только повысить надежность, но и за счет сокращения количества элементов, задействованных в технологическом цикле, упростить сему электрообеспечения и снизить затраты на электроэнергию.

Особенность установки, показанной на рисунок 2, заключается в непосредственном преобразовании вращательного движения в поступательное без промежуточных звеньев. В отличие от остальных решений, установка проста в изготовлении, технологична и удобна эксплуатации. Ее основу составляет асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, в валу которого сделано сквозное отверстие с резьбой, для установки тяги, которая крепится к подвижной прессовочной стенке.



Рисунок 2 –Установка для утилизации отходов переработки

Заключение

Система внутреннего электрообеспечения лесоперерабатывающего предприятия основывается основа на общих принципах построения схем внутризаводского распределения электроэнергии исходя из номенклатуры осинового энергетического оборудования. При использовании унифицированных энергетических модулей она не требует тщательного учета особенностей конкретного производства и может быть реализована на базе типовых апробированных схем распределения электроэнергии и универсальной силовой, коммутационной и защитной аппаратуры.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ким К.К., Иванов С.Н., Колесник М.Б. Моделирование устойчивости электромеханического преобразователя при осевых нагрузках // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2022. Т. 65. № 2. С. 45-50.
2. Ким К.К., Иванов С.Н., Горбунов А.В., Титова Т.С., Никитин В.В., Киселев И.Г. Автоматизированный электромеханический привод вагонных дверей // Электротехника. 2019. № 10. С. 11-16.
3. Ким К.К., Иванов С.Н. Устройство для имитации вертикального воздействия колеса на рельс // Патент на изобретение 201326 U1, 09.12.2020. Заявка № 2020126087 от 31.07.2020.
4. Ким К.К., Иванов С.Н., Горбунов А.В. Электромеханическая система запорной арматуры // Патент на изобретение 2736387 U1, 16.11.2020. Заявка № 2020111602 от 19.03.2020.

УДК 621.382

Липаткина Анастасия Андреевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Lipatkina Anastasya Andreevna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Марущенко Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Marushchenko Sergey Grigorevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor "Industrial electronic", Komsomolsk-na-Amure State University

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ

HARDWARE IMPLEMENTATION OF ENTROPY CODING

Аннотация. Статья посвящена разработке схемы кодера для экономного кодирования информации с использованием базисных логических элементов. Разработанный кодер формирует оптимальный код Шеннона-Фано. Использование базисной логики позволяет реализовать данную электронную схему на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС), что повышает быстродействие кодера и скорость передачи информации.

Abstract. The article is devoted to the development of an encoder scheme for economical encoding of information using basic logic elements. The developed encoder generates the optimal Shannon-Fano code. The use of basic logic makes it possible to implement this electronic circuit on a programmable logic integrated circuit (FPGA), which increases the speed of the encoder and the speed of information transfer.

Ключевые слова: кодирование информации, код Шеннона-Фано, программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС).

Key words: information coding, Shannon-Fano code, programmable logic integrated circuit (FPGA).

В современных системах сбора, обработки, передачи и хранения информации большая часть данных, которые необходимо передать по каналу связи или сохранить, обладают большой избыточностью. Поэтому для повышения скорости передачи информации и разгрузки канала связи, данные, получаемые от источника, подвергаются сжатию или экономному кодированию. Одним из самых простых методов оптимального кодирования является статистическое кодирование.

При статистическом кодировании символы сообщения источника заменяются символами кода так, чтобы количество информации на один символ кода было максимальным. В настоящее время в литературе описано большое количество таких оптимальных кодов, одним из которых является код Шеннона-Фано [1]. На его примере и рассмотрим построение схемы нашего кодера.

Пусть необходимо закодировать сообщение, алфавит которого содержит семь букв:

$$A = \{X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7\} \quad (1)$$

Вектор частот для данного алфавита в соответствии с передаваемым сообщением составит следующую последовательность:

$$F = (3, 3, 2, 1, 1, 1, 1) \quad (2)$$

Выполним кодирование данного алфавита с использованием алгоритма (кода) Шеннона-Фано. Результат кодирования занесем в кодовую таблицу (таблица 1). Как видно из таблицы, полученные кодовые символы представляют собой неравномерный двоичный код – длина кодовых последовательностей у различных букв отличается. Более вероятные буквы передаются с помощью более коротких комбинаций кода, менее вероятные – с помощью более длинных.

Таблица 1 – кодирование исходного алфавита по алгоритму Шеннона-Фано

Буква	Частота	Кодовая комбинация				Число позиций кода		
		A	B	C	D	a	b	c
X1	3	1	1	x	x	0	1	0
X2	3	1	0	x	x	0	1	0
X3	2	0	1	x	x	0	1	0
X4	1	0	0	1	1	0	0	1
X5	1	0	0	1	0	0	0	1
X6	1	0	0	0	1	0	0	1
X7	1	0	0	0	0	0	0	1

Реализовать данный кодер можно двумя способами. Самый простой из них это реализация кодирования в виде программы на микроконтроллере. Однако выполнение программы микроконтроллером занимает некоторое время в машинных тактах и при фиксированной тактовой частоте работы микроконтроллера, скорость кодирования и передачи данных будет ограниченной. Как правило, тактовые частоты широко распространенных микроконтроллеров находятся в пределах от 8 МГц до 32 МГц. Этими цифрами и будет ограничена скорость кодирования и передачи данных. Использование более высокочастотных микроконтроллеров приведет к удорожанию самого кодера.

Если технические требования к системе передачи информации предполагают более высокие скорости обработки данных, то целесообразнее реализовать такой кодер на жесткой логике с последующим размещением его схемы в ПЛИС.

Реализуем схему кодера в соответствии с таблицей кодировки. Логические выражения для выходов схемы кодирования будут иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} A &= X1 \cup X2; B = X1 \cup X3; C = X4 \cup X5; D = X4 \cup X6; \\ b &= X1 \cup X2 \cup X3; c = X4 \cup X5 \cup X6 \cup X7 \end{aligned} \quad (3)$$

Структурная схема кодера показана на рисунке 1. В состав кодера входят: кодер алфавита, осуществляющий кодирование входных символов, кодер числа позиций, показывающий число бит, занимаемое кодовым символом, схема сравнения, предназначенная для формирования сигнала разделения символов. Так как формируемый выходной код является неравномерным, то каждый бит кода необходимо стробировать тактовым импульсом, для чего и служит схема синхронизации. Для передачи по каналу связи, выходной код преобразуется из параллельного в последовательный, данную функцию выполняет преобразователь кода. В соответствии с рассмотренной структурной схемой была синтезирована эквивалентная принципиальная электрическая схема разрабатываемого кодера, которая показана на рисунке 2.

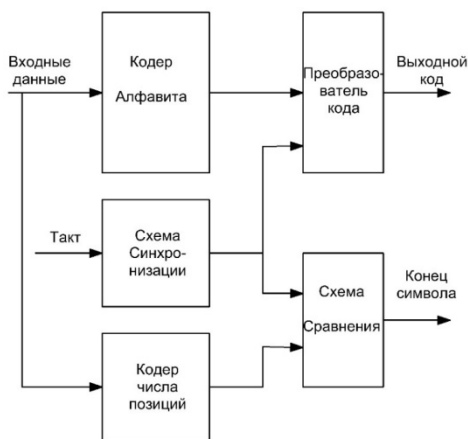


Рисунок 1 – Структурная схема кодера Шеннона-Фано

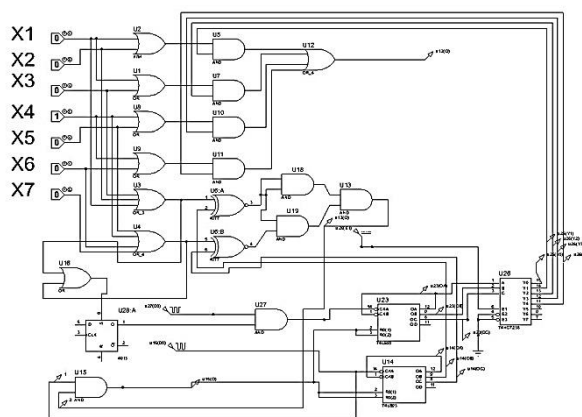


Рисунок 2 – Эквивалентная принципиальная электрическая схема кодера

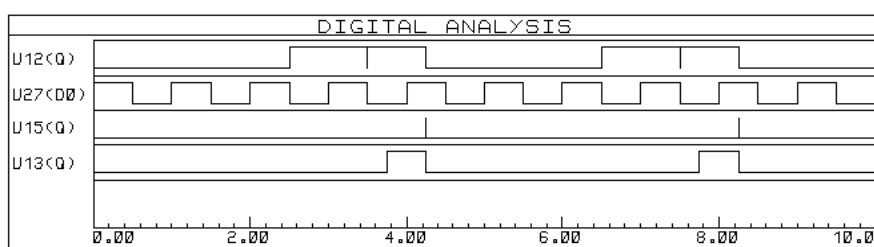


Рисунок 3 – Временные диаграммы работы кодера

Кодер алфавита выполнен на элементах U1, U2, U8, U9, кодер числа позиций собран на элементах U3, U4. Преобразователь кодовых символов из параллельного кода в последовательный выполнен на элементах U5, U7, U10, U11, U12, U23, U26. Схема сравнения, формирующая сигнал конца символа и сброса схемы в начальное состояние выполнена на элементах U3, U4, U6, U13, U14, U18, U19. Элементы U15, U16, U27, U28 составляют схему синхронизации. Данная схема была синтезирована в системе моделирования ISIS Proteus, в которой была осуществлена симуляция функционирования разработанного кодера. Результаты моделирования работы кодера показаны на рисунке 3.

Как видно из временных диаграмм, схема кодера работает корректно. На выходе элемента U12 формируется код входной буквы в последовательном виде. Каждый бит выходного кода синхронизируется тактовыми импульсами с выхода элемента U27. На выходе элемента U13 формируется сигнал конца символа, задний фронт которого запускает сигнал сброса на выходе элемента U15, после чего схема возвращается в исходное состояние и готова к кодированию следующей буквы из алфавита. Рассмотренная схема синтезирована с использованием базисных логических элементов и легко может быть перенесена в ПЛИС. Данная схема хорошо масштабируется на входной алфавит, содержащий любое количество букв.

Преимуществом предлагаемой схемы является возможность ее реализации на базе ПЛИС, что повысит скорость кодирования и передачи информации и снизит стоимость кодера.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Курапова, Е. В. Основные методы кодирования данных: практикум/ Е. В. Курапова, Е. П. Мачикина. - Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2010. - 62 с. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/55454.html> (дата обращения: 26.01.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

Маланин Роман Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Malanin Roman Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Круговой Роман Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Krugovoy Roman Nikolaevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И УСТРОЙСТВ КОРРЕКЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

OVERVIEW OF MODERN METHODS AND DEVICES FOR POWER FACTOR CORRECTION FOR SWITCHING POWER SOURCES

Аннотация. В данной статье представлен обзор современных методов управления активными корректорами коэффициента мощности, построенными на основе повышающего ШИМ-преобразователя напряжения, предназначенными для импульсных источников электропитания, приведены их достоинства и недостатки. Кроме того, представлены графики токов, характерные для каждого метода управления.

Abstract. This article presents an overview of modern methods of controlling active power factor correctors, built on the basis of a step-up PWM voltage converter, designed for switching power sources, their advantages and disadvantages are given. In addition, the graphs of currents characteristic of each control method are presented.

Ключевые слова: коэффициент мощности, реактивная мощность, широтно-импульсная модуляция, корректор коэффициента мощности.

Key words: power factor, reactive power, pulse width modulation, power factor corrector.

Уменьшение потребления бесполезной реактивной мощности и улучшение коэффициента мощности, определяемого как отношение активной мощности к полной, являются актуальной задачей. Для решения этой задачи необходимо обеспечить электропотребление устройством от сети таким образом, как если бы оно представляло собой чисто активную нагрузку, то есть без сдвига фазы тока относительно напряжения.

Кроме того, требования по электромагнитной совместимости в части снижения уровня электромагнитных помех и уменьшения искажения формы кривой потребляемого тока сети обуславливают необходимость внедрения активных корректоров коэффициента мощности (АККМ) в импульсных источниках электропитания.

Наибольшее распространение получили АККМ (рисунок 1), построенные по схеме повышающего преобразователя напряжения с использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ) [1].

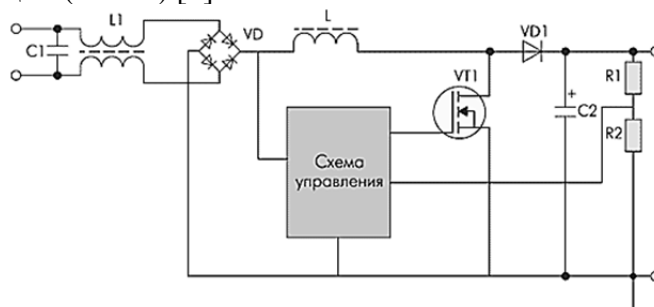


Рисунок 1 – АККМ на основе повышающего ШИМ-преобразователя

В АККМ на основе повышающего преобразователя управление ШИМ осуществляется с использованием сигнала обратной связи, формируемому схемой управления таким образом, чтобы потребляемый ток по форме максимально близко совпадал с напряжением, для чего схемой управления контролируются три сигнала: выпрямленное напряжение, выходное напряжение АККМ и потребляемый ток.

Принцип действия АККМ основан на накоплении энергии магнитного поля в дросселе и передаче ее в нагрузку по мере необходимости. Ток дросселя регулируется управляющим сигналом от контроллера, при этом АККМ обеспечивает такое импульсное потребление тока, при котором форма кривой тока близка к форме кривой напряжения.

Таким образом, главной задачей АККМ является обеспечение совпадения формы кривых потребляемого тока и напряжения и, как следствие, максимальное приближение коэффициента мощности к единице. Современные АККМ обеспечивают значение коэффициента мощности около 0,99, что на практике является вполне достаточным.

Рассмотрим основные методы управления АККМ [2].

Метод граничного управления.

Название данного метода обусловлено тем, что управление осуществляется на границе прерывистых и непрерывных токов. Схема, иллюстрирующая метод граничного управления, представлена на рисунке 2.

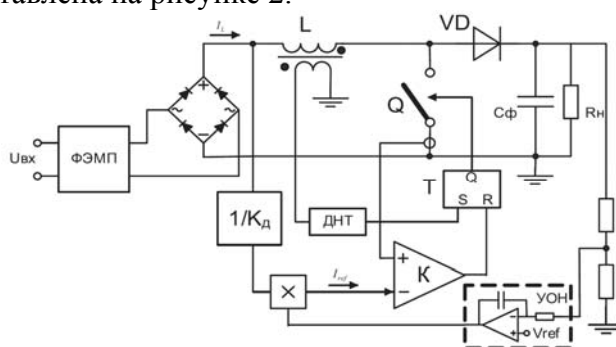


Рисунок 2 – Схема для метода граничного управления

В такой схеме сетевое переменное напряжение через сетевой фильтр поступает на мостовой выпрямитель, после которого постоянное напряжение через делитель поступает на перемножитель для формирования опорного напряжения. На второй вход перемножителя поступает усиленный сигнал рассогласования по напряжению с канала обратной связи для стабилизации напряжения на выходе.

Опорное напряжение сравнивается с напряжением, получаемым с датчика тока, установленного у истока полевого транзистора. Сигнал с выхода устройства сравнения совместно с сигналом нулевого значения тока дросселя используется для переключения счетного триггера, который управляет переключением полевого транзистора.

Графики токов для метода граничного управления представлены на рисунке 3.

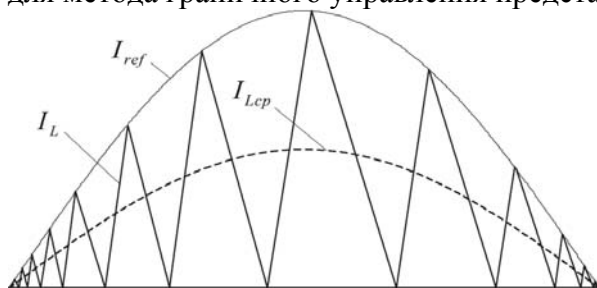


Рисунок 3 – Графики токов при граничном управлении

Изначально ток в дросселе равен нулю, поэтому сигнал с датчика нулевого тока переводит счетный триггер в состояние, при котором полевой транзистор открывается. Через дроссель начинает протекать линейно нарастающий ток, при этом он накапливает энергию магнитного поля.

При равенстве опорного напряжения и напряжения с датчика тока полевой транзистор закрывается, при этом накопленная энергия с дросселя через открытый диод поступает в нагрузку. Ток в дросселе постепенно уменьшается и в момент его спада до нуля происходит открытие полевого транзистора и цикл повторяется вновь. Контроль тока дросселя осуществляется датчиком нулевого тока, подключенного к дополнительной вторичной обмотке дросселя.

К достоинствам такого метода можно отнести простоту схемы управления и незначительные коммутационные потери полевого транзистора. Недостатками такого метода являются зависимость частоты переключения от нагрузки и входного напряжения, а также возникновение режима прерывистых токов, большая амплитуда пульсаций тока, значительный уровень электромагнитных помех, необходимость установки габаритного сетевого фильтра.

Кроме того, для данного метода характерна невысокая точность коррекции вследствие того, что усилитель токовой петли обладает низким коэффициентом усиления и широкую полосу частот, что приводит к возникновению существенного рассогласования между формой напряжения и тока, снижающего коэффициент мощности и увеличивающего искажения потребляемого тока.

Метод управления по пиковому значению тока.

В данной схеме (рисунок 4), коммутация полевого транзистора происходит при помощи тактового генератора. Сигналом для закрытия полевого транзистора служит результат перемножения опорного мгновенного значения входного напряжения и усиленного сигнала рассогласования выходного напряжения. Данный сигнал сравнивается со значением суммы сигналов датчика тока и генератора линейно изменяющегося напряжения, при этом частоты обоих генераторов одинаковы.

Достоинствами данного метода являются неизменная частота переключения, отсутствие режима прерывистых токов, наличие в схеме только одного датчика тока. К недостаткам следует отнести искажение формы кривой тока сети и чувствительность к импульсным помехам, невысокую точность коррекции вследствие того, что усилитель токовой петли обладает низким коэффициентом усиления и широкую полосу частот.

Метод управления по среднему значению тока.

Функциональная схема представлена на рисунке 6. Сигнал управления формируется как усиленный сигнал рассогласования по току при сравнении сигналов датчика тока и результата перемножения мгновенных значений опорного напряжения и усиленного сигнала рассогласования выходного напряжения. Сформированный сигнал управления подается на широтно-импульсный модулятор, который содержит в себе устройство для сравнения этого сигнала с сигналом генератора линейно изменяющегося напряжения

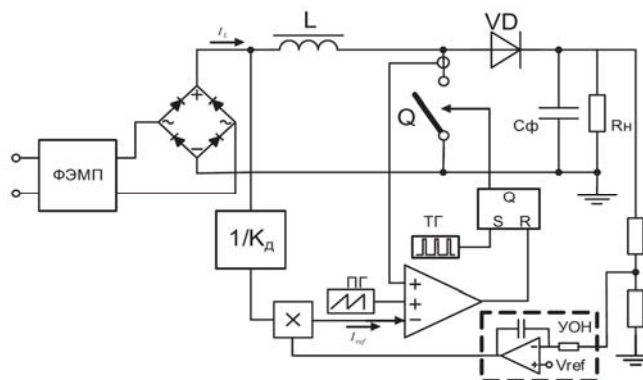


Рисунок 4 – Схема для метода управления по пиковому значению

Графики токов для данного метода представлены на рисунке 5.

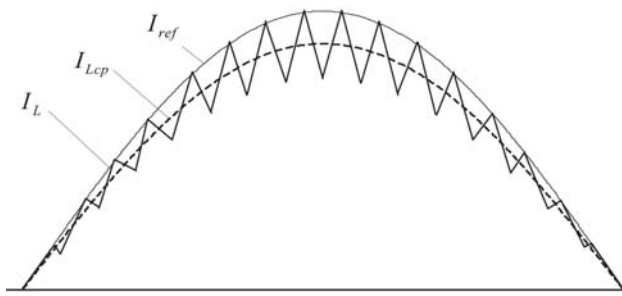


Рисунок 5 – Графики токов при управлении по пиковому значению

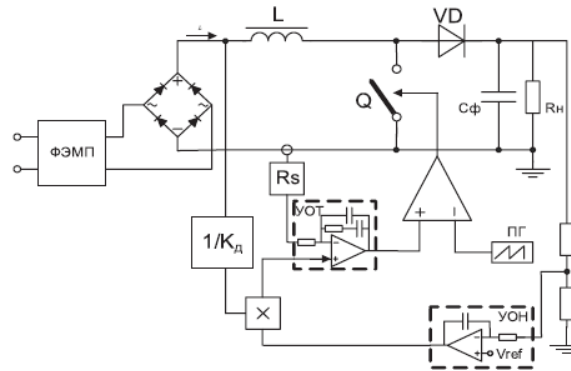


Рисунок 6 – Схема для метода управления по среднему значению тока

Графики токов при управлении по среднему значению представлены на рисунке 7.

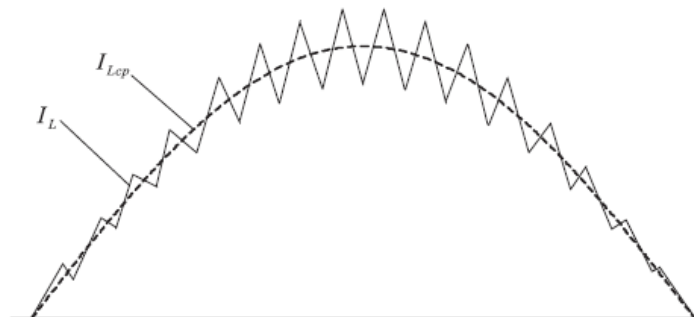


Рисунок 7 – Графики токов при управлении по среднему значению

Достоинствами данного метода являются наличие режима непрерывных токов, небольшая амплитуда пульсаций тока и малогабаритный сетевой фильтр.

Кроме того, усилитель токовой петли в схеме обратной связи по току имеет высокое усиление на удвоенной частоте сети и низкое усиление на частоте преобразования, что значительно повышает помехоустойчивость АККМ и точность отслеживания формы кривой. К недостаткам следует отнести наличие дополнительного датчика тока в цепи дросселя.

Метод прерывистых токов с использованием ШИМ.

Схема данного метода представлена на рисунке 8. Данный метод аналогичен методу граничных токов с той лишь разницей, что полевой транзистор открывается по сигналу тактового генератора, а не при спаде до нуля тока дросселя. Название метода прерывистых токов обусловлено тем, что при коммутации ток дросселя периодически становится равным нулю.

К преимуществам данного метода относится постоянная частота переключения и неизменное время открытого состояния полевого транзистора. Недостатками являются наличие режима прерывистых токов, большая амплитуда пульсаций тока, значительный уровень электромагнитных помех, необходимость габаритного сетевого фильтра.

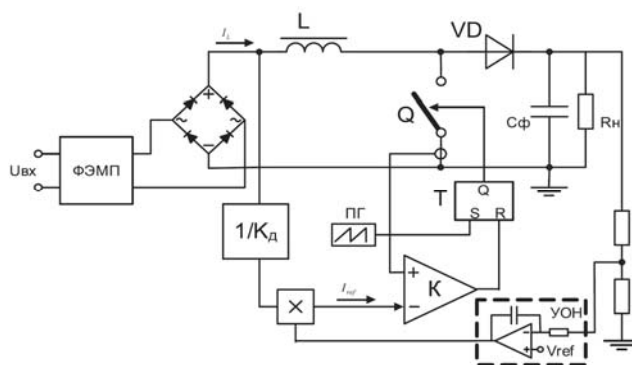


Рисунок 8 – Схема для метода прерывистых токов с использованием ШИМ

Графики токов при указанном методе управления представлены на рисунке 9.

Для построения необходимого АККМ и реализации каждого из этих методов зарубежными производителями Siemens, Motorola, Micro Linear выпускаются соответствующие контроллеры.

Выбор конкретных микросхем, реализующих данные методы коррекции коэффициента мощности, производится для каждого случая индивидуально в зависимости от мощности и назначения импульсного источника электропитания. При этом зачастую дать однозначный ответ, какая микросхема будет наиболее эффективной, бывает затруднительно.

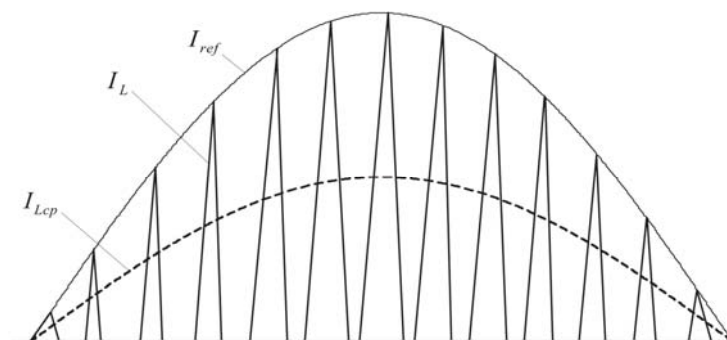


Рисунок 9 – Графики токов при управлении с использованием ШИМ

Выбор микросхемы зависит от мощности и назначения проектируемого источника электропитания, преобразования на высокой частоте, необходимости гальванической развязки, обеспечения синхронизации работы АККМ с другим устройством, обеспечения минимального взаимного влияния и разделения каскадов устройства за счет разнесения на плате микросхемы управления АККМ и микросхемы ШИМ-преобразователя.

В любом случае серийно выпускаемые микросхемы могут стать комплексным решением для разработки оптимального импульсного источника электропитания со встроенным АККМ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Полищук А. Методы измерения тока в активных корректорах коэффициента мощности // Силовая электроника. 2005. №1.
2. Васильев А., Худяков В., Хабужов В. Анализ современных методов и технических средств коррекции коэффициента мощности у импульсных устройств // Силовая электроника. 2004. №2.

Нефедов Никита Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Nefedov Nikita Alexandrovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шибек Роман Владимирович, старший преподаватель кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shibeko Roman Vladimirovich, Senior Lecturer, Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

КОНВЕЙЕРНЫЕ ВЕСЫ

CONVEYOR SCALES

Аннотация. Определение веса в различных технологических процессах является важным этапом. Для многих предприятий операция взвешивания является «входными и/или выходными воротами», например, в сельском хозяйстве, на железнодорожном транспорте. Основной составной частью процесса весоизмерения являются весы. В статье приводится вариант построения конвейерных весов. Область применения таких весов достаточно широка начиная от сельского хозяйства и кончая добывающей промышленностью.

Abstract. Determination of weight in various technological processes is an important step. For many enterprises, the weighing operation is the "entrance and / or exit gate", for example, in agriculture, in railway transport. The main component of the weight measurement process are scales. The article provides a variant of the construction of conveyor scales. The scope of such scales is quite wide, from agriculture to the mining industry.

Ключевые слова: конвейер, датчик, весоизмерение, лента, микроконтроллер, интерфейс.

Key words: conveyor, sensor, weight measurement, tape, microcontroller, interface.

Автоматизация производственных процессов во всех областях неизбежна. Особенно это актуально в потенциально опасных для человека производствах и в ситуациях непрерывности технологических циклов. На ленте работающего конвейера находится достаточно большая масса груза и в случае аварии для человека это опасно. Конвейер работает постоянно. Исходя из этого, автоматизация весоизмерения актуальна.

Предлагается конвейерная весоизмерительная система с дополнительными функциями предупреждения об опасных ситуациях для конвейерной ленты. Основная функция системы измерять вес груза на конвейерной ленте и сообщать текущий результат на диспетчерский пульт.

Весы рассчитаны на ширину конвейерной ленты 500...1000 мм и наибольшую линейную плотность материала на ленте 5...50 кг/м.

Система безопасности включает в себя:

- определение схода ленты;
- определение обрыва ленты;
- определение перегруза на контролируемом участке;
- информирование пользователя о внештатных ситуациях световой и звуковой сигнализациями;
- формирование сообщения для системы управления приводом конвейера о внештатных ситуациях;
- формирование сообщения для компьютера диспетчерского пульта.

Функциональная схема системы представлена на рисунке 1. Центральным звеном является микроконтроллер, к которому подключены блоки по радиальной схеме.

Датчик разрыва ленты, датчик скорости ленты и датчик схода ленты подключены к соответствующим портам микроконтроллера напрямую через схемы сопряжения нормирующие выходные сигналы датчиков до цифровых уровней. Преобразователи силы реакции опоры формируют выходной сигнал с поддержкой протокола CAN. Данный интерфейс также используется для связи системы с диспетчерским пультом и формируется из интерфейса UART микроконтроллера соответствующим преобразователем интерфейса. Соответствующий преобразователь используется также для преобразования UART в RS-485 для связи с системой управления приводом конвейера. Память системы предназначена для хранения результатов измерений и обслуживается микроконтроллером по интерфейсу I²C. Световая и звуковая сигнализации подключаются к сети по сигналу микроконтроллера посредством твердотельного реле. Схема начального сброса формирует сигнал сброса для микроконтроллера при включении энергопитания.

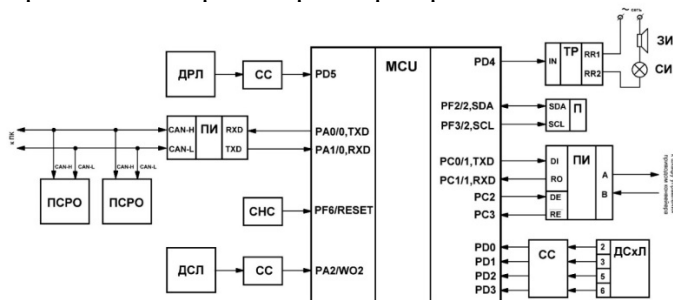


Рисунок 1 – Функциональная схема системы

ДРЛ – датчик разрыва ленты; СС – схема сопряжения; ПИ – преобразователь интерфейса; ПСРО – преобразователь силы реакции опоры; СНС – схема начального сброса; ДСЛ – датчики скорости ленты; ТР – твердотельное реле; ЗИ – звуковой извещатель; СИ – световой извещатель; П – память системы; ДСхЛ – датчик схода ленты

Наиболее важными составляющими системы являются датчики, которые представлены ниже.



Рисунок 2 – Датчик схода ленты

Датчик схода ленты. Предлагается использовать датчик IN-NOLevel SRT для контроля угла наклона конвейерной ленты. При значительном отклонении ленты в продольном направлении датчик подает сигнал на микроконтроллер для дальнейшего предотвращения повреждения ленты в результате соскальзывания.

Датчик обрыва ленты. Для обнаружения конвейерной ленты предлагается использовать датчик GRU-BTD. Принцип действия заключается в закреплении контрольного тросика перпендикулярно движению конвейерной ленты. Когда лента касается троса – происходит его высвобождение из обоймы, установленной на одной из сторон. Встроенный сенсор подает сигнал на выключения микроконтроллеру.

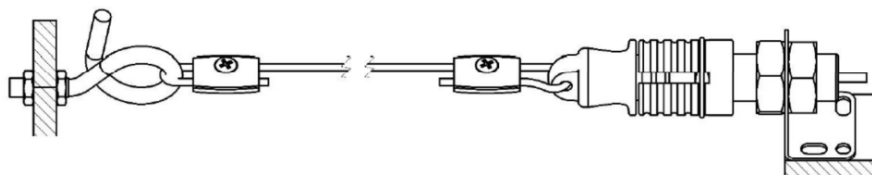


Рисунок 3 – Датчик обрыва ленты

Преобразователь силы реакции опоры. Предлагается преобразователь F1305. Преобразователи силы реакции опоры специально предназначены для статических и динамических измерений. Выходной сигнал с поддержкой протокола CAN.

Датчик скорости ленты. Предназначен для изменения скорости передвижения ленточного конвейера. Принцип основан на генерации электрических импульсов за счет движения элементов из ферромагнитных материалов, установленных в датчике. Предлагается использовать датчик ДСТЛ-002.



Рисунок 4 – Преобразователь силы реакции опоры

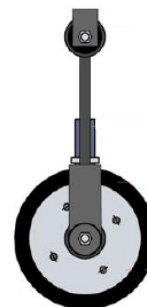


Рисунок 5 – Датчик скорости ленты

В итоге, конвейерные весы с представленными функциями в полном объеме решают задачу автоматизации непрерывного весоизмерения. Применение современной элементной базы позволяет достичь высоких метрологических свойств системы. К тому же уделено внимание аварийным ситуациям при работе конвейера. Естественно, сфера применения весов включает в себя все отрасли производства, в которых используются сыпучие грузы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Динамические и ленточные весы // Интернет-сборник «KILOGRAMUS.RU» – URL: <https://kilogramus.ru/vzveshivanie-v-promyshlennosti/dinamicheskie-i-lentochnye-vesy.html> (дата обращения: 02.10.2022).
2. Конвейерные весы // Сайт ООО «Южно-Уральский Весовой Завод» – URL: <https://www.uuvz.ru/ru/stati/konvejernye-vesy> (дата обращения: 25.09.2022).

УДК 620.92

Палков Константин Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Palkov Konstantin Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кузьмин Роман Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электро-механика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuzmin Roman Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor the Department of Electromechanics, Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE FAR EAST

Аннотация. Запасы добываемого топлива на территории Дальнего Востока ограничены, а их использование и добыча наносят значительный ущерб экологии. Также некоторые районы являются изолированными от общей энергетической сети. Поэтому становится актуальным вопрос поиска и освоения возобновляемых источников энергии на территории Дальнего Востока. В данной статье рассматриваются возобновляемые источники

энергии. Анализируется их состояние, а также возможности их потенциального развития на территории Дальнего Востока. Также даются рекомендации по использованию наиболее подходящих источников в отдельных регионах.

Abstract. The reserves of produced fuel in the Far East are limited, and their use and extraction cause significant damage to the environment. Also, some areas are isolated from the general energy network. Therefore, the issue of searching for and developing renewable energy sources in the territory of the Far East becomes relevant. This article discusses renewable energy sources. Their condition is analyzed, as well as the possibilities of their potential development in the territory of the Far East. Recommendations are also given on the use of the most appropriate sources in individual regions.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, гидроэнергетика, солнечная энергетика.

Key words: renewable energy sources, hydropower, solar power.

Основные ресурсы (уголь, газ), используемые для производства тепло- и электроэнергетики, ограничены. Также не всегда имеется возможность доставки их в удаленные регионы страны. Поэтому иногда целесообразнее использовать возобновляемые источники энергии для экономии времени и средств.

Дальневосточный федеральный округ (ДФО) является крупнейшим округом в Российской Федерации и занимает более трети её территории. Вся эта площадь имеет огромные запасы ресурсов, в том числе и возобновляемых. В данной работе рассматривается состояние возобновляемых природных ресурсов Дальнего Востока, используемых для получения электрической и тепловой энергии, а также потенциалы их развития.

Климатические и природные условия на территории Дальнего Востока сильно различаются в зависимости от региона, поэтому в разных областях будут преобладать те или иные возобновляемые источники энергии.

Основные возобновляемые источники энергии:

1. Гидроэнергия;
2. Геотермальная энергия;
3. Солнечная энергия;
4. Энергия ветра.

Для получения электроэнергии из потока воды используются гидроэлектростанции (ГЭС) и гидроаккумулирующие электростанции. В основе их работы используется принцип преобразования кинетической энергии потока воды в механическую энергию, передаваемую гидрогенератору, который в свою очередь преобразует ее в электрическую. На данный момент гидроэнергетика является наибольшим источником возобновляемой энергии в России. Она производит примерно 18% от всей выработанной электроэнергии за год (по данным на 2019 год).

Дальний Восток имеет больше изобилие рек. Часть из них не промерзают полностью зимой и имеют крутые уклоны. Это позволяет производить эффективное строительство гидроэлектростанций. Так на территории ДФО располагается более десятка гидроэлектростанций, а также две находятся в строительстве. Также в разработки находятся еще электростанции. Предполагаю, что их количество в ближайшие годы будет только расти. Подходящим местом для строительства ГЭС может послужить истоки реки Амур (например, реки Селемджа и Зея). Кроме удешевления электроэнергии в данном регионе строительство поможет в борьбе с паводками.

Еще одним возобновляемым источником является геотермальная энергия. Принцип работы геотермальных электростанций основан на использовании тепловой энергии недр Земли для производства электричества. Также ГеоЭС используются для отопления помещений и горячего водоснабжения. На данный момент на территории Дальнего Востока располагается 4 геотермальные электростанции. К сожалению, стро-

ительство геотермальных электростанций в ДФО возможно только на территории Камчатки и Курильских островов, что делает данный вид возобновляемой энергии недоступным для других регионов.

Солнечная энергия является самым доступным видом среди других источников возобновляемой энергии. На СЭС солнечные панели преобразуют солнечное излучение в электрический ток. За последние годы стоимость производства панелей сильно сократилось, что положительно повлияло на возможность строительство электростанций данного типа.

На территории Дальнего Востока располагается несколько десятков солнечных электростанций. В части регионов ДФО наблюдается большое количество солнечных дней в году. В купе с малым количеством осадков некоторые из них становятся наиболее оптимальными для строительства солнечных электростанций. Особенно эффективно располагать электростанции в местах, где нет возможности подключить потребителей к общей энергетической сети. Самыми благоприятными районами для строительства СЭС считаются: Бурятия, Якутия и Забайкальский край.



Рисунок 7 - Карта интенсивности удельной суточной дозы солнечного излучения для регионов РФ

Последним из основных источников возобновляемой энергии является ветроэнергетика. На электростанциях кинетическая энергия ветра преобразуется в механическую энергию, которая после преобразуется ветрогенератором в электричество. К сожалению, на Дальнем Востоке в данный момент насчитывается всего 3 ветроэнергетических комплекса. Это обусловлено сложностью строительства и установки ветрогенераторов на большой высоте. Ветровые электростанции также эффективно использовать в изолированных энергорайонах ДФО. Примером такого района является поселок Тикси, расположенный в Республике Саха. В нем ведется строительство ветровой электростанции. Три построенных ветрогенератора суммарной мощностью 0,9 МВт уже введены в эксплуатацию. Наиболее благоприятными областями для этого являются Якутия, Сахалин и Камчатский край.



Рисунок 2 – Карта ветров России

Освоение возобновляемых источников энергии является актуальной проблемой нашего времени. Использование возобновляемых источников позволит сохранить при-

родные ресурсы нашей страны, уменьшить затраты на добычу и транспортировку топлива, а также позволит сохранить целостность окружающей среды. Строительство гидроэлектростанций позволит решить проблему с паводками в речных районах ДФО. Использование солнечных и ветряных электростанций в энергоизолированных районах позволит повысить уровень жизни людей и уменьшить расходы органического топлива. Просторные и разнообразные территории Дальнего Востока позволяют нам полностью использовать все возобновляемые источники энергии. Так почему бы не делать этого?

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Б.В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. -187с.
2. RG.RU. На Дальнем Востоке успешно внедрили альтернативную энергетику. [Электронный ресурс] – Электрон. данн. <https://rg.ru/2020/02/20/na-dalnem-vostoke-uspeshno-vnedrili-alternativnuu-energetiku.html>.
3. WWF. Новые ГЭС на Амуре нужны. [Электронный ресурс] – Электрон. данн. <https://wwf.ru/resources/news/zelenaya-ekonomika/novye-ges-na-amure-nuzhny-alternativ/>.
4. ТАСС. Защита от наводнений. [Электронный ресурс] – Электрон. данн. <https://tass.ru/rushydro-dv/timeline-potencial/>.

УДК 621.315.1

Пухова Анастасия Игоревна, аспирант, Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Pukhova Anastasia Igorevna, post-graduate Student of Far Eastern State Transport University

Игнатенко Иван Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Системы электроснабжения», Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Ignatenko Ivan Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Department of Power Supply Systems, Far Eastern State Transport University

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТА ВЕЛИЧИНЫ АВАРИЙНО-ДОПУСТИМЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗОК РАЗНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ

AUTOMATION OF CALCULATION OF THE VALUE OF EMERGENCY PERMISSIBLE CURRENT LOADS OF DIFFERENT DURATION OF ACTION

Аннотация. Рассмотрена проблема нехватки пропускной способности линий электропередачи. Был разработан и апробирован алгоритм расчёта допустимых токовых нагрузок. На основе алгоритма была составлена программа для расчёта, составлена база данных марок проводов, а также разработана специальная форма по внесению данных пролетов линий электропередачи. Приведены основные характеристики работы предложенной программы и оценены возможности использования расчетов.

Abstract. The problem of lack of transmission capacity of power transmission lines is considered. An algorithm for calculating permissible current loads was developed and tested. Based on the algorithm, a calculation program was compiled, a database of wire grades was compiled, and a special form was developed for entering data on power transmission line spans. The main characteristics of the proposed program are given and the possibilities of using calculations are evaluated.

Ключевые слова: линия электропередачи, допустимая температура, математическая модель.

Key words: power transmission line, permissible temperature, mathematical model.

Введение

В настоящее время как в России, так и в мире наблюдается рост потребления электроэнергии. В связи с этим возникает дефицит генерирующих мощностей и сетевого комплекса. Реконструкция, строительство или реконфигурация электроэнергетической системы требует дополнительных капитальных вложений и, что не маловажно - времени. Также возникает дополнительная необходимость в обеспечении потребителей в период ремонтных отключений линий, когда на остальные линии кратковременно повышенная нагрузка. При этом следует учитывать, что превышение передаваемой мощности может привести к системным авариям [1].

Основная часть.

Для достижения поставленных целей постоянно обновляется нормативная база, внедряются новые нормативные документы. Так в действующих требованиях приказов Минэнерго РФ от 23.07.2012 № 340 и от 13.02.2019 № 102 обозначено, что владельцы электрооборудования должны предоставлять данные в диспетчерские центры Системного Оператора об аварийно-допустимых токовых нагрузках (АДТН) [2, 3] для основного оборудования, в том числе и для воздушных и кабельных линий для длительностей до 10 с, до 1 мин и до 20 минут. Методик, утверждённых Минэнерго РФ, для определения всех необходимых значений в настоящее время нет. Используемые методики по определению длительных токов до 20 минут не позволяют определить значения допустимой перегрузки проводов длительностью до 1 минуты и до 10 с. Поэтому цель работы – совершенствование расчёта аварийно допустимых токовых нагрузок воздушных линий электропередачи разной длительности.

Основываясь на физических законах термодинамики, авторами получена модель, которая состоит из нескольких частей: выделение тепловой энергии из-за активного сопротивления провода, накопление тепловой энергии, т.е. повышение температуры провода и теплоотдачи посредством конвекции и излучения. Первые две составляющие известны из физики. Однако нахождение конвекции и излучения сложного тела при постоянном нагреве является сложной задачей. Поэтому для нахождения коэффициентов теплоотдачи было произведено моделирование процессов в программной среде Elcut, а также на экспериментальном стенде [4].

Для этого производились замеры динамики нагрева и охлаждения на экспериментальном стенде. Затем в программной среде Elcut была создана виртуальная модель провода и проведены аналогичные замеры. Имея реальную динамику нагрева на экспериментальном стенде и в модели программного комплекса, были получены коэффициенты теплоотдачи.

Полученная модель была реализована в программной среде Mathcad. Однако даже с автоматизированным расчётом нахождение искомым АДТН занимало много времени, так как приходилось перебирать вручную значения температур. После чего подбирать ток, исходя из допустимого габарита провода. Это было не допустимо, поэтому был разработан алгоритм, который состоит из двух этапов. Первый этап — это нахождение температуры, при которой габарит будет допустимым. Если значение больше 90°C (согласно ГОСТ 839-2019), то для расчёта принимается указанное нормируемое значение. Если меньше указанной величины, то принимается полученное значение температуры. На втором этапе для полученной температуры находится ток, который определяется методом перебора. Начиная с сотен, рассчитывается температура, когда значение максимально приближается к допустимому, начинается расчёт десятков, затем единиц [5]. Так получается величина тока, при котором температура нагрева не будет превышать допустимое значение по механической прочности.

Однако не смотря на автоматизированный расчёт остаётся необходимость внесения расчётных параметров для проводов и габаритов. Это тормозит вычислительный процесс. Процесс передачи электроэнергии непрерывен, поэтому важно принимать оперативные решения. Для этого необходимо оптимизировать расчётную модель, сделать её автоматизированной и понятной для пользователя.

Программа должна содержать базы данных о проводах, а также возможность добавления новых данных, должна иметь понятный ввод данных о пролётах, а также возможность их сохранения. Необходимо предусмотреть возможность корректировки методики расчёта, и что самое важное удобный вывод полученных значений АДТН, для беспрепятственной возможности использования и передачи полученных данных.

Для решения поставленной задачи модель расчёта АДТН была реализована в программном продукте «1С: Предприятие». Данная платформа соответствует всем поставленным требованиям, а также, что важно, распространена в сетевых организациях. Внешний вид окна программы представлен на рисунках 1,2.

В качестве исходных данных выбирается марка провода [6,7] и вносятся данные о пролёте, затем выбираются необходимые временные диапазоны и запускается расчёт. По итогу расчёта получаем таблицу с результатами для разных температур. Данные выводятся в удобном формате таблиц, что облегчает дальнейшее использование полученных значений АДТН [8].

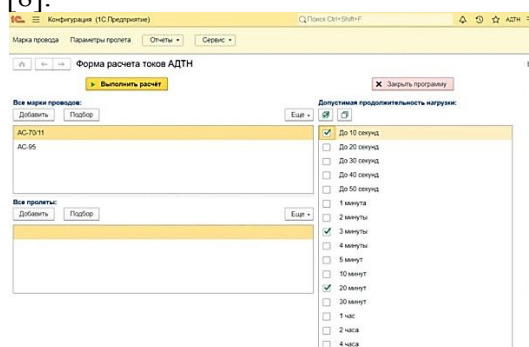


Рисунок 1 – Главное окно при запуске программы расчета

Пролет	Марка провода	Допустимая продолжительность нагрузки	-20°	-15°	-10°	-5°
(Td = 90)	АС-70/11	До 10 секунд	2 174	2 114	2 053	1 992
(Td = 90)	АС-70/11	3 минуты	565	549	533	517
(Td = 90)	АС-70/11	20 минут	351	341	331	321
(Td = 90)	АС-70/11	Длительно допустимый ток по ПУЭ	374	363	352	342

Рисунок 2 – Фрагмент результатов расчетных данных АДТН для заданных параметров

Заключение

В результате теоретических и экспериментальных исследований появился программный продукт для автоматизации расчетов, который позволит точно рассчитывать различные режимы работы сети при различных условиях эксплуатации; владельцам сетей передавать длительно допустимые и аварийно-допустимые нагрузки для своих линий, в соответствии приказами; оценивать необходимость реконструкции и строительства генерации и сетей, перестроение существующих схем распределения энергии.

Благодарности. Работа производилась по договору с АО «ДРСК» НИР «Разработка методики для определения аварийно-допустимых токов для ВЛ 110 кВ» №46/620/21 от 02.02.2021.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Игнатенко И.В., Власенко С.А., Пухова А.И., Тряпкин Е.Ю., Казакул А.А., Варыгина А.О. Алгоритм контроля токов в ЛЭП в заданных эксплуатационных условиях // Энергия единой сети. 2021. № 3 (58). С. 44-53.

2. Приказ Минэнерго России от 23.07.2012 № 340. URL: <https://base.garant.ru/70225816> (дата обращения: 05.11.2022).
3. Приказ Минэнерго России от 13.02.2019 № 102. URL: <https://base.garant.ru/72260250> (дата обращения: 05.11.2022).
4. Моделирование процесса нагрева проводов линии электропередачи в программной среде Elcut. / И.В. Игнатенко, С.А. Власенко, Е.Ю. Тряпкин, А.И. Пухова // Научные труды КубГТУ. – 2022. – № 1. – С. 22–35.
5. Михеев М.А. Основы теплоотдачи: учеб, для вузов. - 2-е изд., перераб. - М.: Еос. энергетическое изд-во, 1949. - 396 с.
6. ГОСТ 839-2019. Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 45 с.
7. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. Новосибирск: Сиб. унив. изд., 2006. 854 с.
8. Внедрение программного продукта по определению аварийно допустимых токов в линиях электропередачи / И. В. Игнатенко, С. А. Власенко, А. И. Пухова, А. А. Казакул // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2022. – Т. 18. – № 1. – С. 24-32.

УДК 621.308

Реков Станислав Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Rekov Stanislav Sergeevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Марущенко Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Marushchenko Sergey Grigorevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor “Industrial electronic”, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКОВ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ NATIONAL INSTRUMENTS

DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC DEVICE FOR MONITORING THE PARAMETERS OF SECONDARY POWER SOURCES USING THE NATIONAL INSTRUMENTS HARDWARE PLATFORM

Аннотация. В данной статье представлена общая концепция устройства для контроля параметров источников вторичного электропитания с использованием аппаратной платформы National Instruments, произведен краткий обзор устройства, рассмотрены его преимущества и необходимость реализации, а также представлена структура схемы.
Abstract. This article presents the general concept of a device for monitoring the parameters of secondary power sources using the National Instruments hardware platform, a brief overview of the device is made, its advantages and the need for implementation are considered, and the structure of the circuit is presented.

Ключевые слова: источники вторичного электропитания, параметры источников вторичного электропитания, National Instrument, VirtualBench.

Key words: secondary power supply sources, parameters of secondary power supply sources, National Instrument, VirtualBench.

В любом радиотехническом устройстве одной из важных его составляющих частей является источник питания.

Источники электропитания малой мощности используют для питания постоянным током вычислительные, управляющие и измерительные приборы, используя энергию переменного тока из однофазной цепи. Данные источники электропитания на сегодняшний день строятся как по традиционной схеме с выпрямителем, подключенным к сети через трансформатор, так и по схеме с бестрансформаторным входом, работа которой основана на многократном преобразовании электрической энергии, чего не скажешь о нынешней выпускаемой аппаратуре, которая всё время преобразуется и становится всё более сложной, к ней предъявляются более строгие требования и при этом возрастает количество элементов, используемые ими [1].

Отсюда можно сделать вывод о том, что задачи, связанные с питанием этой аппаратуры, также усложняются. Любой прибор по-своему требователен к этому вопросу, а значит и подход должен быть соответствующий.

Являясь неотъемлемой частью радиоэлектронной аппаратуры, источники вторичного электропитания (ИВЭП) должны жестко соответствовать требованиям, которые определяются как требованиями к самой аппаратуре в целом, так и условиями предъявляемыми к источникам питания и их работе в составе данной аппаратуры [2]. Любой из параметров ИВЭП, выходящий за границы допустимых требований, может привести к некорректной работе устройства, в худшем случае приводящий к отказу какого-либо элемента внутри. Поэтому, прежде чем начинать сборку ИВЭП к предполагаемой конструкции, необходимо внимательно проанализировать все имеющиеся варианты и выбрать такой ИВЭП, который будет максимально соответствовать всем требованиям питающегося от него устройства. Однако с наращиванием производства также повышается процент брака. Развитие технологий и, следовательно, новые устройства становятся более совершенными и требуют более строгого «питания», что сказывается на важности правильной работы ИВЭП. Ремонт, диагностика, производство, исследование ИВЭП – всё это требует тщательной проверки параметров ИВЭП, однако рынок не предлагает возможности универсального устройства для контроля параметров источника вторичного электропитания.

Использование такого устройства значительно облегчит работы, связанные с вторичными источниками электропитания, повысит качество этих работ, а программное обеспечение, выполненное на аппаратной платформе National Instruments всегда будет актуальным и высокотехнологичным в разрабатываемом устройстве.

На рисунке 1 показана общая концепция электронного устройства для контроля параметров источника вторичного электропитания с использованием аппаратной платформы National Instruments.

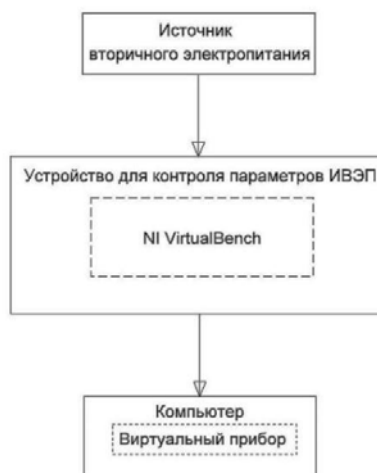


Рисунок 1 – Общая концепция работы устройства

Выходы источника вторичного электропитания подводятся ко входу разрабатываемого устройства. На входе используются датчики для определения основных пара-

метров блоков питания, сигналы преобразуются и отправляются на контроллер и ПЛИС в NI VirtualBench, где с помощью программного обеспечения происходят вычисления дополнительных параметров ИВЭП. Результат выводится на экран монитора персонального компьютера.

VirtualBench – это прибор от компании National Instruments, который включает в себя ряд приборов, таких как осциллограф для работы с сигналами различной природы с логическим анализатором и цифровой мультиметр. Управляемые линии цифрового ввода-вывода делают возможным чёткую отладку программного обеспечения для разрабатываемого устройства. Удобные универсальные функции обеспечивают эффективную проверку цепей [4].

Совместно с разрабатываемым устройством универсальный цифровой измерительный прибор VirtualBench преобразует персональный компьютер в полностью цифровой универсальный измерительный прибор с особенностями настольной модели. Управление дисплеем цифрового универсального измерительного прибора VirtualBench и операции, выполняемые им, аналогичны настольному цифровому универсальному измерительному прибору. Это необходимо для создания полностью универсального измерительного прибора. Также это даст возможность за минимальное время обучать использованию виртуальных приборов на базе персонального компьютера, так как имея в одном флаконе множество измерительных приборов, управляемых через компьютер, определенно улучшает восприятие человека и повышает способность к обучению.

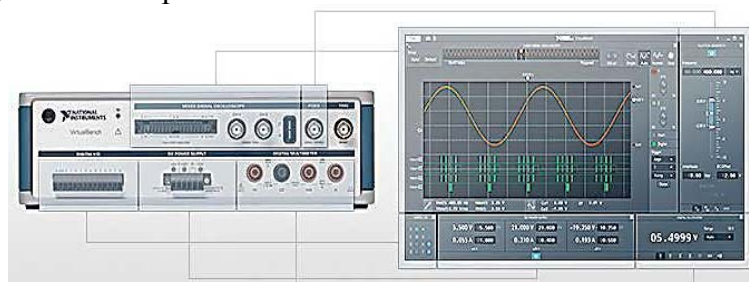


Рисунок 2 – Прибор NI VirtualBench

Использование VirtualBench в купе с разрабатываемым устройством позволит создать универсальный измерительный прибор.

Следует отметить, что контроль параметров, осуществляемый через персональный компьютер с помощью виртуального прибора в среде графической разработки программного обеспечения LabVIEW, даст полную информацию о состоянии какого-либо блока питания, от точной выходной мощности, до нагрузочной характеристики.

Таким образом возможна реализация электронного устройства для контроля параметров источников вторичного электропитания. Реализация этого проекта позволит привнести в арсенал специалиста дополнительное удобное, многофункциональное и, главное, специализированное устройство, которое станет неотъемлемой частью его работы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Битюков, В.К. Источники вторичного электропитания : учебник / В.К. Битюков, Д.С. Симачков. - М. : Инфра-Инженерия, 2017. — 326 с. // IPRbooks: электронно-библиотечная система. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/68991.html> (дата обращения: 25.11.2022). - Режим доступа: по подписке.
2. Гейтенко, Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет : учебное пособие / Е.Н. Гейтенко. – М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 447 с. // IPRbooks: электронно-библиотечная система. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/8713.html> (дата обращения: 25.11.2022). - Режим доступа: по подписке.
3. Шмаков, С.Б. Импульсные источники питания : создание, ремонт, работа / С.Б. Шмаков. — СПб. : Наука и Техника, 2015. — 288 с. // IPRbooks: электронно-библиотечная система. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/28781.html> (дата обращения: 25.11.2022). - Режим доступа: по подписке.

4. VirtualBench (прибор «все в одном») // <https://www.ni.com> : интернет-энциклопедия URL: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/hardware/products/virtualbench-all-in-one-instrument.html> (дата обращения 25.11.2022).

УДК 621.314.6

Рогатова Екатерина Андреевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Rogatova Ekaterina Andreevna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Фролов Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Frolov Alexey Valerievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ПУЛЬСАЦИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ВЫПРЯМИТЕЛЯ ОТ ХАРАКТЕРА НАГРУЗКИ

INFLUENCE THE LOAD CHARACTER ON RECTIFIER VOLTAGE FACTOR

Аннотация. Представлены результаты исследований зависимости коэффициента пульсаций напряжения нагрузки однофазного однополупериодного выпрямителя с ёмкостным фильтром от соотношения ёмкостной и активной составляющей нагрузки схемы. Исследования проведены с помощью программы SimInTech. Показано, что коэффициент пульсаций изменяется в диапазоне от 1,57 до 0 при изменении характера нагрузки от активного до ёмкостного. Предложена эмпирическая аппроксимация зависимости коэффициента пульсаций от постоянной времени цепи нагрузки выпрямителя.

Abstract. The results of research of the dependence of the single-phase half-wave rectifier with a capacitive filter load voltage ripple coefficient on the circuit load capacitive and active component ratio are presented. The researches were carried out by the SimInTech program. It is shown that the ripple coefficient varies in the range from 1.57 to 0 when the load type changes from active to capacitive. An empirical approximation of the load time constant influence on the voltage ripple factor is proposed

Ключевые слова: выпрямитель, сглаживающий фильтр, коэффициент пульсаций, SimInTech.

Key words: rectifier, smoothing filter, ripple, SimInTech.

Введение

При традиционном анализе работы схемы сглаживающего ёмкостного фильтра, установленного после выпрямителя, считается, что вместо выпрямителя установлен источник сигналов с формой, составленной из частей синусоид. То есть считается, что конденсатор фильтра может не только заряжаться от источника сигнала, но и разряжаться через него. В результате этого следует вывод о том, что применение чисто ёмкостного фильтра лишено смысла, так как он не будет сглаживать пульсации напряжения, а будет очень быстро заряжаться и разряжаться через источник сигнала с низким выходным сопротивлением.

В реальных схемах выпрямитель отличается от описанного источника сигналов тем, что он не позволяет конденсатору фильтра разряжаться через внутреннее сопротивление источника входного напряжения. То есть в моменты времени, когда напряжение источника входного напряжения превышает напряжение конденсатора, источник сигнала питает нагрузку и одновременно заряжает конденсатор. Так как внутреннее со-

противление источника сигнала обычно достаточно низкое, то можно упрощённо считать, что заряд конденсатора происходит практически мгновенно (напряжение $U1(t)$ на рисунке 1). В интервалы времени, когда напряжение источника входного напряжения оказывается меньше напряжения конденсатора, диоды выпрямителя закрываются, и разряд конденсатора происходит исключительно через нагрузку (напряжение $U2(t)$ на рисунке 1). В результате сглаживаются «провалы» выходного напряжения выпрямителя, что соответствует снижению коэффициента пульсаций напряжения.

Так как расчёт оптимальных параметров элементов сглаживающего фильтра, обеспечивающих требуемый коэффициент сглаживания пульсаций, является важной практической задачей при расчёте источников вторичного электропитания, то исследование зависимости коэффициента пульсаций напряжения нагрузки от соотношения ёмкости конденсатора фильтра и активного сопротивления нагрузки является актуальной исследовательской задачей.

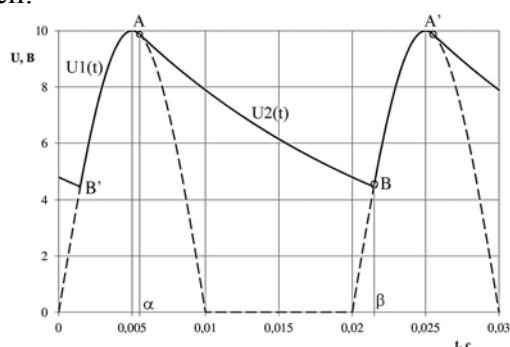


Рисунок 1 – Диаграмма выходного напряжения выпрямителя с ёмкостным фильтром

В современной литературе [1-5] встречается достаточно много противоречивых расчётных формул, описывающих зависимость коэффициента пульсаций напряжения нагрузки выпрямителя от ёмкости конденсатора фильтра и активного сопротивления нагрузки:

$$K_{п.н} = \frac{1}{2\pi f_{п} CR_{н}} \quad (1)$$

$$K_{п.н} = \frac{1}{\pi f_{п} CR_{н}} \quad (2)$$

$$\begin{cases} K_{п.н} = \frac{1}{2f_{п} CR_{н}} \\ CR_{н} > \frac{100}{f_{п}} \end{cases} \quad (3)$$

$$K_{п.н} = \frac{\pi}{2} \frac{1}{2\pi f_{п} CR_{н} + 1} \quad (4)$$

$$K_{п.н} = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\sqrt{(2\pi f_{п} CR_{н})^2 + 1}} \quad (5)$$

$$\begin{cases} K_{п.н} = \frac{1}{\sqrt{3}(4f_{п} CR_{н} - 1)} \\ CR_{н} \gg \frac{1}{2\pi f_{п}} \end{cases} \quad (6)$$

где $K_{п.н}$ – коэффициент пульсаций напряжения нагрузки; $f_{п}$ – частота пульсаций, Гц; C – ёмкость конденсатора фильтра, Ф; $R_{н}$ – сопротивление нагрузки, Ом.

В связи отсутствием однозначного ответа на вопрос количественного влияния постоянной времени цепи нагрузки выпрямителя на коэффициент пульсаций напряжения нагрузки были проведены соответствующие исследования, результат которых представлен ниже.

Методика исследований

Исследования проводились в программном симуляторе SimInTech (рисунок 2).

Параметры элементов модели: источник входного сигнала – амплитуда 100 В, частота 10 Гц; модель диода – 1N4004; сопротивление нагрузки 100 Ом; ёмкость конденсатора фильтра 10 мкФ – 100000 мкФ.

Расчёт коэффициента пульсаций напряжения нагрузки выполнялся по формуле:

$$K_{п.н} = \frac{U_{1.m}}{U_{cp}} \quad (7)$$

где $U_{1.m}$ – амплитуда первой гармоники напряжения нагрузки, В; U_{cp} – среднее значение напряжения нагрузки, В.

Для автоматического расчёта коэффициента пульсаций использовались блоки: измерения напряжения (V); расчёта среднего значения (avg); преобразования Фурье; выделения элемента из вектора (CASE); деления (\div).

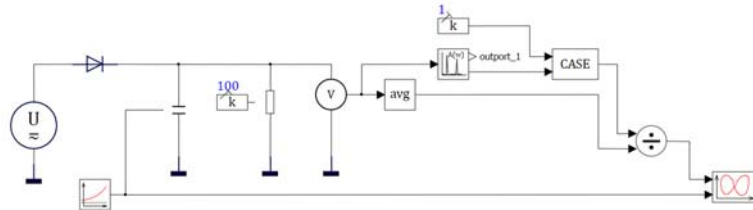


Рисунок 2 – Моделируемая схема в программе SimInTech

Во время исследований изменялось значение ёмкости фильтра и производилась фиксация коэффициента пульсаций напряжения нагрузки. Дальнейшая обработка результатов измерений выполнялась в программе «Excel». Для того, чтобы результаты исследований можно было применять к разным нагрузкам, результаты экспериментов приводились в относительном масштабе – постоянная времени цепи приводилась к периоду напряжения сети:

$$\frac{\tau}{T} = \frac{RC}{T} = RCf \quad (8)$$

где τ - постоянная времени цепи, с; T – период сетевого напряжения, с.

Результаты исследований

Результаты экспериментов представлены на рисунке 3.

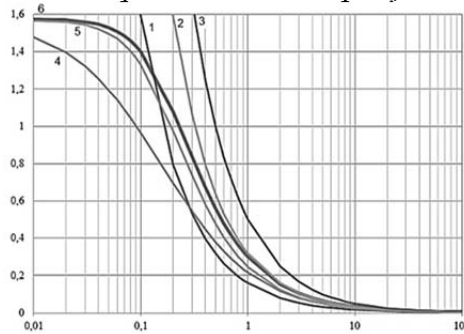


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента пульсаций от постоянной времени цепи нагрузки (6) и аппроксимация этой зависимости по формулам (1-5)

Результаты исследований показывают, что наиболее точно зависимость коэффициента пульсаций от постоянной времени цепи нагрузки описывается формулой (5), но относительная погрешность аппроксимации достигает значения 20% при $\tau > T$.

Более точный результат достигается при корректировке аппроксимирующей функции до вида:

$$K_{п.н} = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\sqrt{(1,6\pi\frac{\tau}{T})^2 + 1}} \quad (9)$$

При этом максимальная погрешность не превышает 3%.

Анализ полученной зависимости также показывает, что применение фильтров с $\tau < 0,1T$ не приводит к заметному сглаживанию пульсаций. А получение коэффициента пульсаций напряжения нагрузки менее 0,1 не оправдано с технико-экономических соображений, так как на этом участке характеристики ($\tau > 3T$) чувствительность коэффициента K_p к постоянной времени цепи τ значительно падает, что приводит к необходимости значительного повышения ёмкости конденсатора для получения несущественного снижения коэффициента пульсаций.

Заключение

Коэффициент пульсаций напряжения нагрузки для однофазного однополупериодного выпрямителя может принимать значения от 1,57 до 0 в зависимости от постоянной времени цепи нагрузки. Эта зависимость приближённо описывается формулой (9) с погрешностью не более 3%. Для оптимального расчёта ёмкости конденсатора сглаживающего фильтра выпрямителя необходимо пользоваться указанной формулой или графической зависимостью (рисунок 4).

Применение конденсаторов ёмкостью менее $C < 0,1 \frac{1}{fR}$ не имеет смысла, так как это не приводит к существенному сглаживанию пульсаций. Применение ёмкостных фильтров для снижения коэффициента пульсаций напряжения нагрузки менее 0,1 технически и экономически не оправдано, так как для этого требуется значительное повышение ёмкости конденсатора более, чем $C > 3 \frac{1}{fR}$ при этом дальнейшее снижение коэффициента пульсаций напряжения будет незначительным.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бладыко Ю.В. Сглаживающие фильтры // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2010. №2. С. 36 - 40.
2. Бурков А.Т. Электроника и преобразовательная техника. // Москва : УМЦ ЖДТ. 2015. - 307 с.
3. Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчёт // Москва : СОЛОН-ПРЕСС. 2008. – 448 с.
4. Ефимов И.П. Источники питания РЭА // Ульяновск: УлГТУ. 2002. – 136 с.
5. Сажнёв А.М., Рогулина Л.Г., Абрамов С.С. Электропитание устройств и систем связи // Новосибирск : ГОУ ВПО СибГУТИ. 2008г. – 112 с.

УДК 621.313

Рубцов Никита Романович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Rubtsov Nikita Romanovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University
Янченко Андрей Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Yanchenko Andrey Vyacheslavovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Electromechanics", Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАДИАТОРОВ ОТОПЛЕНИЯ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

DEVELOPMENT OF TRANSFORMER HEATERS FOR HEATING RADIATORS, DESIGN AND PRELIMINARY TESTS

Аннотация. В данной работе рассматриваются различные конструкции трансформаторного нагревателя для радиаторов отопления двух типов, дается их сравнение по основным параметрам и технологичности, приводятся особенности расчета и результаты предварительных электрических и тепловых испытаний, а также выбор оптимальной конструкции.

Abstract. The work discusses various designs of a transformer heater for heating radiators of two types are considered, their comparison is given in terms of basic parameters and manufacturability, calculation features and results of preliminary electrical and thermal tests are given, as well as the choice of the optimal design.

Ключевые слова: трансформаторный нагреватель, радиатор отопления, первичный контур, вторичный контур, активное сопротивление контура.

Key words: transformer heater, heating radiator, secondary circuit, active circuit resistance.

Трансформаторные нагреватели электроотопления (ТНЭО) легко совмещаются со стандартными радиаторами централизованного отопления. При этом они могут дополнять централизованное отопление в неотапительный период, поддерживая комфортную температуру в периоды летнего похолодания. В некоторых случаях их можно использовать как основные устройства отопления помещения, если централизованное отопление по какой-либо причине полностью отсутствует. Это могут быть частные дома и коттеджи.

С целью выбора наиболее оптимальной конструкции были разработаны ТНЭО с разборным и неразборным магнитопроводом. На Рисунке 1 показаны опытные образцы трансформаторных нагревателей для стандартных радиаторов отопления с тороидальным (Рисунок - 2, а) и прямоугольным разборным, более технологичным индуктором (Рисунок - 2, б).

Предварительные испытания нагревателя с тороидальным индуктором показали принципиальную возможность эффективного нагрева стандартных водяных радиаторов. При этом трехсекционный радиатор при мощности индуктора 260 Вт нагревался с 20-ти до 60-ти градусов за 25 минут, а его электромагнитный КПД составил 94%.

Результаты испытаний выявили недостатки расчетной методики ТНЭО, которая не учитывает добавочные сопротивления от сварных швов вторичного контура нагревателя. Так как технология изготовления вторичного контура предусматривает сварку элементов из алюминиевого сплава, необходимо учитывать количество сварных швов и их параметры.

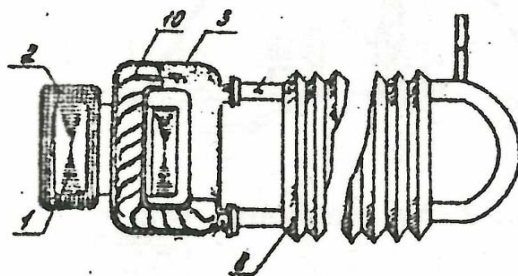
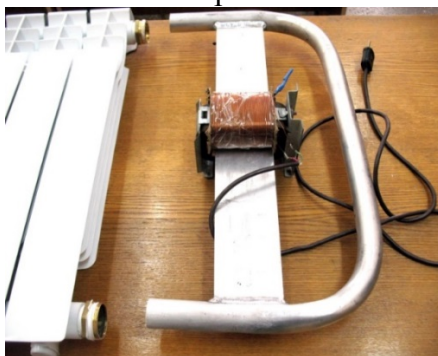


Рисунок 1 - Электроотопительный прибор трансформаторного типа

Сравнение расчетного и реального активного сопротивления вторичного контура показало существенное влияние сварных швов на суммарное сопротивление контура. Наша оценка дает увеличение R_2 примерно на 1-2 % на один сварной шов. При наличии 3-х поперечных швов изменение R_2 достигает более 5%, что существенно корректирует выходную мощность нагревателя. Косвенно этот вывод подтверждает измерение температурного поля вторичного контура с помощью тепловизора. Для этого применялся тепловизор марки SDS HOTFIND модели LX с точностью измерения – 1град. На Рисунке 2 представлена термограмма нагревателя ТНЭО-1 после 120 секунд включения без циркуляции воды. Стрелками обозначены точки сварных швов. Повышенная на 10 градусов температура сварных швов доказывает их более высокое сопротивление.



а)



б)

Рисунок 2 - Фото трансформаторного нагревателя с тороидальным

индуктором: а) - типа ТНЭО-1; б) - с разъемным индуктором типа ТНЭО-2

Показали его работоспособность. Результаты испытаний двух опытных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1 Основные параметры нагревателей ТНСРО-1 и ТНСРО-2

Образец	$P_{\text{НОМ}}$, Вт	I_1 , А	I_2 , А	$\cos\phi_{1H}$
ТНЭО-1	260	1,4	820	0,84
ТНЭО-2	300	2,0	945	0,65

Пониженный коэффициент мощности ($\cos\phi_{1H} < 0,9$) нагревателей объясняется относительно большой площадью вторичного контура нагревателя, что увеличивает поле магнитного рассеяния и индуктивное сопротивление вторичной обмотки трансформатора. Повысить $\cos\phi_{1H}$ можно оптимизацией формы нагревательного элемента.



Рисунок 3 – Теплограмма ТНЭО-1

Проделанная работа позволила определить направления дальнейших исследований:

- уточнение методики расчета индуктора и вторичного контура;
- разработка более точной методики измерения параметров вторичного контура (тока, э.д.с., температуры, распределение температуры);
- разработка методики оценки сопротивления сварных швов конструкции вторичного контура;
- исследование влияния формы и конструкции вторичного контура на $\cos\phi$ (коэффициент мощности) нагревателя и его электромагнитный к.п.д.
- уточнить методы измерения малых активных сопротивлений замкнутого вторичного контура.

Таким образом, испытание опытного образца трансформаторного электронагревателя показала эффективность их работы и необходимость дополнительных исследований по уточнению расчетной методики и оптимизации конструкции ТНЭО.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сериков, А.В. Электронагревательные элементы и устройства трансформаторного типа для систем теплоснабжения: моногр. / А.В.Сериков, В.М.Кузьмин – Владивосток: Дальнаука, 2012. –247 с.

Рябков Михаил Васильевич, студент, Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого

Ryabkov Mihail Vasilevich, student, Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi
Погуляев Михаил Никифорович, кандидат технических наук, доцент, Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого

Pogulyaev Mihail Nikiforovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi

ПРИМЕНЕНИЕ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ В УСТРОЙСТВЕ НАГРУЖЕНИЯ РЕЗЕРВНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЫХОДНОГО ТОКА

APPLICATION OF PULSED-WIDTH MODULATION IN THE DEVICE OF LOADING RESERVE GENERATORS TO IMPROVE HARMONIC COMPOSITION OF THE OUTPUT CURRENT

Аннотация. Представлены результаты исследований устройства нагружения резервных синхронных электрогенераторов, выполненного с использованием транзисторного инвертора. Показано, что использование широтно-импульсной модуляции выходного напряжения позволяет уменьшить коэффициент несинусоидальности выходного тока с 28% до 2,0%.

Abstract. The results of studies of the loading device of backup synchronous generators made using a transistor inverter are presented. It is shown that the use of pulse-width modulation of the output voltage makes it possible to reduce the coefficient of non-sinusoidality of the output current from 28% to 2,0%.

Ключевые слова: резервный электрогенератор, устройство нагружения, транзисторный инвертор, управляемый выпрямитель.

Key words: backup power generator, load device, transistor converter, controlled rectifier.

Для поддержания резервных генераторных установок в рабочем состоянии необходимо периодически их испытывать под нагрузкой. Во время этих испытаний производится проверка работоспособности и соответствия основных технических характеристик паспортным значениям. В последнее время для проведения испытаний все чаще обращают внимание на устройства нагружения (УН), выполненные на основе статических полупроводниковых преобразователей, в которых управляемый выпрямитель (УВ) и ведомый сетью инвертор выполнены на тиристорах [1-3]. Главный недостаток таких устройств заключается в том, что форма выходного тока практически прямоугольной формы, т. е. эти устройства являются источниками высших гармоник. Наличие высших гармоник приводит к искажению питающего синусоидального напряжения, появляются дополнительные потери мощности в стали трансформаторов и электрических машин. Коэффициент гармоник для маломощных сетей при этом может превысить допустимое значение в 8 %, нормированное ГОСТ 30824.4.30-2013 и ГОСТ 32144-2013 для сетей 0,38 кВ.

Чтобы уменьшить коэффициент гармоник и влияние высших гармоник на сеть, предложено вместо тиристорного использовать транзисторный инвертор (ТИ) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ-модуляцией) и согласующий трансформатор Т (рисунки 1).

Цель данной работы провести анализ гармонических составляющих выходных напряжений и токов при использовании в устройстве нагружения резервных электрогенераторов (РЭГ) инвертора с ШИМ-модуляцией.

Для проведения такого анализа была разработана имитационная модель УН с широтно-импульсной регулировкой выходных параметров в программе MatLab с пакетами расширения SimPowerSystems и Simulink. Ввиду ограниченного объема имитационная модель здесь не приводится.

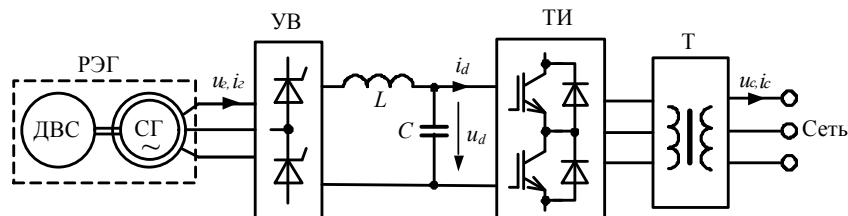


Рисунок 1 – Функциональная схема устройства нагружения с транзисторным инвертором

В процессе имитационного моделирования нагружения синхронного генератора мощностью 8,1 кВА для различных значений углов управления УВ и коэффициентов модуляции ШИМ-инвертора были получены и проанализированы временные диаграммы выходных напряжений и токов, проведен их спектральный анализ и рассчитаны значения коэффициентов несинусоидальности. На рисунке 2 представлены временные диаграммы выходного тока и их спектральный состав, полученные при номинальных значениях коэффициента мощности и тока нагрузки генератора для устройств нагружения с инвертором на тиристорах (рисунок 2а) и на транзисторах (рисунок 2б).

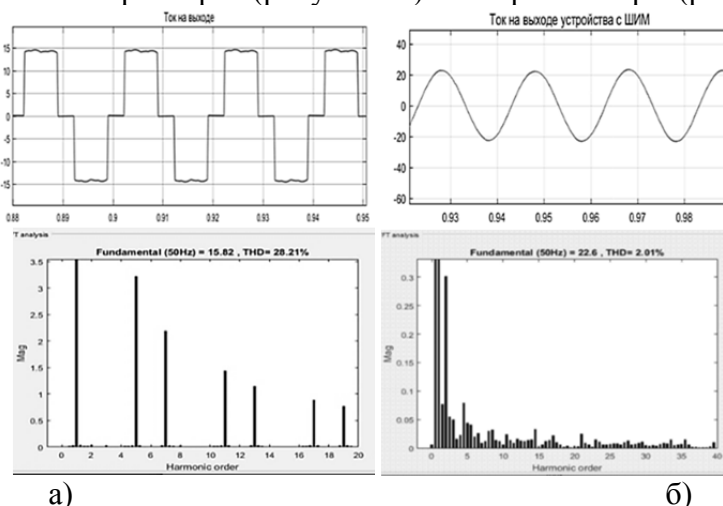


Рисунок 2 – Временные диаграммы тока на выходе устройства нагружения с инвертором: а) – на тиристорах; б)-на транзисторах

Из приведенных диаграмм видно, что форма тока на выходе устройства нагружения с инвертором на тиристорах практически прямоугольная (рисунок 2а) и поэтому имеет достаточно высокий суммарный коэффициент гармонических составляющих (коэффициент несинусоидальности), достигающий значения 28,0 %. Ток на выходе устройства нагружения выполненного на транзисторном инверторе (рисунок 2б) имеет практически синусоидальную форму с минимальным содержанием высших гармоник. Суммарный коэффициент гармонических составляющих тока на выходе устройства нагружения составляет всего 2,01 %, что существенно улучшает качество рекуперированной электроэнергии.

Таким образом, полученные при численном моделировании результаты подтверждают, что использование ШИМ-инвертора в нагружающем устройстве действительно позволяет улучшить гармонический состав выходного тока и уменьшить его влияние на питающую сеть.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Погуляев, М.Н. Энергосберегающие электромеханические стенды для испытания автономных дизель-генераторов / М.Н. Погуляев [и др.] // Международный научно-практический журнал: Чрезвычайные ситуации: образование и наука. Гомель, ГИИ МЧС РБ, 2013, Том 8, №1, С. 106-110.
2. Погуляев, М. Н. Энергосберегающее устройство нагружения резервных электрогенераторов/ М. Н. Погуляев, А. А. Смахтин // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 2017 г. / Белорус.-Рос. ун-т. –Могилев, 2017. – С. 399–401.
3. Погуляев, М.Н. Анализ гармонических составляющих выходных напряжений и тока устройства нагружения резервных электрогенераторов / М.Н. Погуляев, А.А. Чигринец // Современные проблемы машиноведения: материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2020. – С. 179 -182

УДК 658.26

Самандари Асо, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Samandari Aso, master's student of Komsomolsk-na-Amure State University
Азимов Хурсандмурод Хакимович, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Azimov Hursandmurod Hakimovich, graduate student of Komsomolsk-na-Amure State University
Иванов Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Ivanov Sergey Nikolayevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor Department of "Electromechanics", Komsomolsk-na-Amure State University

ВЫРАВНИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

EQUALIZATION OF ELECTRICAL LOADS OF RESIDENTIAL BUILDINGS

Аннотация. При постоянно растущем темпе жизни и бесконечной конкуренции мы стремимся выбирать лучшее. Выбирая умные и экономичные решения, мы снижаем расходы и повышаем качество нашей жизни. В статье рассматриваются пути притока и оттока энергии в жилые дома. Рассматриваются способы сбережения различных видов энергии по каждому пункту поступления и потерь энергии.

Annotation. With the ever-increasing pace of life and endless competition, we strive to choose the best. By choosing smart and economical solutions, we reduce costs and improve the quality of our lives. The article discusses the ways of inflow and outflow of energy into residential buildings. Ways of saving various types of energy are considered for each point of energy inflow and loss.

Ключевые слова жилые сооружения, проектирование, эффективность, электроустановки, графики нагрузки.

Key words: residential facilities, design, electrical installations, efficiency, electrical installations, load schedules.

В современном мире нормальное функционирование любых сторон жизнедеятельности человека, как в бытовом, так и в производственном аспекте, напрямую зависит от грамотно выстроенного энергетического баланса. При этом важной задачей является повешение степени эффективности использования поступающей энергии.

Основываясь на типах поступающей в жилые здания энергии можно выделить:
- энергию газа;

- электрическую энергию;
- тепловую энергию горячего водоснабжения;
- естественная энергия солнечного света.

Отток энергии происходит через:

- наружные стены самого здания;
- нагретый воздух, покидающий здание через вентиляцию;
- нагретая вода, утекающая через канализацию.

Рассмотрим последовательно каждый пункт притока и оттока энергии.

Энергия газа в случае использования газовой плиты используется лишь на 50-60 %.

То есть примерно половина затраченной энергии греет воздух, а не посуду в которой готовится еда. И хотя сохранить и использовать энергию нагретого воздуха возможно, но об этом чуть позже, все же газовая плита неэффективна. Также неэффективными можно считать и обычные электроплиты. Хорошим решением при наличии возможности использование индукционных плит. Они греют именно посуду, а не воздух и имеют КПД близкий к 90 %. Хорошим решением также является использование газа в газовых колонках и котлах для нагрева воды. КПД таких устройств близок к 90-95 %. И то и другое решение может быть актуальным как в частном порядке, так и для многоквартирного дома. К минусам можно отнести опасность газа. То есть при установке газовой колонки в индивидуальном порядке правильность монтажа и безопасность будет дополнительно проверяться ответственными организациями. В целом установку индукционных плит и газовых систем желательно прорабатывать еще на этапе проектирования здания. Так, например индукционная плита в том случае, если электропроводка не была рассчитана на ее потребление 3-5 кВт, может вывести электропроводку из строя. Система отопления дома может не иметь котельной, которую можно было бы модернизировать, а просто распределяет тепло от ТЭЦ по квартирам.

Большинство вопросов по КПД электрической сети должны решаться на этапе проектирования. Тем не менее, рассмотрим несколько важных факторов влияющих на КПД. Электроэнергия подается по проводам. Потери в проводах должны быть минимальными. Чем толще проводник и чем выше его электропроводность, тем меньше потери в сети. Еще одним фактором является наличие в сети реактивных потребителей, что также негативно сказывается на работе электросети. Этот вопрос решается компенсаторами реактивной мощности. Поскольку в большинстве домов используются трехфазные сети, то нужно учитывать также неравномерность нагрузки по разным фазам. Традиционным решением является использование стабилизаторов напряжения для каждой фазы. Они сами также потребляют энергию и на практике при выравнивании напряжений могут давать вторичные перекосы. Существует и альтернативный более эффективный подход к данной проблеме – использование симметрирующего трансформатора. Не вдаваясь в сложные подробности, обозначим, что максимальная мощность всех потребителей, в том числе реактивных (электродвигатели, индукционные плиты и другие) должна быть заранее рассчитана и под нее должно быть выбрано соответствующее оборудование. Переделка электросети особенно в многоквартирных домах на практике возможна только как очень редкое исключение.

Тепловая энергия поступает в дома вместе с водой. Для более эффективной отдачи тепла можно заменять классические радиаторы отопления на современные с реберной структурой. Они имеют более развитую поверхность, то есть имеют большую площадь соприкосновения с воздухом и, следовательно, лучше отдают тепло в помещение. Кроме того их ребра направляют восходящий нагретый воздух внутрь помещения. Отдельно отметим, что нагреть воздух можно с помощью теплового насоса. В рамках многоквартирного дома возможна установка огромной распределенной сплит системы. В рамках одной квартиры это хорошо нам всем знакомый кондиционер. Основное достоинство таких систем, что они тратят электричество преимущественно на

транспортировку тепла из одного места в другое, не вкладываясь в нагрев непосредственно. То есть основную работу по нагреву производит окружающее пространство.

Солнечный свет проникает в наш дом через окна и нам не требуется электроосвещение, а также немного подогреваются пол, стены и любая мебель. Однако свет может быть использован с помощью солнечных коллекторов для подогрева воды и далее по усмотрению. Нагретую воду можно запустить для отопления дома или в качестве горячей воды в кран. Солнечные коллекторы бывают как для многоквартирных домов, так и для небольших частных домов.

Тут мы плавно подходим к вопросу удержания полученной энергии внутри здания. Часть потерь происходит прямо через стены здания. Радиаторы не должны закрываться шторами, так как шторы просто ограждают радиаторы от воздуха. То есть радиатор закрытый шторами греет стены. Размещение за радиаторами отопление отражателей уменьшает нагрев стен, то есть увеличивает нагрев именно воздуха. Это довольно дешевое решение позволяющее сохранить 1...2 °С. Материал, из которого сделаны стены должен иметь минимально возможную теплопроводность.

Одним из путей воздушной утечки тепла являются щели. То есть окна и двери должны быть исполнены максимально герметично. Для снижения потерь через окна они должны быть изготовлены с использованием вакуумных стеклопакетов. В местах соединений окна и рамы должны быть уплотнители. Двери также могут иметь уплотнители. На дверях подъездов должны быть доводчики. Прежде чем человек достигнет лестничных пролетов он должен преодолеть не одну, а две двери. Такая конструкция не позволяет свободно гулять воздуху, когда кто-то входит или покидает здание.

Воздух, покидающий здание через вентиляцию, уносит с собой тепло. Чтобы сохранить энергию, потраченную на его нагрев в системах вентиляции применяют системы рекуперации. Они выравнивают температуру между покидающим и поступающим воздухом и сохраняют тепло внутри здания. Иногда такие системы можно встроить в уже существующую систему вентиляции здания. Также возможна установка небольших индивидуальных квартирных рекуператоров.

Когда мы пользуемся водой, то тепло этой воды уходит вместе с ней через канализацию. Существуют рекуператоры канализации, которые могут собирать тепло сточных вод. Однако такие системы не рассчитаны на сточные фекальные массы и требуют отдельного от фекалий стока. Возможны индивидуальные варианты, которые могут быть вмонтированы в существующую систему. Обычно подразумевается естественный сток воды, то есть система может быть установлена в двухэтажном частном доме. Возможна установка и одноэтажных систем, но она требует установки индивидуального насоса, так как для прогона сточной воды в пределах одного этажа о самооттоке речь уже не идет. Сточную воду придется подкачать насосом в рекуператор, из которого уже вода уйдет самостоятельно. Тепло отбираемое со сточных вод может быть возвращено в систему подогрева воды.

Итак, мы рассмотрели множество проблем и пути их потенциальных решений. И хотя не все решения возможно применить на уже существующих строениях все же есть не мало способов улучшить существующие системы как коллективно, так и индивидуально.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Колбасенко, Т. В. Электробезопасность // Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2012. - 120 с.
2. Белявин К.Е., Кузнецов Б.В. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок // Минск : Белорусская наука, 2007. — 195 с.
3. Иванов С.Н., Скрипилев А.А. Надежность электроснабжения: учеб. пособие // М., Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 164 с.

4. Правила устройства электроустановок ПУЭ-7.РФ. – URL: <https://pue-7.ru>. (дата обращения: 06.10.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
5. Ким К.К., Иванов С.Н., Колесник М.Б. Моделирование устойчивости электромеханического преобразователя при осевых нагрузках // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2022. Т. 65. № 2. С. 45-50.
6. Гаркуш С.К., Иванов, С.Н. Повышение надежности энергетического оборудования // Материалы Международной 17-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности; Комсомольск-на-Амуре, 5 июня 2019 г. - Комсомольск-на-Амуре: ФГОУ ВО «КнАГУ», 2019.- С.100 – 102.
7. Гузанов С.С., Иванов С.Н. Мониторинг и техническое диагностирование силовых элементов подстанций // Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях. Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Комсомольск-на-Амуре, 2022. С. 117-118.

УДК 621.313

Саяпина Полина Олеговна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sayapina Polina Olegovna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Ким Константин Константинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электротехника и теплоэнергетика», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Kim Konstantin Konstantinovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Department "Electrical engineering and thermal power engineering", Sankt-Petersburg State Transport University Emperor Alexander I

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

ELECTROMECHANICAL MEASURING SYSTEM

Аннотация. Показана актуальность разработки и внедрения измерительной электромеханической системы. Приведена методика функционального применения электромеханической системы посредством асинхронного двигателя. Описан порядок выбора выходных параметров асинхронного двигателя и показаны этапы научно-исследовательской работы. Приводится описание структурной схемы и назначение основных блоков и модулей.

Summary. The relevance of the development and implementation of a measuring electromechanical system is shown. The method of functional application of an electromechanical system by means of an asynchronous motor is given. The procedure for selecting the output parameters of an asynchronous motor is described and the stages of research work are shown. A description of the block diagram and the purpose of the main blocks and modules is given.

Ключевые слова: проектирование, электромеханическая система, система взвешивания.
Key words: design, electromechanical system, weighing system.

Введение.

В современных системах грузоперевозки наземным транспортом актуальной задачей является взвешивание грузов. Например, избыточная масса объекта взвешивания быстрее изнашивает дорожное полотно, что приводит к ухудшению транспортировки грузов или может привести к несчастному случаю. Взвешивание грузов необходимо для обеспечения сохранности и безопасности как транспортируемого груза, так и для

самого перевозчика. Эта задача является комплексной и требует ряда решений. На данный момент существует три типа весовых систем на дорожном транспорте: статические, статодинамические и динамические.

Статодинамические и динамические системы взвешивания в большинстве случаев разработаны на базе тензометрических датчиков.

Недостатками этих устройств является необходимость периодической поверки и калибровки вследствие чего снижается пропускная способность и нарушается логистическое сообщение, а также возможности определения одного физического параметра исследуемого объекта (только масса или только коэффициент сцепления) и отсутствие защиты от перегрузки.

Основная часть.

В рассматриваемой системе определяющими являются силы, действующие на перемещаемый объект. Тем не менее, исходя из основных положений электромеханики, следует, что силы, возникающие вследствие взаимодействия переменного магнитного поля статора с током вторичной короткозамкнутой обмотки, при детерминированных размерных соотношениях электромеханического преобразователя определяются его электромагнитными параметрами.

Величина силы, действующей на перемещаемый объект, в общем случае может быть найдена на основании уравнения Лагранжа первого рода:

$$m_v \cdot w_v = F_v \sum_{\alpha=1}^r \lambda_{\alpha} \frac{\partial f_{\alpha}}{\partial r_v} + \sum_{\beta=1}^r R_{v\beta} \quad (1)$$

где m_v – масса объекта, w_v – ускорение объекта, F_v – равнодействующая сила, $R_{v\beta}$ – реакция силы

Выражение вращающего момента, действующего в измерительной системе, может быть получено на основе общих уравнений динамической системы (Лагранжа II рода)

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_{\sigma}} - \frac{\partial T}{\partial q_{\sigma}} = Q_{\sigma} \quad (2)$$

где q_{σ} – обобщенные координаты, \dot{q}_{σ} – обобщенные скорости, T – кинетическая энергия системы, Q_{σ} – обобщенные силы

Посредством уравнения Лагранжа, можно обобщить связь объекта измерения и приложенные к нему силы. Поскольку силу создает электромеханический преобразователь, данном случае, асинхронный двигатель, то искомые величины будут определяться параметрами тока и напряжения, которые будут

$$M_{эм} = \frac{p m_1 \Delta U_1^2 r_2'}{\omega_1 \left((r_1 + c_1 r_2')^2 + (x_{\sigma 1} + c_1 x'_{\sigma 2})^2 \right)} \quad (3)$$

где p – число пар полюсов; m_1 – число фаз; ΔU_1 – изменение напряжения вследствие перемещения объекта измерения; c_1 – численный коэффициент; r_1, r_2' – активные сопротивления; $x_{\sigma 1}, x'_{\sigma 2}$ – индуктивные сопротивления статора и ротора двигателя.

Задачами заявляемой электромеханической системы является обеспечение возможности определения массы исследуемого объекта и защита устройства от перегрузки.

Технический результат, достигаемый в процессе решения поставленной задачи, заключается в повышении функциональности и надежности измерительной системы.

Сущность предлагаемого изобретения поясняет Рисунок 1. На нем приведены следующие обозначения: БУ – блок управления, подающий сигнал, ЧП – частотный преобразователь, Д – асинхронный двигатель с линейным перемещением исполнительного элемента, ДД – датчик движения, ДТ – датчик тока, ВЧ – программируемое вычислительное устройство (Вычислитель), БВИ – блок вывода информации величин « m » и коэффициента трения « μ » объекта измерений, ИВП – измерительная весовая платформа (передвижная платформа), ДД – датчик тока

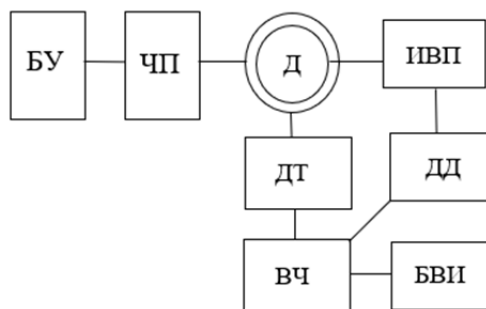


Рисунок 1 – структурная схема электромеханической измерительной системы

Электродвигатель с линейным перемещением исполнительного элемента, состоит из магнитопровода с сетевой обмоткой, подключаемой к сети через частотный преобразователь и устройство управления, вращающейся короткозамкнутой вторичной обмотки, на внутренней поверхности которой нанесена резьба, на наружной поверхности которой также нанесена резьба с образованием между вращающейся вторичной обмоткой и тягой резьбового соединения, обеспечивающего при вращении вторичной обмотки перемещение тяги в осевом направлении, при этом один из концов тяги допускает механическое присоединение измерительной весовой платформы.

Измерительная электромеханическая система в блоке датчика тока использует датчики наблюдаемых электрических параметров, включаемые в количество фаз трехфазной сети, определяемое используемой схемой измерения электрических величин (одно-, двух- или трехфазное подключение). Датчики информационно связаны с программируемым вычислительным устройством, в которое внесена начальная информация о параметрах электродвигателя с линейным перемещением исполнительного элемента (без механического соединения с объектом измерений), жестко закрепленного на опорной поверхности.

Вычислительное устройство также содержит информацию о допустимых значениях параметров электродвигателя. Для вывода результатов измерений используется блок вывода информации.

В процессе измерений при получении информации от датчика тока для вычисления массы вычислительное устройство использует выражение:

$$m = \frac{p m_1 \Delta U_1^2 r_2'}{g \mu \pi f_1 d_p \Delta s \left((r_1 + r_2')^2 + (x_{\sigma 1} + x_{\sigma 2}')^2 \right) \left(\frac{D_{cp}}{d} f + \operatorname{tg}(\theta + \varphi) \right)} \quad (4)$$

для вычисления коэффициента трения:

$$\mu = \frac{p m_1 U_1^2 r_2'}{g m \pi f_1 d_p s \left((r_1 + r_2')^2 + (x_{\sigma 1} + x_{\sigma 2}')^2 \right) \left(\frac{D_{cp}}{d} f + \operatorname{tg}(\theta + \varphi) \right)} \quad (5)$$

где p – число пар полюсов; m_1 – число фаз; ΔU_1 – изменение напряжения вследствие перемещения объекта измерения; f_1 – частота питающего напряжения; Δs – изменение скольжения вследствие перемещения объекта измерения; d_p – наружный диаметр тяги; r_1, r_2' – активные сопротивления; x_1, x_2' – индуктивные сопротивления статора и ротора двигателя; D_{cp} – приведенный диаметр сил трения в резьбовой части; f – коэффициент трения в резьбовой части; θ – угол подъема резьбы; φ – угол трения в резьбе; g – ускорение силы тяжести.

В выражениях (4), (5) технические характеристики двигателя без механического соединения тяги с измерительной платформой определяются из справочных данных или находятся по стандартной методике.

Технические характеристики двигателя, измеренные датчиком тока при перемещении объекта измерений, входящие в приведенные выше формулы, поступают из блока датчиков.

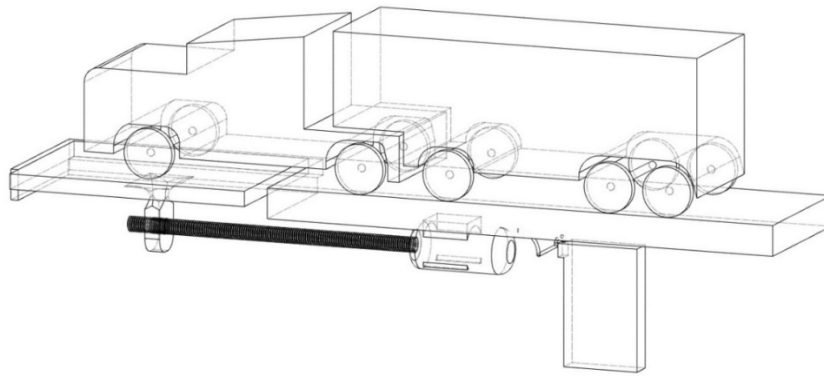


Рисунок 2 – Модель стационарной электромеханической измерительной системы

Рассчитанные на основе сравнения предварительно внесенной информации и текущего значения параметров состояния электродвигателя в «вычислителе» значения массы и коэффициента трения передаются на блок вывода информации.

Если в процессе перемещения двигателем измерительной весовой платформы, измеренные блоком датчиков тока параметры электродвигателя превысили предельно допустимые значения, программируемый частотный преобразователь формирует сигнал блоку управления которое отключает электродвигатель от сети.

Таким образом, использование программируемого вычислительного устройства (Вычислителя), сравнивающего измеряемые значения электрических параметров электродвигателя при перемещении объекта измерения с предварительно внесенными значениями тех же параметров электродвигателя без перемещения объекта измерения и их предельно допустимые значения, позволяет вычислить массу и коэффициент трения объекта измерения относительно опорной поверхности, расширяет функциональные характеристики измерительной системы и повышает ее надежность.

Заключение.

В работе описана разработка и внедрение в эксплуатацию измерительной системы с линейным перемещением исполнительного элемента для транспортной системы. Приведена модель стационарной электромеханической измерительной системы на Рисунке 2.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ким К.К., Иванов С.Н., Горбунов А.В., Титова Т.С, Никитин В.В., Киселев И.Г. Автоматизированный электромеханический привод вагонных дверей // Электротехника. 2019. № 10. С. 11-16.
2. Колесник, М. Б. Получение аппроксимирующих зависимостей для учёта влияния параметров нагрузки на энергетические показатели асинхронного двигателя // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного университета. Науки о природе и технике. 2022. № 59. С. 43-47.
3. Ким К.К., Иванов С.Н., Колесник М.Б. Моделирование устойчивости электромеханического преобразователя при осевых нагрузках // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2022. Т. 65. № 2. С. 45-50.
4. Ким К.К., Иванов С.Н. Повышение эффективности электропривода магистральных задвижек // Изв. СПбГЭТУ "ЛЭТИ". 2020. № 3. С. 71 - 77.
5. Ким К.К., Иванов С.Н. Моделирование комбинированного электропривода // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2019. Т. 62. № 3 (197). С. 44-51.

Секалин Алексей Владимирович, студент, ФГБОУ ВО Удмуртский государственный университет

Sekalin Alexey Vladimirovich, student, FSBEI HE Udmurt State University

Алексеева Наталья Анатольевна, доктор экономических наук, профессор ФГБОУ ВО Удмуртский государственный аграрный университет

Alekseeva Natalya Anatolyevna, Doctor of Economics, Professor of FSBEI HE Udmurt State Agrarian University

МЕТОДЫ БУРЕНИЯ БОКОВЫХ СТВОЛОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН

OIL AND GAS SIDETRACK DRILLING METHODS

Аннотация. Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью принятия первоочередных мер по повышению доходности старых нефтегазовых месторождений, которые во многом выработаны и находятся на последних стадиях разработки. Акцент сделан на технологическом аспекте работ. Сделан также экономический анализ эффективности технологии зарезки бокового ствола эксплуатационной скважины. Это может позволить увеличить эффективность эксплуатации нефтяных скважин, перевести их из недействующего фонда в эксплуатируемый фонд. Зарезка боковых стволов (далее - ЗБС) – сегодня один из эффективных способов бурения.

Abstract. The relevance of the research topic is due to the need to take first-rate measures to increase the profitability of old oil and gas fields, which are largely developed and are in the last stages of development. The emphasis is on the technological aspect of the work. An economic analysis of the efficiency and technology of sidetracking of the production well was also made. This can increase the efficiency of oil wells, transfer them from an inactive fund to an operated fund. Sidetracking (hereinafter referred to as sidetracking) is today one of the most efficient methods of drilling.

Ключевые слова: врезка «окон», рентабельность добычи нефти, операции по скважине.
Key words: window tie-in, oil production profitability, well operations.

Известно, что большая часть российских месторождений нефти и газа находится в завершающей стадии разработки. Особую актуальность обретает проблема восстановления рентабельности добычи нефти. Соблюдение технологии бурения бокового ствола с вырезанным участком обсадной колонны – «окном» - одно из условий восстановления недействующей скважины и получения дополнительных объемов нефти в малом количестве. Для работ используется конкурентоспособное на внутреннем рынке отечественное оборудование (от разработки, производства и обслуживания) пермского машиностроительного предприятия ООО «Биотехник» [6].

Наиболее востребованы методы бурения, применяемые для горизонтальных или наклонных скважин: ликвидация участка в обсадной колонне с зарезанием ствола скважины, вырезка «окна» в обсадной колонне размером 7-8 метров при помощи фрез (стартовая, оконная, арбузная) с установленного клина-отклонителя, с калиброванием оконного выреза, затем зарезка бокового ствола с установленного клин-отклонителя [6-8].

Вышеуказанные методы бурения имеют как преимущества, так и недостатки. Рекомендуется использовать ремонтно-буровой агрегат АРБ-100 грузоподъемностью 100 т. Промывка скважин осуществляется мультифазным или биополимерным буровыми растворами. Для приготовления и очистки бурового раствора рекомендуется применение оборудования, представляющего собой гидромешалку, дополнительно оснащен-

ную лопастными перемешивателями, дегазатором, песко- и илоотделителем и оборудованную насосом ВШН-150. Углубление скважины производится долотами типа 124СЗ-ЦАУ R204 с последующей расширкой пилотного ствола расширителем ГРУ-121/150 (расширитель гидравлический раздвижной управляемый) [7].

В результате бурения горизонтального участка ствола происходит его удлинение, что сопровождается ростом затрат до 10% чаще всего. В некоторых случаях возможен рост затрат на бурение до 50%. Технические и технологические сложности возникают при неправильном выборе профиля ствола в его горизонтальной части. Например, может возникнуть гидрозатвор, который потребует дополнительных затрат на его устранение. Дополнительные затраты могут быть вызваны необходимостью доисследования, ремонта, профилактики работ в горизонтальных стволах.

Дополнительные стволы скважин, направленные как строго горизонтально, так и наклонно, в итоге позволяют увеличить среднесуточный дебит скважин, «реанимировать» ее за счет ремонта, сэкономить время и средства на бурение новых скважин. В целом все это позволяет экономить капитальные вложения в разработку месторождений [1-2].

Уже забуренная скважина позволяет освободиться от непредвиденного механического препятствия при бурении, а также вернуться к ее рабочей силе. Полученный опыт работ указывает на то, что отход в сторону второй скважины на 10-15 метров значительно снижает обводненность при нефтедобыче. В связи с тем, что бурение второй скважины происходит на пробуренной скважине, при зарезке следует учесть, что новый скважинный участок проходит через ранее пробуренный скважинный участок.

Расчет эффективности технологии бокового ствола начинается с фиксации дебита скважины по нефти забуривания (например, 12 т/сут.), фиксации достигнутого дебита после забуривания второго ствола (например, 50 т/сут.). Допустим, что расчет произведен для более чем трехсот метров дополнительно пробуренного горизонтального участка (таблица 7).

Таблица 7 – Исходные технико-экономические показатели

Показатели	Годы		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Уровень инфляции, %	6,6	6,6	6,6
Ставка налога на прибыль	20	20	20
Ставка дисконта, %	10	10	10
Себестоимость 1 т нефти, руб.	4660	4740	4440
Изменение среднесуточного дебита нефтяной скважины, т/сут.	36,2	31,7	37,1
Коэффициент эксплуатации оборудования, коэф.	0,90	0,91	x
Доля условно-переменных затрат в общей сумме затрат, коэф.	0,43	0,44	x
Цена 1 нефти, руб.	12 000	12 000	12 000
Сумма текущих затрат на реализацию технологии, тыс. руб.	22 500	22 300	22 600

Дополнительная добыча нефти составит: $Q = 36,2 \cdot 365 \cdot 1 \cdot 0,9 = 11891,7$ т.

Чистая текущая стоимость составит: $ЧТС_{2019} = 65710,57$ тыс. руб.

Рассмотрим расчет экономической эффективности технологии (таблица 8).

Неоднозначными тенденциями характеризуется современное состояние отрасли нефтегазодобычи в России. Экспортный потенциал отрасли претерпевает существенные изменения. Внутренний рынок сбыта не успел еще нарастить достаточные объемы спроса [3-5].

Таблица 8 – Эффективность технологии боковых стволов на примере нефтегазового предприятия

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя		
		1	2	3
1. Количество скважин, ед.	Скв.			
2. Дополнительный прирост добычи нефти, т	тонн	12359,53	10297	9796,93
3. Прирост выручки, тыс. руб.	тыс. руб.	148314,36	123564	117563,16
4. Текущие затраты, тыс. руб.	тыс. руб.	45391,62	42918,2	41284,77
5. Прибыль до налогообложения, тыс. руб.	тыс. руб.	80963,21	71348,85	64181,41
6. Налог на прибыль, тыс. руб.	тыс. руб.	16192,642	14269,77	12836,282
7. Поток денежной наличности, тыс. руб.	тыс. руб.	65710,57	56579,08	51845,13
8. Накопленный денежный поток, тыс. руб.	тыс. руб.	65710,57	122289,65	174134,78
9. Коэффициент дисконтирования	коэф.	1	0,85	0,73
10. Дисконтированный денежной поток, тыс. руб.	тыс. руб.	65710,57	103946,20	127118,38
11. Чистая текущая стоимость, тыс. руб.	тыс. руб.	65710,57	169656,77	296775,16

Тем не менее, инновационную составляющую развития необходимо наращивать. Окупаемость затрат на реализацию технологии наступает в первый год. Чистая текущая стоимость нарастающим итогом за 3 года составила более 296775,1 тыс. руб.

Применение научных достижений является главным направлением производственной деятельности предприятия ПАО «Сургутнефтегаз».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеева, Н. А. Определение лимитированных затрат в строительстве / Н. А. Алексеева // Экономика и управление: тенденции и перспективы: материалы III Межвузовской ежегодной науч.-практ. конференции. - Санкт-Петербург, 2022. - С. 3-7.
2. Алексеева, Н. А. Сравнительный анализ норм и нормативов на примере строительства скважин / Н. А. Алексеева // Фотинские чтения - 2021 (весеннее собрание): материалы VIII Междун. науч.-практ. конференции. - Ижевск, 2021. - С. 33-35.
3. Алексеева, Н. А. Анализ структурно-динамических изменений в российской макроэкономике как ответ на глобальные вызовы / Н. А. Алексеева // Наука Удмуртии. -2022. - № 2 (97). - С. 41-53.
4. Алексеева, Н. А. Комплексный экономический анализ: сборник задач / Н. А. Алексеева. - Ижевск, 2022.
5. Алексеева, Н. А. Макроэкономические сдвиги в российской экономике в период экономических санкций / Алексеева Н.А., Истомина Л.А., Редников В.Л. Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. - 2022. - Т. 32. - № 3. - С. 403-408.
6. Андреев, А.Ф. Основы проектного анализа нефтяной и газовой промышленности / А. Ф. Андреев, В. Ф. Дунаев, В. Д. Зубарева, В. В. Иваник. – 2017. - 341 с.
7. Андропова, И. В. Формирование информационной базы для прогнозирования результатов деятельности нефтегазовой структуры / И. В. Андропова. – М. – 2018. – 284 с.
8. Бахитов Р.Р. Принятие решения о выборе инвестиционного проекта // Нефтяное хозяйство. – 2018. - №1 – С. 37-39.

Семикаленный Данил Викторович, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

Semikalennyj Danil Viktorovich, Master's Degree Student, Komsomolsk-na-Amure State University.

Марущенко Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Marushchenko Sergey Grigorevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor "Industrial electronic", Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВЕЛОСИПЕДИСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ NI MYRIO

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MONITORING CYCLISTS USING NI MYRIO

Аннотация. В данной статье представлена полная структура схемы системы мониторинга для тренировки велосипедиста, краткий обзор, базовая блок-схема программирования и объяснение её реализации, её главные части и описание их применения, что именно измеряет, существенные проблемы и недостатки связи всех частей в одну систему, блок-схема программирования.

Annotation. This article presents the complete structure of the monitoring system scheme for cyclist coaching, a brief overview, a basic programming flowchart and an explanation of its implementation, its main parts and a description of their application, what exactly measures, significant problems and disadvantages of connecting all parts into one system, a programming flowchart.

Ключевые слова: датчики, частота, система, сигналы, интерфейс.

Key words: sensors, frequency, system, signals, interface.

В данной работе в качестве предмета исследования, рассматривается разработка такой системы, которая должна включать в себя сердечный ритм велосипедистов, темп, скорость езды на велосипеде, пройденное расстояние и расход энергии во время тренировочного участка, чтобы повысить производительность велосипедистов, не подвергая велосипедистов риску получения травм. Кроме того, Глобальная система позиционирования (GPS) - еще одна полезная система, которая позволяет велосипедистам сообщать свое местоположение в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

В этой системе датчик частоты сердечных сокращений, магнитный датчик, GPS-модуль и GSM-модуль подключены к NI myRIO-1900. Датчик частоты сердечных сокращений использовался для вычисления частоты сердечных сокращений велосипедиста время от времени. Магнитный датчик был прикреплен к раме велосипеда для расчета скорости велосипеда. Модуль GPS использовался для отслеживания местоположения велосипедиста. Модули GSM использовались для отправки сообщения SOS, если с велосипедистом произошла авария. Во-первых, NI myRIO-1900 инициализировал состояние сигнала GPS. После инициализации NI myRIO-1900 получил сигнал от магнитного датчика и датчика частоты сердечных сокращений. После получения всех сигналов от этих датчиков данные были загружены в графический интерфейс LabVIEW и веб-интерфейс, который запускается Ubidots. Такие параметры, как скорость, частота сердечных сокращений, пройденное расстояние и мощность, отображались в графическом интерфейсе и Ubidots, чтобы велосипедист мог следить за состоянием своего тела во время езды на велосипеде. Кнопка S.O.S была установлена на велосипеде. Если велоси-

педист находится в опасной ситуации, велосипедист может нажать эту кнопку, чтобы отправить аварийный сигнал полиции или важному для него лицу.

Существующая система мониторинга сталкивается с проблемами в самой передаче данных, энергопотреблении и внешних условиях окружающей среды. Связь между модулем датчиков и модулем обработки всегда осуществляется по беспроводной сети Bluetooth и Wi-Fi internet. Передача сигнала может быть потеряна из-за перемещения целевого объекта. Сигнал представляет собой частоту, во время процесса передачи сигнал может прерываться или ухудшаться из-за внешнего фактора в окружающей среде, такого как шум (аналогичный частотный профиль) сигнала и передачи данных на большие расстояния, и эта ситуация рассматривается как потеря сигнала. Эта проблема будет представлять опасность для велосипедиста при работе с системой контроля безопасности. Дополнительной проблемой является энергия, используемая для питания сенсорного модуля в велосипеде. Для работы этого модуля датчиков необходим внешний источник питания, за исключением модуля Bluetooth low energy или с использованием динамо-генератора. Эта проблема возникает из-за того, что блок датчиков не является источником переменного тока.

Система мониторинга велосипедиста включает в себя разработку аппаратного и программного обеспечения. Он объединяет датчики и беспроводную платформу для того, чтобы обеспечить получение заданных данных от велосипедиста. Встроенное устройство National Instrument (NI) myRIO было применено для интеграции датчиков и передачи указанных данных в веб-приложение через беспроводную платформу. Выступления велосипедиста записываются через Интернет вещей (IoT), где значимые данные, такие как сердцебиение, скорость велосипедиста, траектория тренировки и местоположение, могут быть просмотрены через платформу IoT. Выбранная платформа интернета вещей - Ubidots

Основными частями проекта являются мониторинг сердцебиения, мониторинг скорости, модуль GPS-навигации, GSM-модуль и пользовательский интерфейс Интернета вещей через Ubidots.

В системе мониторинга сердечного ритма для сбора данных был применен аналоговый датчик частоты сердечных сокращений. Два датчика частоты сердечных сокращений установлены на обеих ручках велосипеда. Схема всей системы показана на рисунке 1.

Система позволяет определять скорость с помощью магнитно-контактного переключателя. Этот датчик отмечал каждый цикл вращения колеса. Переключатель с магнитным контактом или геркон действуют как спидометр велосипеда для измерения скорости велосипеда.

Кроме того, для целей навигации использовался модуль GPS. Это позволяет тренеру отслеживать тренировочный маршрут и текущее местоположение велосипедиста. Модуль GPS был подключен к микроконтроллеру с помощью подключения по протоколу UART. Соединение осуществляется в режиме последовательной связи.

К микроконтроллеру был присоединен GSM-модуль, позволяющий велосипедисту посылать аварийный сигнал нужному человеку.

После того, как датчики завершат сбор данных, запускается процесс регистрации, чтобы отправить данные на веб-сайт через Интернет в указанный период. Это позволяет отображать данные на компьютере.

Короче говоря, эта система позволяет пользователям записывать свои результаты и планировать свое обучение, чтобы повысить и усовершенствовать свою производительность с помощью практик. В этом проекте разработка проекта разделена на три этапа. Этапы — это проектирование схемы, настройка оборудования и проектирование программирования.

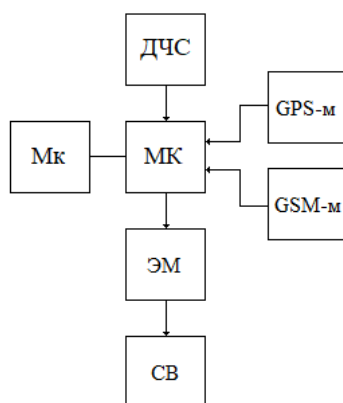


Рисунок 1 – Структурная схема системы мониторинга

ДЧС – датчик частоты сердцебиения; МК – микроконтроллер; Мк – магнитный контакт; GSM-м – GSM модуль; GPS-м – GPS модуль; ЭМ – экран монитора; СВ – сайт веб-сайта

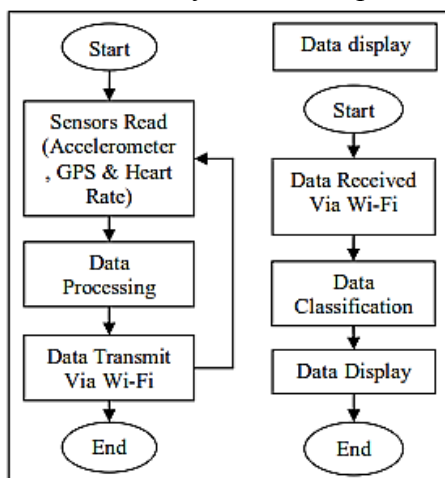


Рисунок 2 - Базовая блок-схема программирования

Предлагаемая система была спроектирована и сконструирована с использованием графического языка программирования LabVIEW, который является выполнимым и удобным в использовании.

LabVIEW — это интегрированная среда разработки, разработанная специально для инженеров и ученых. Родной для LabVIEW — это графический язык программирования (G), который использует модель потока данных вместо последовательных строк текстового кода, позволяя вам писать функциональный код, использующий визуальный макет, напоминающий ваш мыслительный процесс. Это означает, что вы тратите меньше времени на беспокойство о точках с запятой и синтаксисе и больше времени на решение важных проблем. Системное программирование было построено на основе двух различных частей, которые являются сбором данных и отображением данных.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. NI MYRIO [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://training-labview.ru/templates/standard/opencore/scormMyRIO/myRIO_project_essentials_guide.pdf (дата обращения 27.11.2022).
2. GPS [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/196150/> (дата обращения 27.11.2022).
3. GSM [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/268127/> (дата обращения 27.11.2022).
4. Датчик пульса [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-pulsa/> (дата обращения 27.11.2022).

Серета Наталья Владимировна, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»
Sereda Natalya Vladimirovna, senior lecturer, FSBEI HE "Dagestan State Technical University"

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF INDUSTRIAL ENERGY STORAGE SYSTEMS IN POWER SYSTEMS

Аннотация: В настоящее время энергетическая отрасль во всех странах мирах проходит трансформацию с целью максимального сокращения использования ископаемого топлива и объемов углеродных выбросов в атмосферу. Но при этом возникают новые проблемы, связанные с невозможностью сохранения электрической энергии. В связи с развитием возобновляемой энергетики вопрос накопления электрической энергии существенно обострился. Разработано достаточно много различных типов систем накопления энергии, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки, и необходимо понимать, какие из них являются наиболее перспективными и экологичными.

Abstract: Currently, the energy industry in all countries of the world is undergoing a transformation in order to minimize the use of fossil fuels and carbon emissions into the atmosphere. But at the same time, new problems arise related to the impossibility of storing electrical energy. In connection with the development of renewable energy, the issue of accumulation of electric energy has become much more acute. Quite a lot of different types of energy storage systems have been developed, each of which has its own advantages and disadvantages, and it is necessary to understand which of them are the most promising and environmentally friendly.

Ключевые слова: накопитель энергии, принцип действия, электроэнергия, энергия, гидроаккумулирующие электростанции, литий-ионные аккумуляторы, суперконденсаторы, механические накопители, накопители тепловой энергии.

Key words: energy storage, operating principle, electricity, energy, pumped storage power plants, lithium-ion batteries, supercapacitors, mechanical energy storage, thermal energy storage.

Введение

Общеизвестно, что специфической особенностью электрической энергии является невозможность ее хранения, процессы выработки, передачи, распределения и потребления электроэнергии происходят одновременно в режиме реального времени и неразрывно связаны между собой. Но по мере увеличения потребления электроэнергии неизбежно возникли и продолжают усиливаться проблемы необходимости ее накопления. Традиционные источники электроэнергии (ГЭС, ТЭС, АЭС) стабильно вырабатывают определенное количество энергии, но за счет неравномерности потребления электроэнергии возникают так называемые пиковые нагрузки, для сглаживания которых необходимы накопители энергии. Появление альтернативных источников энергии (ветро- и солнечные энергоустановки) позволило увеличить общую выработку электроэнергии, но за счет нестабильности их работы потребность в накопителях энергии существенно возросла. При этом совершенно не обязательно накапливать электрическую энергию, возможно накопление и других видов энергии (тепловая, химическая, кинетическая и пр.) с последующим преобразованием[3,4].

Материалы и методы

Проведен сравнительный анализ наиболее перспективных систем накопления электроэнергии, определены основные проблемы эффективного внедрения их в структуру энергосистем

Основная часть

Существует большое разнообразие промышленных накопителей энергии (рисунок 1). Исторически аккумулятором потенциальной энергии являются ГАЭС, успешно применяемые в электроэнергетических системах для сглаживания пиковых нагрузок. Особенно актуально применение ГАЭС для регулирования работы энергосистем в тех случаях, когда в состав энергосистемы входят АЭС. Но у ГАЭС есть серьезные недостатки, существенно ограничивающие области их применения: это низкий КПД, малая удельная энергоемкость и высокие требования к месту установки станции[2].

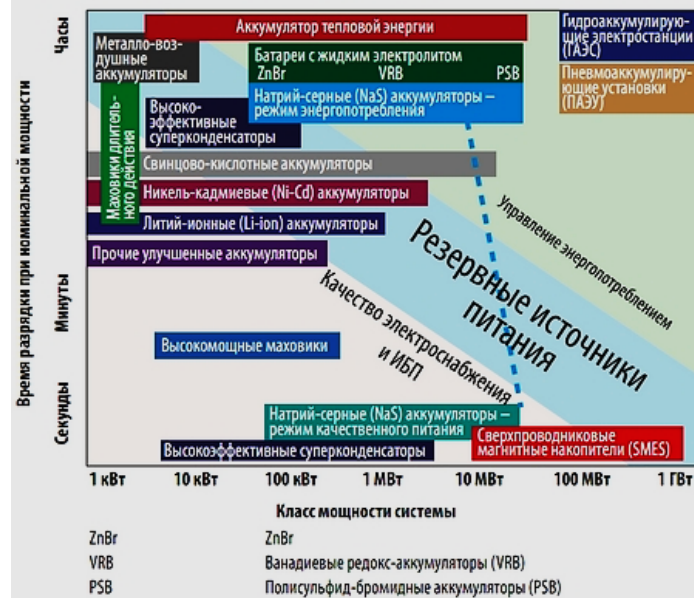


Рисунок 1 - Классификация накопителей энергии

В последние годы в качестве химических накопителей энергии эффективно используются различные типы аккумуляторных батарей, на сегодняшний день наиболее эффективными считаются литий-ионные батареи, имеющие лучшие показатели работы, чем традиционные свинцово-кислотные. Но они имеют ряд существенных недостатков: высокая стоимость, ограниченный цикл заряда/разряда, невозможность реагировать на короткие всплески потребления и пр. Еще одним недостатком батарей является не решенная на сегодняшний день проблема их утилизации, что составляет серьезную экологическую проблему.

Здоровую конкуренцию аккумуляторным батареям составляют такие физические накопители, как накопители кинетической энергии (НКЭ) – маховики, принципом работы которых является накопление кинетической энергии. В настоящее время разработаны перспективные модели супермаховиков.

Необходимо отметить, что НКЭ имеют существенные преимущества по сравнению с многими традиционно эксплуатируемыми накопителями энергии различных типов: они экологически безопасны, имеют недостижимую для других накопителей удельную мощность, имеют длительный срок эксплуатации и мн.др.[5]

Среди перспективных систем накопления энергии необходимо отметить твердотельные аккумулирующие электростанции (ТАЭС), которым не нужны источник воды и перепад высоты падения потока, ТАЭС можно строить на любой равнинной местности, они экологичны и устойчивы к внешним нагрузкам.

Для ТАЭС к.п.д. достигает 80% и выше, срок службы достигает 50 лет. Консалтинговая компания Clean Horizon провела сравнительный анализ технологий для основных систем накопления энергии с параметрами 200 МВт/800 МВт•ч и сделала следующие выводы: величина нормированной стоимости хранения энергии (LCOS) для ТАЭС на 16% ниже, чем для литий-ионных батарей, и на 72% ниже, чем для гидроаккумулирующих электростанций [6].

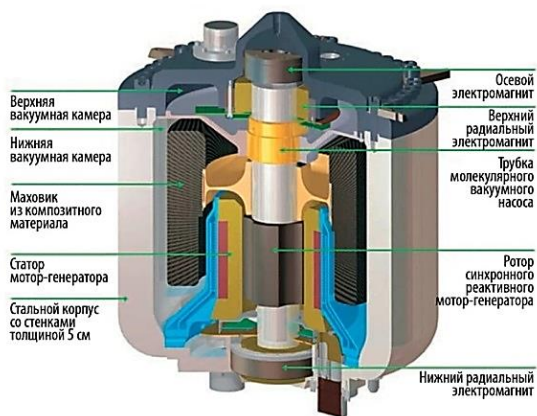


Рисунок 2 - Схема маховика

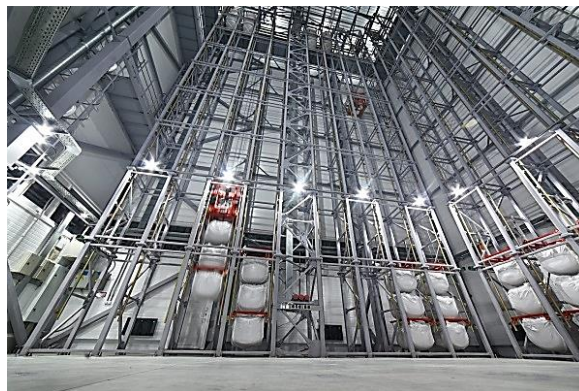


Рисунок 3 - ТАЭС: вид изнутри

В нашей стране производством ТАЭС занимается компания "Энергозапас"-стартап наноцентра "СИГМА. Новосибирск", входящего в инвестиционную сеть Фонда инфраструктурных и образовательных программ Группы РОСНАНО [5]. По прогнозам, доля ТАЭС на мировом рынке накопителей энергии достигнет к 2025 году 10%.

Результаты и выводы

На сегодняшний день основной проблемой применения систем накопления энергии является высокая стоимость хранения энергии, которая в разы превышает стоимость производства электроэнергии, поэтому они используются только изредка лишь в качестве резерва на короткий промежуток времени.

Решение проблемы накопления энергии может в корне изменить основу работы энергосистем и изменить основной постулат «Энергию невозможно хранить».

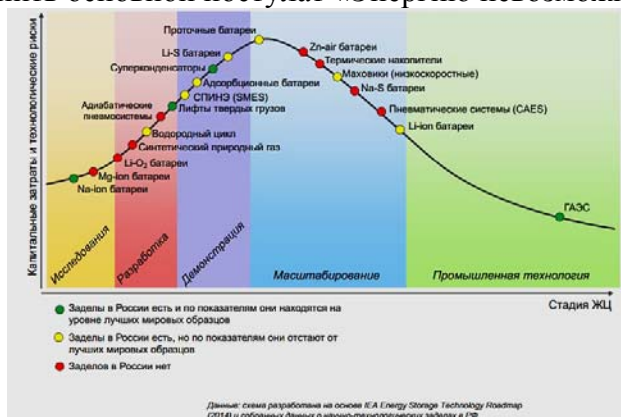


Рисунок 4 - Существующий научно-технический задел по системам накопления энергии в РФ

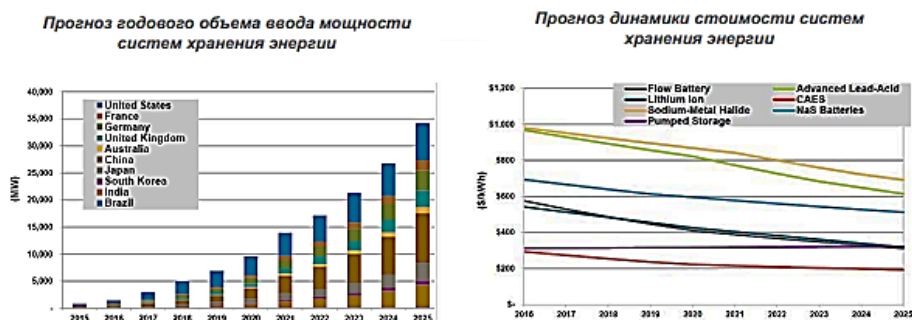


Рисунок 5 - Перспективы развития мирового рынка СНЭ

К сожалению, Россия имеет существенное отставание в области производства и внедрения систем накопления (хранения) энергии (СНЭ) и вынуждена догонять зарубежные страны.

На сегодняшний день принимаются большие усилия по ликвидации этого отставания, ведутся пилотные разработки по многим направлениям, но реальная доля РФ при общем объеме продаж более 18 млрд\$ на мировом рынке СНЭ планируется на уровне 1,5-3 млрд\$.

Заключение

Для ликвидации отставания России в области производства и внедрения СНЭ необходимо использовать нормативно-правовое и техническое регулирование, разработать систему мероприятий по стимулированию реализации пилотных проектов СНЭ, развивать научно-технологическую инфраструктуру.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Накопление энергии как способ радикально сократить углеродные выбросы https://www.unido-russia.ru/archive/num8/art8_16/
2. Гидроаккумулирующие электростанции – как это работает? <https://novostienergetiki.ru/gidroakkumuliruyushhie-elektrostantsii-kak-eto-rabotaet/>
3. Путилов А.А. Обзор существующих технологий накопления электроэнергии. // Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов №6 2021, №6. <https://panor.ru/magazines/sovremennye-metody-tekhnicheskoy-diagnostiki-i-nerazrushayuschego-kontrolya-detaley-i-uzlov/numbers/4911.html>
4. Еникеев Р.Ш. «Современные накопители энергии». [https:// дом-ученых.рф/событие/современные-накопители-энергии.html](https://дом-ученых.рф/событие/современные-накопители-энергии.html)
5. Технологии накопления энергии помогут изменить подход к электроснабжению/ <https://rg.ru/2020/12/16/tehnologii-nakopleniia-energii-pomogut-izmenit-podhod-k-elektrosnabzheniiu.html>
6. Нормированная стоимость хранения энергии для твердотельной аккумуляторной электростанции оказалась ниже, чем для ГАЭС и литий-иона. <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/05/18/113951>
7. Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации. <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/9013/74739>

УДК 621.313

Со Хтайк, кандидат технических наук, Дата центр Управления Связи Вооруженных Сил, Мьянма
Soe Htike, Candidate of Engineering Sciences, Armed Forces Communications Department Data Center, Myanmar

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

ELECTROMECHANICAL CONVERTER OF ACCESS CONTROL SYSTEM

Аннотация. Системы контроля и управления доступом используют широкую линейку аппаратных и программных средств. Особый интерес представляют системы, построенные на интеллектуальных подходах. Один из возможных подходов на основе использования идентификации информации о наблюдаемом объекте для выработки управляющих команд специальным электромеханическим преобразователем рассматривается применительно к транспортной отрасли. Приводится описание структурной схемы и назначение основных блоков и модулей.

Abstract. Access control systems use a wide range of hardware and software. Of particular interest are systems built on intelligent approaches. One of the possible approaches based on the use of identification of information about the observed object for the development of control commands by a special electromechanical converter is considered in relation to the transport industry. A description of the structural scheme and the purpose of the main blocks and modules are given.

Ключевые слова: электромеханический преобразователь, видеоизображение, система контроля и управления доступом.

Key words: electromechanical converter, video image, access control and control system.

Введение

В настоящее время вопросы повышения эффективности систем безопасности чрезвычайно актуальны. Особенно востребованы полностью автоматические устройства, которые обеспечивают контроль и управление физическим доступом различных объектов на контролируруемую территорию.

Например, в инфраструктуре городов находят широкое применение устройства, которые позволяют не только контролировать с целью учета потоки автомобильного транспорта, но и обеспечивают регулирование движения. В большинстве случаев они включают источник оптического сигнала, комплект видеокамер, обрабатывающие информацию устройства, средств коммуникации, выделенные видеокамеры, распознающие и фиксирующие государственные регистрационные знаки автотранспортного посредством процессора со специальным программным обеспечением.

Такие устройства выполняют следующие функции:

- контролируют параметры многополосного потока автомобилей;
- управляют плотностью потока и снижают возможность возникновения заторов;
- обнаруживают нарушения правил дорожного движения.

Структурно в них объединены имеющий излучение в широкополосной области спектра источник, настроенные на анализ полосы движения и прилегающих обочин в инфракрасной области спектра видеокамеры, направленные перпендикулярно к плоскости дорожного полотна, выделенную видеокамеру, работающую в видимой области спектра (0,04...0,76 мкм), ориентированную под острым углом к поверхности дороги, устройство воспроизведения информации с видеокамеры в инфракрасной области спектра (0,76...0,15 мкм), прокалиброванный по разметке между фиксированными линиями на дорожном покрытии, двухрядную фотодиодную матрицу из бинарно расположенных напротив отдельных полос движения и обочины, программируемый приемный логический контроллер для сигналов от оптических источников. Обработанная информация поступает в виде локальных файлов с видеофиксацией факта, характера нарушения и топологии места нарушения на сервер организации контроля дорожного движения и дублируется на соответствующий пост дорожной полиции.

Логичным примером также является техническое решение, в котором установлен электропривод, объединяющий в себе электродвигатель и электромагнитную муфту, которые через редуктор связаны с валом, жестко закрепленным с заградительным брусом, амортизатор, демпфирующий брус при его опускании.

В большинстве случаев подобные устройства не обеспечивают возможность прямого использования в качестве заградительного элемента электромеханического преобразователя. Это приводит к уменьшению надежности системы контроля из-за необходимости применения дополнительных механических модулей. Другим аспектом является низкая функциональная эффективность ряда устройств, вследствие невозможности идентификации антропогенных и/или антропоморфных объектов при использовании их в пропускной системы для защиты от их несанкционированного доступа на контролируемую территорию.

Основная часть.

Развитие системы безопасности может быть обеспечено одновременным уменьшением количества механических элементов и использованием способа идентификации информации об антропогенных и/или антропоморфных объектах на наблюдаемой территории для генерации соответствующего управляющего сигнала для электромеханического преобразователя.

Подход и конструктивное решение, основанные на объединении препятствующего элемента пропускной системы с валом электромеханического преобразователя, подробно рассмотренные в работах [1-4], повышают надежные показатели системы, и, более того, применение методов последующего анализа на основе идентификации, обработки и передачи входной информации для обеспечения процесса управления электромеханическим преобразователем системы контроля и управления доступом [5-7], обеспечивает ее селективность, повышает функциональную эффективность и исключает несанкционированный доступ на контролируемую территорию антропогенных и/или антропоморфных объектов.

Для решения первой части задачи вал электромеханического преобразователя совмещен с заградительным элементом пропускной системы. Статическая часть электромеханического преобразователя образована магнитопроводом с размещенной на нем сетевой обмоткой и встроенного самосмазывающегося диэлектрического элемента, функционально являющегося радиально-упорным подшипником скольжения. Для преобразования вида движения из вращательного в поступательное между внутренней поверхностью подвижной обмотки и наружной поверхностью вала нанесена трапециевидальная резьба. Электромеханический преобразователь подключен к сети переменного тока через устройство управления, идентифицирующее входную информацию [8-10].

Функциональная эффективность обеспечивается выбором способа идентификации. Блок получения кадров и параметра сцены включен в устройство управления, обработки кадра осуществляется специальной подсистемой, за корректировку изображения отвечает нечеткий модуль, сопряженный с корректируемой базой знаний. Дополнительно система использует комплект таких блоков, как модуль локальной классификации, сеть локальной классификации, блок принятия решения о локальной классификации, базу данных локальной классификации, модуль предобработки, блок бинаризации, блок регулирования контрастности, шумоподавляющий блок, переводной в градации серого блок, интегральный модуль сегментации, агрегатную систему описания кадров, формирующий управляющие команды блок, управляющая база команд данных.

Идентификация, построенная на рассматриваемом подходе, обеспечивает генерацию сигнала управления электромеханическим преобразователем системы контроля и доступа, который основывается на информации в кадре, извлеченного блоком получения кадра из видеоряда и параметров сцены. На вход модуля обработки кадра видеопотока информация поступает для анализа, выработки и генерации аннотированного текстового описания и координат содержащихся объектов. Передаваемая на модуль нечеткой корректировки изображения информация о параметрах сцены проходит сравнительный анализ с использованием корректирующей базы знаний на основании нечетких правил. Разработка и формирование нечетких правил, реакция/отклик на параметры сцены, формирование параметров активных фильтров для модуля предобработки, необходимы для перевода изображения в цифровой аналог черно-белого и градации серого представления, обеспечения высокой степени контрастности изображения, очистки от широкополосных шумов с использованием адаптивных фильтров.

Поэтапно предобработанная видеoinформация поступает на вход интегрирующего модуля сегментации, позволяющего после выполнения обработки сегментировать в соответствии с семантическими признаками принятое видеоизображение на различные классы. Интегрирующий модуль сегментации распределяет видеоизображение на

дискретные пиксельные группы и области. Для выполнения мультигрупповой классификации синтезирована обобщенная сегментационная сеть. Возможностью обобщенной классификации обладают сети классификаторы или нейронные сверточные сети, обученные на максимальном количестве групп/классов. В данном случае используется известный алгоритм сканирующего окна. Нечеткий обобщающий модуль объединяет группы и классы в крупные поглощающие семантические группы. В обобщающей базе знаний формулируются и прописываются правила формирования семантических групп.

Приходящее на вход блока принятия решения о локальной классификации видеоизображение, преобразованное в совокупность сегментов, используется для принятия решения о передаче на модуль локальной классификации различных сегментов видеоизображений для уточнения результатов идентификации. Например, сегмент «электромеханический преобразователь» для нахождения требуемых параметров может передаваться одному из классификаторов: тип преобразователя, мощность, высота оси вращения и т.д. Уточнение результатов распознавания обеспечивает содержащий набор специализированных классифицирующих алгоритмов модуль локальной классификации. Используя сеть локальной классификации, модуль локальной классификации в соответствии со специализированными алгоритмами/классификаторами, запрашивает в базе данных локальной классификации информацию для специализированных алгоритмов/классификаторов.

Информация и координаты о содержащихся в текущем кадре объектах в виде аннотированного (текстового) описания, поступает на вход агрегирующей подсистемы описаний кадров. Накапливаемая информация после обработки заданного количества кадров для формирования «кейса» о происходящем преобразуется в описание события.

Модуль формирования управляющих команд на основании поступившего «кейса» описания, захваченного в видеопотоке и хранящейся в базе параметров команд управления информацией, генерирует управляющую команду для системы контроля и доступа.

Расширяемая база данных управляющих команд, включающая реакции на штатные и нештатные ситуации, задаваемые управляющими командами обеспечивает функциональную эффективность системы.

Заключение.

Принятое конструктивное исполнение приводного устройства, в основе которого лежит интеграция заградительного элемента пропускной системы и вала электромеханического преобразователя, с одной стороны, и способ идентификации, использующий захват и извлечение кадра из видеоизображения, генерацию аннотированного/текстового описания активных объектов и координат в результате обработки кадра, корректировку изображения на основе нечеткой логики, трансформацию изображения в черно-белое и градации серого представление, повышение контрастности изображения, очистку от шумов, фрагментации изображения с обращением по семантическим признакам к обобщающей базе знаний, уточнение результатов распознавания с использованием модуля локальной классификации, формирование соответствующей управляющей команды, с другой стороны, приводят к повышению избирательности и функциональной эффективности системы, повышают надежность пропускной системы контроля и управления доступом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ким К.К., Иванов С.Н., Колесник М.Б. Моделирование устойчивости электромеханического преобразователя при осевых нагрузках // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2022. Т. 65. № 2. С. 45-50.
2. Ким К.К., Иванов С.Н. Повышение эффективности электропривода магистральных задвижек // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2020. № 3. С.71-77.

3. Ким К.К., Иванов С.Н., Сарилов М.Ю., Семибратова М.В. Повышение эффективности привода механизма стрелочного перевода // Ученые записки КНАГТУ. 2019. № IV-1 (40). С.46-51.
4. Ким К.К., Иванов С.Н., Горбунов А.В., Титова Т.С., Никитин В.В., Киселев И.Г. Автоматизированный электромеханический привод вагонных дверей // Электротехника. 2019. № 10. С. 11-16.
5. Амосов О.С., Голоколос Д.А., Иванов С.Н., Со Хтайк. Особенности проектирования электромеханических преобразователей для систем комплексной безопасности // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2017. Т. 60. № 5. С.5-11.
6. Ким К.К., Иванов С.Н. К вопросу определения механической характеристики теплового электромеханического преобразователя // Электротехника. 2009. № 8. С. 47-54.
7. Ким К.К., Иванов С.Н. Моделирование комбинированного электропривода // Известия вузов. Электромеханика. 2019. № 3. С. 44-50.
8. Амосов О.С., Баена С.Г., Иванов С.Н., Иванов Ю.С. Автоматизированная пропускная система // Патент на изобретение 2651531 С1, 19.04.2018. Заявка № 2017113804 от 20.04.2017.
9. Амосов О.С., Баена С.Г., Иванов С.Н., Иванов Ю.С., Со Хтайк. Субоптимальная энергетическая система // Патент на изобретение 2626798 С1, 01.08.2017. Заявка № 2016117431 от 04.05.2016.
10. Амосов О.С., Баена С.Г., Иванов С.Н., Иванов Ю.С., Со Хтайк. Интеллектуальный электротепловой привод // Патент на изобретение 2642501 С2, 25.01.2018. Заявка № 2016121736 от 01.06.2016.

УДК 621.382

Сочнева Полина Константиновна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sochneva Polina Konstantinovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Марущенко Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Marushchenko Sergey Grigorevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor "Industrial electronic", Komsomolsk-na-Amure State University

СИСТЕМЫ СВЯЗИ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

COMMUNICATION SYSTEMS IN THE MINING INDUSTRY

Аннотация. Статья посвящена обзору и модификации связи в горнодобывающей промышленности. Рассмотрены ключевые варианты связи и их технологии передачи информации, результативность применения каждого вида связи в промышленных условиях. Рассмотрен общий вид структуры связи в горно-добывающей промышленности. На примере шахты АО «Ургалуголь» предлагается модернизация системы связи путем комбинации трех типов связи: проводной, радиочастотной и сотовой.

Abstract. The article is devoted to the review and modification of communications in the mining industry. The key communication options and their information transfer technologies, the effectiveness of each type of communication in industrial conditions are considered. A general view of the communication structure in the mining industry is considered. Using the example of the mine of JSC "Urgalugol", it is proposed to modernize the communication system by combining three types of communication: wired, radio frequency and cellular.

Ключевые слова: шахта, стандарт DECT, связь под землей, радиочастотный кабель.
Key words: mine, DECT standard, underground communication, radio frequency cable.

Вопросы безопасности на угольных предприятиях из-за несчастных случаев в настоящее время актуальны. В то же время, требования к коммуникационным системам для угольных шахтных предприятий увеличиваются с увеличением технических возможностей систем, которые отражаются в изменениях, которые вносятся в нормативные документы.

В настоящее время на угледобывающем предприятии АО «Ургалуголь» реализована и внедрена современная наземная система цифровой диспетчерской связи Радиус-IP[1]. Однако, системы связи используемые в горных выработках требуют модернизации.

Согласно с предписаниями безопасности в угольных шахтах организация горной промышленности обязана быть оборудована средствами связи – проводными телефонными агрегатами. Такими как ТАШ-1319 или ТАШ 1319К. Помимо традиционной телефонной связи в шахтах так же используется радиосвязь. В настоящее время радиосвязь организуют с использованием проводной линии обычной телефонной связи. В этом случае в качестве проводной линии используется специальный кабель.

Для распространения сигнала применяется излучающий радиочастотный кабель[2]. Это тип коаксиального кабеля со специальными отверстиями на внешнем проводнике, которые позволяют радиосигналу свободно выходить и входить в кабель. Эта структура кабеля создает из него антенну и обеспечивает от мобильных радиостанций до базовой станции и наоборот. В научно-технической литературе данный кабель получил название «дырявый кабель».

В дырявом кабеле присутствует прочность и гибкость, что дает возможность класть кабель на поворотах и углах. Легкость ремонта создает возможность производить ремонт на месте обрыва кабеля, поэтому разрывы техникой не ведут к остановкам в работе системы радиосвязи. При необходимости кабель извлекается и может быть повторно использован в новых областях работы, кабель не поддерживает горение.

Основным назначением оснащения телефонной связи является сигнал по кабелю, проведенному возле стены забоя.

Связь радиостанцией поддерживается на расстоянии до 3-5 м от кабеля. В сбор входят рации, работающие на частоте 1024 кГц. Для удаленности связи до 5-7 км вдоль забоя, сквозь 1-1,5 км ставят ретрансляторы, получающие дистанционное питание по тому же кабелю. Связь с абонентами в режиме «слушаю-говорю». Количество раций может изменяться от задачи и количества людей в бригаде. Анализ современной беспроводной связи позволяет выделить основное направление ее развития: переход на цифровую связь и увеличение частоты радиоканала. Использование диапазона частот 1,8-1,9 ГГц позволяет обеспечить высоконадежную связь при меньшем уровне мощности. Основным техническим решением реализации беспроводной связи являются системы с распределенной антенной технологией и точечные антенно-фидерные устройства.

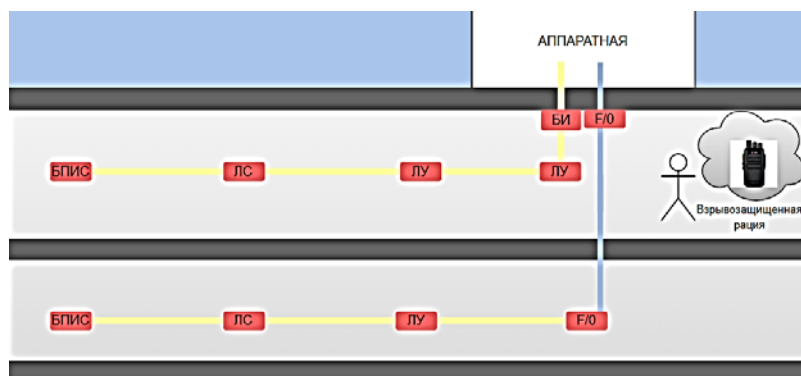


Рисунок 1 – Забой

ЛУ – линейный усилитель, ЛС – линейный считыватель, F/O – радиооптический преобразователь, БПИС – искробезопасный блок питания

К таким системам связи относятся системы стандарта DECT[3]. Этот стандарт цифровой беспроводной связи эффективно использует полосу радиочастот. для приёма/передачи в диапазоне – 1880-1900 МГц.

В качестве топологии применяют топологию «звезда»[4]. Волны в данном диапазоне имеют ограниченную возможность огибать препятствия, что ведет к установке добавочных станций.

Рассмотрены технологии обеспечения беспроводной и проводной связи в шахтах. Анализ показал, что наиболее перспективными и универсальными с точки зрения предоставляемых услуг на сегодняшний день являются стандарты DECT.

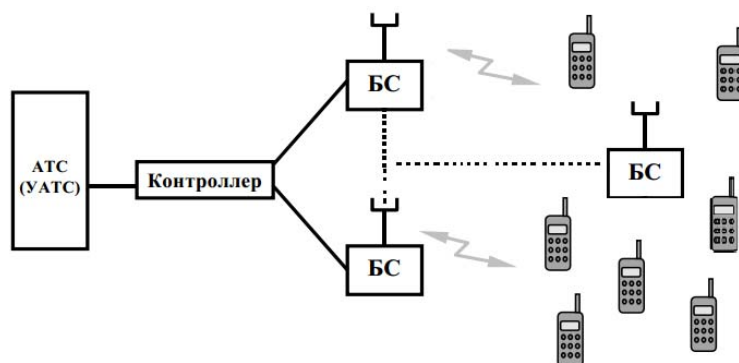


Рисунок 2 – Структура DECT

БС – Базовая станция обеспечивают требуемое радио покрытие; УД – Устройства доступа представляют собой мобильную трубку, для увеличения зоны покрытия применяется ретранслятор

Основной задачей развития систем связи и передачи информации в условиях подземных выработок шахт является применение комбинированных систем связи, а также внедрение современных терминалов реализующих функции адресации и маршрутизации и совершенствование антенно-фидерных устройств с целью увеличения зоны покрытия и дальности связи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Угледобывающее предприятие ОАО «Ургалуголь». [Электронный ресурс] URL: smartptt.com/ru/gornyj-promysel-oao-urgalugol/ (дата обращения: 22.11.2022)
2. Излучающий кабель. [Электронный ресурс] URL: <https://findpatent.ru/patent/226/2265923.html> (дата обращения: 22.11.2022).
3. Стандарт DECT. [Электронный ресурс] URL: <https://www.headset.ru/articles/details.asp?id=13>
4. Запорощенко Д. В. Подземные коммуникации [Электронный ресурс]. URL: [http://www.tek-ua.com/article0\\$t!1\\$pa!32575\\$a!325841.htm](http://www.tek-ua.com/article0$t!1$pa!32575$a!325841.htm) (дата обращения: 19.11.2022).
5. Беспроводная сеть в карьерах и шахтах [Электронный ресурс] // <https://dprom.online/unsolution/besprovodnaya-svyaz-v-karerah-ishahthah/> (дата обращения: 16.11.2022).
6. Давыдов В.В. Анализ информационных требований к общешахтной аппаратуре диспетчерской связи, сигнализации и аварийного оповещения. / В.В.Давыдов // Безопасность труда в промышленности, 2008, №2, – 46 –50 с.
7. Давыдов В.В., Шахтная искробезопасная беспроводная связь. / В.В.Давыдов, В.М. Листвинский // Сборник научных трудов института «Гипроуглеавтоматизация» «Автоматизация управления производственными процессами и безопасностью в угольной промышленности». М., 2001. – 112–120 с.
8. Запорощенко Д.В. Система подземной радиосвязи МСА 1000. Уголь / Д.В.Запорощенко// 2002. №8, – 81–83 с.

Степаненко Александр Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Stepanenko Alexander Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Сериков Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Serikov Alexander Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В СИЛОВОМ МАСЛЯНОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ С НАГРЕВАТЕЛЬНЫМ БЛОКОМ

ANALYSIS OF THE UTILIZATION OF HEAT LOSSES IN THE POWER OIL TRANSFORMER WITH HEATING UNIT

Аннотация. В работе выполнена оценка возможности полезного использования тепловых потерь силового трансформатора. Приведена конструктивная схема масляного трансформатора с нагревательным блоком. Проанализированы основные тепловые потоки от активной части трансформатора. Создана упрощенная тепловая схема замещения. Выполнены расчеты тепловых потоков для силового трансформатора мощностью 1600 кВА. Анализ представленных результатов позволил определить для повышения энергоэффективности дальнейшие направления совершенствования трансформаторного оборудования.

Abstract. The paper assesses the possibility of beneficial use of heat losses of a power transformer. A structural diagram of an oil transformer with a heating block is given. The main heat flows from the active part of the transformer are analyzed. A simplified thermal equivalent scheme has been created. Calculations of heat flows for a power transformer with a capacity of 1600 kVA are performed. The analysis of the presented results made it possible to determine further directions for improving transformer equipment in order to improve energy efficiency.

Ключевые слова: нагревательный блок, энергоэффективность, трансформатор, мощность.

Key words: heating block, energy efficiency, transformer, capacity.

В процессе работы силового масляного трансформатора происходит нагрев активных элементов конструкции (магнитопровод и обмотки) за счет выделяемых в них потерь. Для предотвращения быстрого износа изоляции обмоток выделенное тепло отводится с помощью трансформаторного масла, которое является диэлектриком и охлаждающей средой [1]. Тепловые потоки через радиаторы, стенку и крышку бака бесполезно рассеиваются в окружающем воздухе.

В работе предложен вариант полезного использования тепловых потерь в трансформаторе с помощью нагревательного блока (НБ), состоящего из трех полых кольцевых конструкций 1 (рисунок 1, а), размещенных концентрически относительно силовых обмоток 2 на стержнях магнитопровода 3. От торцевых частей НБ отходят патрубки, которые предназначены для входа и выхода теплоносителя [2]. Протекающий внутри НБ теплоноситель 4 (рисунок 1, б) нагревается за счет потерь трансформатора (пассивный режим нагрева). Далее теплоноситель может быть использован в системах отопления близко расположенных объектов.

Для получения нужных температурных параметров теплоноситель дополнительно нагревается с помощью нагревательного контура 5 (НК), который расположен внутри НБ (рисунок 1, б). Конструкция НК представляет собой разрезанный вдоль цилиндр из немагнитного электропроводного материала. Стороны цилиндра замкнуты между собой с

помощью встречно-параллельно включенных тириستоров, которые позволяют периодически замыкать НК (активный режим нагрева). Это происходит в случае, когда потеря мощности в индукторе недостаточно для нагрева циркулируемой в блоке жидкости.

Для оценки распределения тепловых потоков внутри исследуемого трансформатора составлена тепловая схема замещения (рисунок 2). На схеме обозначены следующие источники тепловой энергии: потери холостого хода и потери короткого замыкания (P) и мощность НК ($P_{НК}$). Рассмотрены два основных тепловых потока: тепловой поток, направленный в сторону окружающей среды (Q_o), и тепловой поток, направленный в сторону теплоносителя (Q_b). Тепловой поток Q_o на своем пути преодолевает тепловое сопротивление между трансформаторным маслом и стенкой бака (R_{mc}) и тепловое сопротивление между стенкой радиатора и окружающей средой (R_{co}). Тепловой поток Q_b преодолевает сопротивления конвективного теплообмена между трансформаторным маслом и наружной поверхностью НБ (R_{bm}) и между внутренней поверхностью НБ и теплоносителем (R_{bv}). В активном режиме работы НК вся выделяемая мощность $P_{НК}$ идет на нагрев теплоносителя, преодолевая тепловое сопротивление конвективного теплообмена между поверхностью НК и теплоносителем (R_{kb}). На схеме обозначены следующие температуры: температура трансформаторного масла (θ_m), стенки бака (θ_c), окружающего воздуха (θ_o), стенки НБ (θ_b); теплоносителя (θ_v), НК (θ_k).

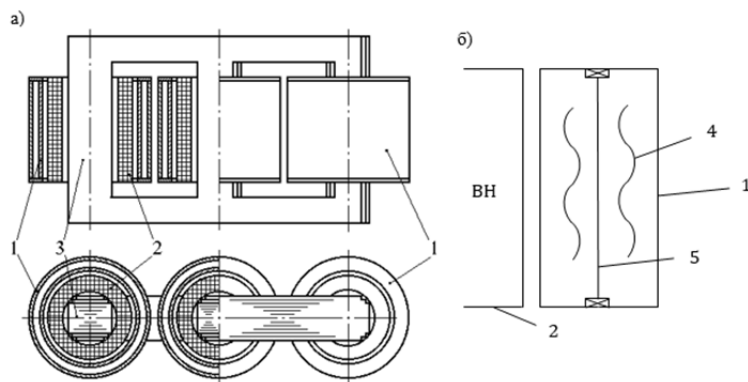


Рисунок 1 – Индуктор трансформатора (а) и нагревательный блок (б)

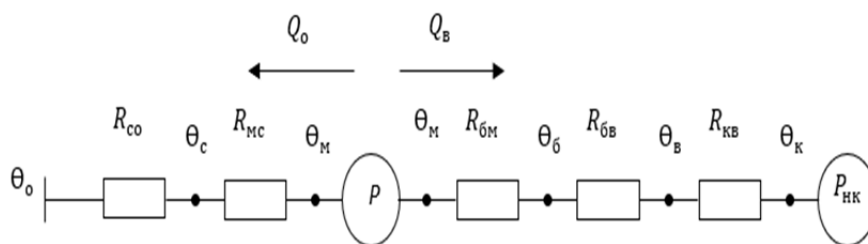


Рисунок 2 – Тепловая схема замещения

При выполнении расчетов определены режимы теплообмена. Для трансформатора типа ТМ теплообмен между наружной поверхностью трансформатора и окружающей средой носит характер естественной конвекции. Для передачи тепла в сторону теплоносителя используются естественная и вынужденная конвекции. Теплообмен между стенкой НБ и трансформаторным маслом происходит путем естественной циркуляции масла внутри бака трансформатора (естественная конвекция). Теплообмен между стенкой НБ и нагреваемым теплоносителем, а также между НК и теплоносителем происходит путем вынужденной конвекции, так как теплоноситель прокачивается через НБ с помощью циркуляционного насоса.

Вышеуказанные режимы учитывались при расчете тепловых сопротивлений схемы замещения с помощью критериальных уравнений Нуссельта [3].

Уравнение Нуссельта для вынужденной конвекции

$$Nu_{\text{вын.к.}} = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot k_{\theta} \cdot \varepsilon_l, \quad (1)$$

где Re –критерий Рейнольдса; Pr – критерий Прандтля при температуре жидкости; Gr – Критерий Грасгофа; k_{θ} –коэффициент, зависящий от числа Re ; ε_l –коэффициент, учитывающий влияние длины канала теплообмена.

Уравнение Нуссельта для естественной конвекции

$$Nu_{\text{ест.к.}} = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n \cdot k_{\theta}, \quad (2)$$

где C, n –коэффициенты, зависящие от числа Re .

Результаты расчетов были использованы для определения коэффициентов теплообмена α

$$\alpha = \frac{\lambda \cdot Nu}{d_{\text{эк}}} \quad (3)$$

где λ –коэффициент теплопроводности теплоносителя; $d_{\text{эк}}$ –эквивалентный гидравлический диаметр, м.

Полученные значения применялись в расчетах тепловых сопротивлений R

$$R = \frac{1}{\alpha \cdot S} \quad (4)$$

где S –площадь поверхности теплообмена для трёх фаз.

В соответствии с тепловой схемой замещения (см. рисунок 2) составлена система линейных уравнений для определения неизвестных температур $\theta_k, \theta_c, \theta_m, \theta_b$. При составлении системы, чтобы получить более удобную форму записи, выполнен переход от тепловых сопротивлений к соответствующим им тепловым проводимостям:

$$\Lambda = \frac{1}{R} \quad (5)$$

Таким образом, система линейных уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} \theta_m \cdot (\Lambda_{\text{бм}} + \Lambda_{\text{мс}}) - \theta_b \cdot \Lambda_{\text{бм}} - \theta_c \cdot \Lambda_{\text{мс}} = P, \\ \theta_b \cdot (\Lambda_{\text{бм}} + \Lambda_{\text{бв}}) - \theta_m \cdot \Lambda_{\text{бм}} = \theta_o \cdot \Lambda_{\text{бв}}, \\ \theta_c \cdot (\Lambda_{\text{со}} + \Lambda_{\text{мс}}) - \theta_m \cdot \Lambda_{\text{мс}} = \theta_o \cdot \Lambda_{\text{со}}, \\ \theta_k \cdot \Lambda_{\text{кв}} - \theta_b \cdot \Lambda_{\text{кв}} = P_{\text{нк}}. \end{cases} \quad (6)$$

Этой системе уравнений соответствует матрица проводимостей для тепловых потоков:

$$\Lambda = \begin{pmatrix} \Lambda_{\text{бм}} + \Lambda_{\text{мс}} & -\Lambda_{\text{бм}} & -\Lambda_{\text{мс}} & 0 \\ -\Lambda_{\text{бм}} & \Lambda_{\text{бм}} + \Lambda_{\text{бв}} & 0 & 0 \\ -\Lambda_{\text{мс}} & 0 & \Lambda_{\text{со}} + \Lambda_{\text{мс}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Lambda_{\text{кв}} \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Вектор правых частей системы (6) имеет вид:

$$P = \begin{pmatrix} P \\ \theta_b \cdot \Lambda_{\text{бв}} \\ \theta_o \cdot \Lambda_{\text{со}} \\ P_{\text{нк}} \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Решение находилось с помощью пакета MathCad и матричного преобразования

$$\theta = \Lambda^{-1} \cdot P, \quad (9)$$

где Λ^{-1} –матрица, обратная матрице проводимостей.

Для проведения исследования был выбран силовой масляный трансформатор мощностью 1600 кВА, с потерями короткого замыкания и холостого хода 18265 Вт и 3402 Вт соответственно. В качестве теплоносителя рассматривалась вода. Учитывалась

мощность НК 40 кВт. Необходимые геометрические размеры поверхностей теплообмена взяты из электромагнитного расчета трансформатора типа ТМ-1600/35 [1]. Температура окружающего воздуха была задана $\Theta_0 = 40$ °С, а средняя температура теплоносителя $\Theta_b = 72,5$ °С. Результатами расчетов стали следующие значения температур: $\Theta_k = 85,2$ °С, $\Theta_c = 70,3$ °С, $\Theta_m = 74,7$ °С, $\Theta_b = 74,4$ °С. Полученные данные обусловлены работой трансформатора с номинальной нагрузкой.

Результаты расчета позволили определить основные тепловые потоки, обусловленные потерями холостого хода и короткого замыкания.

Тепловые потоки Q_0 и Q_b определялись по следующим выражениям:

$$Q_0 = \frac{\Theta_m - \Theta_0}{R_{mc} + R_{co}}, \quad (10)$$

$$Q_b = \frac{\Theta_m - \Theta_b}{R_{bm} + R_{bb}}. \quad (11)$$

Эффективность НБ оценивалась с помощью коэффициента полезного использования потерь силового трансформатора $K_{исп}$, определяемого по следующей формуле:

$$K_{исп} = \frac{Q_b}{Q_b + Q_0}. \quad (12)$$

Результаты расчета показали, что небольшая часть тепловых потерь идет на нагрев теплоносителя (Q_b составила 3,67 кВт), а большая часть рассеивается в окружающую среду с помощью основной системы охлаждения трансформатора (Q_0 составила 16,72 кВт). При этом коэффициент $K_{исп}$ получился равным 0,18, то есть 18 % потерь можно полезно использовать для нагрева теплоносителя.

Исходя из полученных расчетов, можно сделать вывод о недостаточной эффективности полезного использования потерь в классической конструкции силового масляного трансформатора. В качестве мер, направленных на повышение $K_{исп}$, является увеличение тепловых сопротивлений R_{mc} и R_{co} и уменьшение тепловых сопротивлений R_{bm} , R_{bb} . Эффективно уменьшить R_{bb} можно за счет интенсификации теплообмена между нагревательным блоком и нагреваемым теплоносителем за счет увеличения поверхности теплообмена и за счет повышения скорости протекания теплоносителя в НБ. Это направление требует совершенствования конструкции активной части силового трансформатора и выбора эффективного активного режима работы НК. Увеличение теплового сопротивления R_{co} возможно за счет уменьшения конвективной поверхности теплообмена радиаторов. Это направление требует модернизации системы охлаждения силового трансформатора в направлении возможности изменения поверхности и (или) интенсивности теплообмена с окружающей средой. Такой путь совершенствования трансформаторного оборудования требует дополнительного анализа его теплового режима.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов: учебное пособие для вузов // Москва: Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.
2. Сериков А.В., Кузьмин В.М. Электронагревательные элементы и устройства трансформаторного типа для систем теплоснабжения: моногр. // Владивосток: Дальнаука. 2012. – 247 с.
3. Сипайлов Г.А., Санников Д.И., Жадан В.А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах // Москва: Высш. шк., 1989. – 239 с.

Столяров Андрей Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Stolyarov Andrey Alexandrovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Столярова Светлана Владимировна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Stolyarova Svetlana Vladimirovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Низий Максим Викторович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Niziy Maxim Viktorovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Скрипилев Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Skripilev Alexandr Alexandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor Department of "Electromechanics", Komsomolsk-na-Amure State University

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЧАСТКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

THE POWER SUPPLY SYSTEM OF THE SITE OF THE MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

Аннотация. В работе проведен анализ структуры системы электроснабжения участка машиностроительного предприятия. Приведены общие характеристики типовых элементов. Рассмотрены планировочная и электрическая схемы. Составлена номенклатура основного и дополнительного энергетического оборудования. Обоснованы и определены пути повышения эффективности, как отдельных элементов, так и системы электроснабжения в целом.

Abstract. The paper analyzes the structure of the power supply system of the site of a machine-building enterprise. The general characteristics of typical elements are given. The planning and electrical schemes are considered. The nomenclature of the main and additional power equipment has been compiled. The ways of increasing the efficiency of both individual elements and the power supply system as a whole are substantiated and determined.

Ключевые слова: источники, потребители электроэнергии, система электроснабжения.

Key words: sources, consumers of electricity, power supply system.

Введение

Разработка системы электроснабжения любого машиностроительного предприятия требует знания основных физических режимов электропотребления, методов расчета электрических нагрузок отдельных элементов и систем электроснабжения в целом, выбора и расстановки компенсирующих и регулирующих устройств. На этой основе становится возможным расчет интегральных характеристик, показателей качества электроэнергии и уровня надежности электроснабжения. В настоящее время в электроэнергетике для ведения производственной эксплуатации и поддержания технического состояния оборудования в соответствии с требованиями нормативно-технической документации (Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электрических станций и сетей) применяют систему планово-предупредительных ремонтов (ППР). Основным технико-экономическим критерием системы ППР служит минимум простоев оборудования на основе жесткой регламентации ремонтных циклов. В соответствии с этим критерием периодичность и объем работ по техническому обслу-

живанию и ремонту определяются заранее установленными для всех видов оборудования типовыми нормативами. Такой подход предупреждает прогрессирующий износ оборудования и уменьшает внезапность выхода его из строя.

Первоначальным этапом при этом является построение структурной схемы предприятия или его участков, на основе которой составляется расчетная схема замещения, а затем выбор параметров оборудования системы электроснабжения и параметров регулирующих и компенсирующих устройств.

Основная часть. Структурная схема электротехнического комплекса приведена на рисунке 1. На нем изображен весь комплекс для преобразования электрической энергии в механическую, который является механизмом из связанных с определенными задачами блоками, позволяющие предоставить заданные характеристики.

Без электрической энергии, которая производится, передается и доставляется потребителю по специальным коммуникациям, называемыми электрическими системами или сетями, сегодня не функционирует ни одно предприятие.

Энергетическая сеть в свою очередь образована совокупностью источников и потребителей, связанных общностью режима непрерывного процесса преобразования электрической энергии отдельными элементами, соединенными между собой.

Знание параметров режима работы предприятия – это основа выбора характеристик приемников электрической энергии.

Реализация любой системы электроснабжения начинается с проведения комплекса работ по проектированию, привязки к местности и составления топологической карты производственного участка.

В качестве примера на рисунке 1 показана схема расположения элементов системы электроснабжения, включая источники, приемники и коммутационно-защитное оборудование.

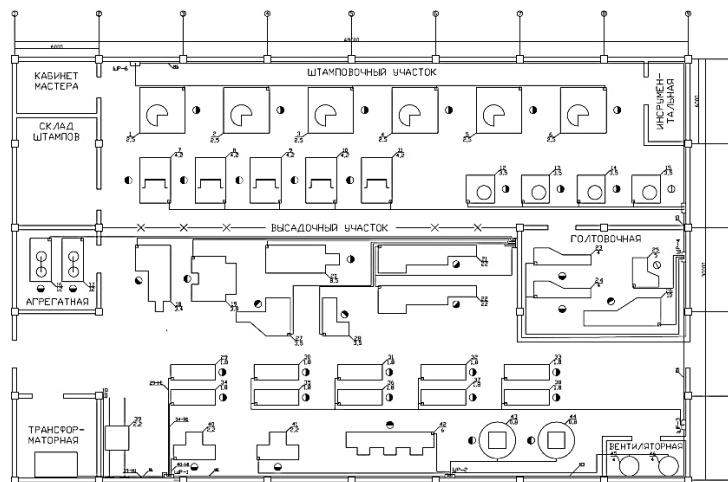


Рисунок 1 –Топологическая схема электроэнергетической системы участка

Электрическая схема предназначена для эффективной организации работы предприятия. Она выполняется с учетом всех возможных режимов работы - нормально-го, когда отклонение от номинального значения параметров не превышает длительно допустимых; возможной кратковременной перегрузки - параметры существенно отличаются от номинальных, но они или ниже критических значений, или время действия их мало; аварийных – определяющих структуру и характеристики аппаратуры защиты и автоматики; возможность работы в послеаварийный период.

Пример части схемы показан на рисунке 2. К основному оборудованию относятся источники (трансформаторная, агрегатная), шинопроводы для приема и распределения электроэнергии потребителям (штаповочный, головочный, высадочный, универсальный участки), коммутационные аппараты выключатели, электроустановки соб-

ственных нужд (вентиляторы, насосы, аварийное электрическое освещение и т.д.); оборудование для измерения, сигнализации, защиты и автоматики.

Для приема и распределения электрической энергии на одном напряжении в схеме используются закрытые распределительные устройства – электроустановки, содержащие коммутационные аппараты и соединяющие их сборные шины, устройства управления и защиты. Распределительные устройства сооружаются на всех напряжениях любых подстанций и делятся на открытые (ОРУ) и (ЗРУ).

Линии электропередачи реализованы кабельными линиями. Линия состоит из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами. Кабельные линии размещают в специально предназначенных для них туннелях, каналах, короба, блоках и др.

Для повышения системной эффективности целесообразно переход на электропитание, при котором источник приближен к электроустановкам потребителей. Это не только позволяет уменьшить число ступеней трансформации, но и обеспечивает снижение потерь. Точная классификация электрических сетей современных систем электроснабжения отсутствует, но они разнообразны и сложны. Промышленные распределительные сети крупных предприятий с глубоким вводом требуют приближения центра нагрузки. Наиболее предпочтительно напряжение 10 кВ.

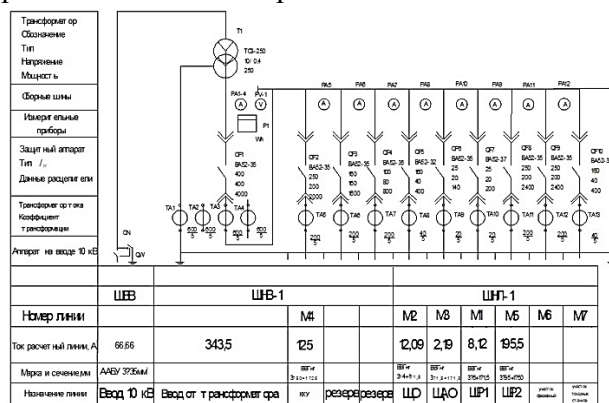


Рисунок 2 – Фрагмент схемы электроснабжения участка

Заключение

В статье приведена схема системы электроснабжения участка машиностроительного предприятия. Проведен анализ основных структурных элементов и их технических характеристик. Полученные результаты позволяют обеспечить качественное диагностирование и контроль технического состояния, оценку и прогнозирование эксплуатационной надежности, оптимизацию сроков проведения работ, определение оптимального объема, выбор стратегии планирования и управления процессом эксплуатации и ремонта электрооборудования с учетом технического состояния.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов С.Н., Скрипилев А.А. Надежность электроснабжения: учеб. пособие. М., Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 164 с.
2. Правила устройства электроустановок ПУЭ-7.РФ. – URL: <https://pue-7.ru>. (дата обращения: 06.10.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Ким К.К., Иванов С.Н., Колесник М.Б. Моделирование устойчивости электромеханического преобразователя при осевых нагрузках // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2022. Т. 65. № 2. С. 45-50.
4. Гаркуш С.К., Иванов, С.Н. Повышение надежности энергетического оборудования // Материалы Международной 17-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности; Комсомольск-на-Амуре, 5 июня 2019 г. - Комсомольск-на-Амуре: ФГОУ ВО «КНАГУ», 2019.- С. 100 – 102.

5. Гузанов С.С., Иванов С.Н. Мониторинг и техническое диагностирование силовых элементов подстанций // Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях. Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Комсомольск-на-Амуре, 2022. С. 117-118.

УДК 621.3

Суханова Алина Николаевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhanova Alina Nikolaevna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Киба Дмитрий Анатольевич, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kiba Dmitry Anatolyevich, Associate Professor Departments “Industrial Electronics”, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОДНОФАЗНОГО УПРАВЛЯЕМОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ В ПРОГРАММАХ MATLAB И SIMINTECH

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF SIMULATION MODEL OF SINGLE-PHASE BRIDGE CONTROLLED RECTIFIER IN MATLAB AND SIMINTECH PROGRAMS

Аннотация. В данной статье представлена разработка имитационной модели однофазного мостового управляемого выпрямителя при работе на активно-индуктивную нагрузку для исследования внешней, регулировочной и энергетических характеристик с целью создания виртуальной лабораторной установки в пакетах MatLab и SimInTech.

Abstract. This article presents the development of a simulation model of a single-phase bridge controlled rectifier when operating on an active-inductive load for the study of external, regulatory and energy characteristics in order to create a virtual laboratory installation in the MatLab and SimInTech package.

Ключевые слова: моделирование, виртуальная модель, система управления, графики, выпрямитель.

Key words: simulation, virtual model, control system, graphics, rectifier.

Лабораторные работы по силовой электронике, как правило проводятся на физических макетах (лабораторных стендах). Их полезность и необходимость не подлежат сомнению. Однако реальные лабораторные стенды имеют ряд ограничений. Прежде всего, они недостаточно универсальны, количество их в лаборатории ограничено, работа на них небезопасна как для самого студента, так и для стенда.

В последнее время все большее распространение получило дистанционное образование. При такой форме обучения студенты практически не имеют возможности для работы на реальных лабораторных стендах. Расширить возможности студентов при изучении устройств силовой электроники при дистанционной форме обучения поможет виртуальный лабораторный практикум, реализованный, например, средствами MatLab или SimInTech.

Целью работы является разработка имитационной модели однофазного мостового управляемого выпрямителя при работе на активно-индуктивную нагрузку и исследование внешней, регулировочной и энергетических характеристик с целью создания виртуальной лабораторной установки в пакетах MatLab и SimInTech.

Имитационная (виртуальная) модель лабораторной установки показана на рисунке 1. Она реализована на блоках специализированной библиотеки SimPowerSystems.

Имитационная (виртуальная) модель системы управления мостовым управляемым выпрямителем показана на рисунке 2, которая реализована на блоках основной библиотеки Simulink.

Примеры графиков напряжения источника питания, тока во вторичной обмотке трансформатора, напряжения и тока в нагрузке при угле управления $\alpha=60$ град. представлены на рисунок 3-6.

Модель лабораторной установки в программе SimInTech показана на рисунок 7. Параметры источника питания, трансформатора, нагрузки и обратного диода задаются также, как и в программе MatLab, в соответствующих вкладках. Параметры моделирования и шаг задаются в специальных полях.

Примеры графиков напряжения источника питания, тока во вторичной обмотке трансформатора, напряжения и тока в нагрузке при угле управления $\alpha=60$ град. представлены на рисунок 8-11.

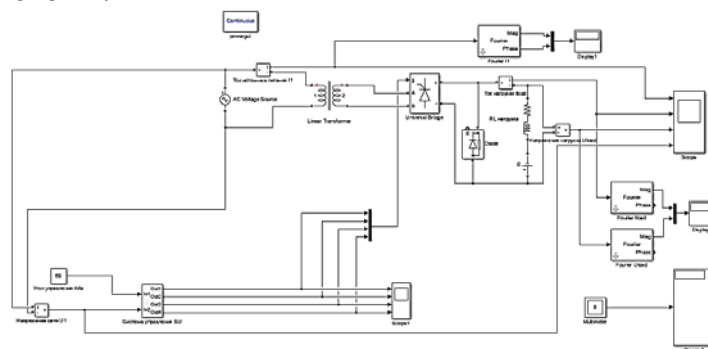


Рисунок 1 – Имитационная (виртуальная) лабораторная установка в программе Matlab

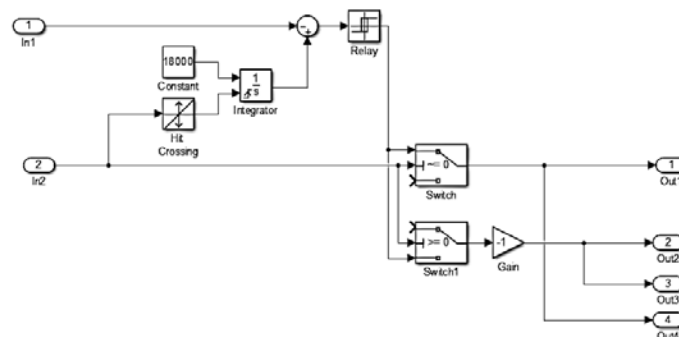


Рисунок 2 – Имитационная модель системы управления

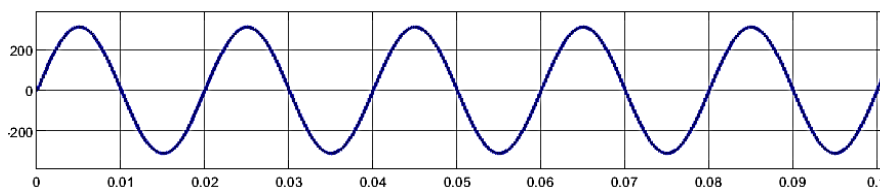


Рисунок 3 – График напряжения источника питания

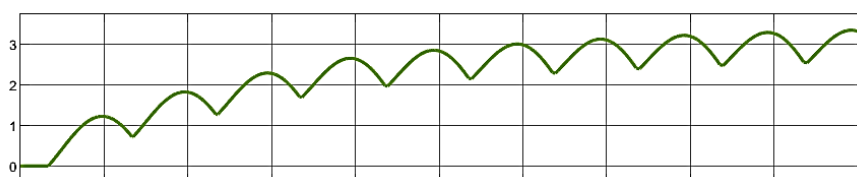


Рисунок 4 – График тока в нагрузке

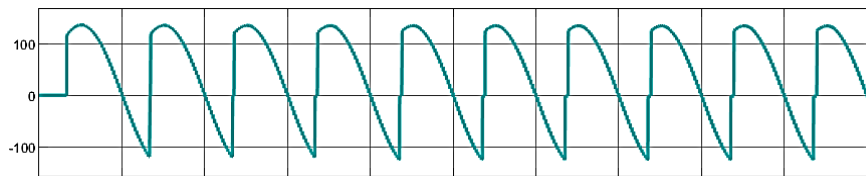


Рисунок 5 – График напряжения в нагрузке

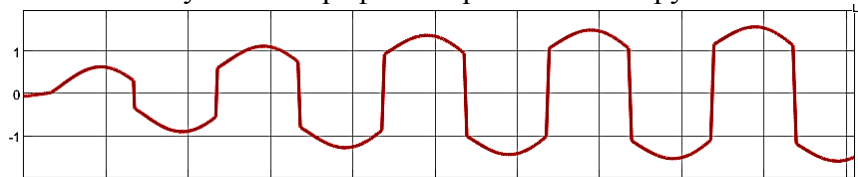


Рисунок 6 - Графики тока во вторичной обмотке трансформатора

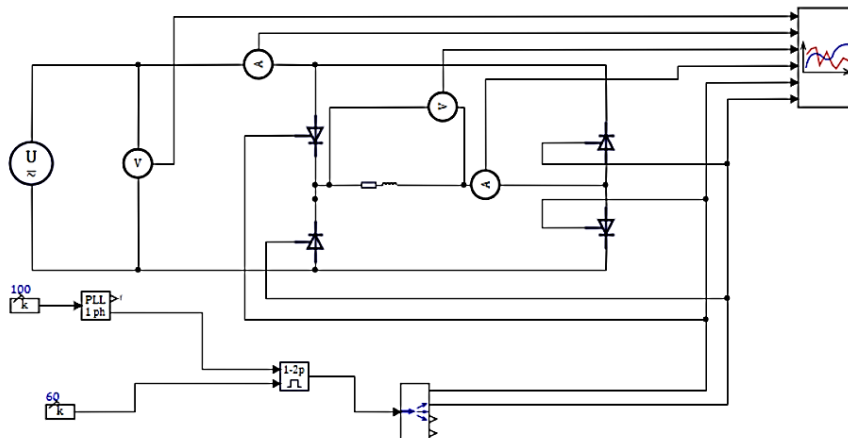


Рисунок 7 – Имитационная (виртуальная) лабораторная установка в программе SimInTech

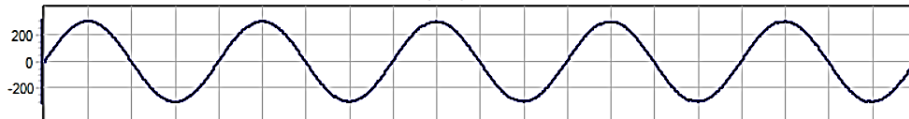


Рисунок 8 – График напряжения источника питания

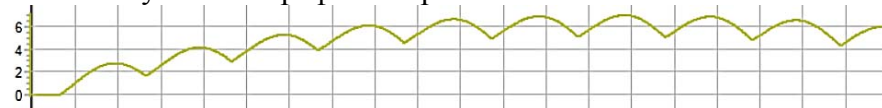


Рисунок 9 – График тока в нагрузке

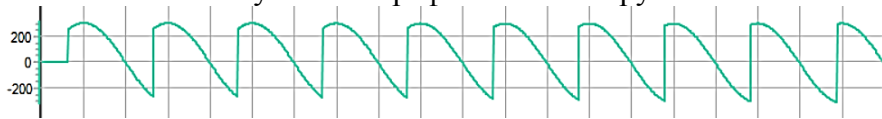


Рисунок 10 – График напряжения в нагрузке



Рисунок 11 - Графики тока во вторичной обмотке трансформатора

В ходе работы была разработана виртуальная модель управляемого однофазного мостового выпрямителя при работе на активно-индуктивную нагрузку для исследования внешней, регулировочной и энергетических характеристик пакетах MatLab и SimInTech. Сравнение результатов моделирования управляемого однофазного выпрямителя в этих программах обнаруживает высокую степень их сходства и позволяет сделать вывод о возможности и целесообразности применения отечественного программного продукта SimInTech от компании ООО "ЗВ Сервис" для создания виртуальных учебных лабораторий по дисциплинам «Преобразовательная техника», «Силовая электроника» и подобным.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Герман-Галкин, С.Г. Силовая электроника: лабораторные работы на ПК / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.: Учитель и ученик, КОРОНА - принт, 2002.-304 с.
2. Гельман, М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. – Челябинск: Издательский центр ЮУзГУ, 2009. – 425 с.
3. Карташов, Б. А. Практикум по моделированию систем автоматического регулирования: учебное пособие / Б.А. Карташов, Е.А. Шабаев, О.С. Козлов, А.М. Щекатуров. – 424 с.

УДК 658.26

Сырбу Игорь Владимирович, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Syrbu Igor Vladimirovich, master's student of Komsomolsk-na-Amure State University

Иванов Денис Владимирович, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ivanov Denis Vladimirovich, master's student of Komsomolsk-na-Amure State University

Ким Константин Константинович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электротехника и теплоэнергетика», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Kim Konstantin Konstantinovich - Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Department "Electrical engineering and thermal power engineering", Sankt-Petersburg State Transport University Emperor Alexander I

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE POWERSUPPLY SYSTEM OF THE OILREFINERY

Аннотация. Данная работа посвящена проблемам эффективности электроснабжения нефтеперерабатывающих предприятий при проектировании. Выявлена проблема отсутствия части информации классификации отказов силовых трансформаторов. Проанализированы статистические данные отказов трансформаторов. Предложено решение для получения дополнительной информации.

Abstract. This work is devoted to the problems of the efficiency of power supply of oil refineries in the design. The problem of the absence of part of the information on the classification of power transformer failures has been identified. Statistical data of transformer failures are analyzed. Suggested solution for more information.

Ключевые слова: силовой трансформатор, частичные разряды, акустический датчик.

Key words: power transformer, partial discharges, acoustic sensor.

При проектировании нефтеперерабатывающих предприятий за основу берется типовая схему электроснабжения, представленная на рисунке 1, по которой электроснабжение производится от двух независимых источников питания, так как согласно правил устройства электроустановок [1] предприятия нефтегазовой отрасли относятся к первой категории электроприемников. Одним из основных элементов такой схемы являются силовые трансформаторы.

Силовые трансформаторы – это статистические электромагнитные устройства служащие преобразователями переменного тока с одним напряжением, в переменный ток с другим по величине напряжением. При передачи электрической энергии от электростанции до конечного потребителя требуется ее многократное трансформирование. Поэтому количество силовых трансформаторов в системах электроснабжения достаточно велико. Таким образом, при выходе из строя трансформаторов может произойти перерыв электроснабжения, что приведет к фатальным последствиям несчастным случаям, выходу из строя дорогостоящего оборудования, экологическим катастрофам.

Из доступной в открытом доступе статистики отказов трансформаторов следует, что в эксплуатации 21,6 % отказов произошло из-за дефектов конструкций, 17,5 % связано со старением изоляции, здесь учитывается время эксплуатации от 3 и более 25 лет. Здесь также имеется своя статистика отказов (так в период до 3 лет выходили из строя около 4 %, от 3 до 12 лет самое большое количество отказов – 37 %, на втором месте период эксплуатации более 25 лет 33 % доля отказов в этой группе имеет тенденцию к увеличению, поскольку это связано со старением всего парка установленных трансформаторов. На третьем месте отказы от 12 до 25 лет, что составляет 26 %, 8.1% это посторонние воздействия, так же 19.2 % случаев отказы могут быть из-за неправильной транспортировки, хранения или ошибок монтажа, а в 15.1 % случаев причины отказов причины не были установлены или из-за незначительного объема разрушений или из-за отсутствия достоверных данных. Картину распределения отказов по узлам и по причинам, искажает отсутствие части информации.

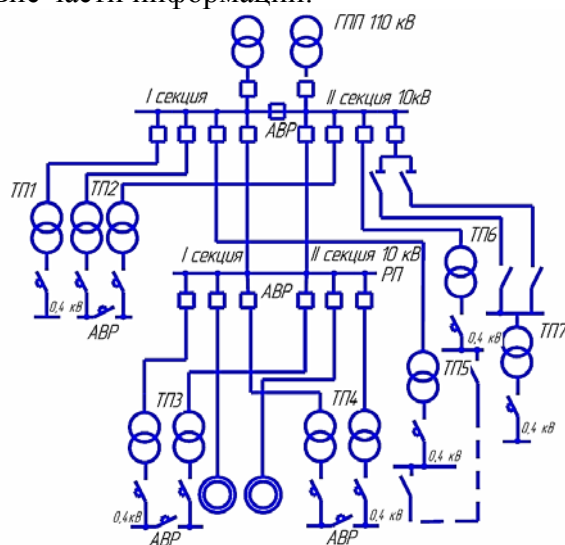


Рисунок 1- Типовая схема нефтеперерабатывающих предприятий.

Из-за большого количества разновидностей дефектов, возникающих в трансформаторе, требуются различные способы контроля их состояния. В настоящее время существует достаточно обширное разнообразие методов, способов защиты и контроля силового оборудования. При рассмотрении силовых трансформаторов, в случае непрерывного контроля, используются такие методы как:

- газохроматографический анализ содержания газов в масле;
- температурный контроль обмотки;
- измерение частичных разрядов.

Так же стоит иметь ввиду периодический контроль, который состоит в анализе проб масла и газа. Периодичность определяется внутренними нормативными документами. Для повышения энергоэффективности силовых трансформаторов и уменьшения отказов трансформатора по причине недостаточности информации о состоянии дефектов изоляции целесообразно включить в конструкцию силового масляного трансформатора акустический датчик измерения частичных разрядов. Повышение эффективности системы электроснабжения обеспечивается своевременным выводом трансформатора и

включением резерва, т.е. без нарушения технологического процесса. На рисунках 2 и 3 представлены примеры выбора точек для установки акустического преобразователя (датчика) на баке трансформатора.

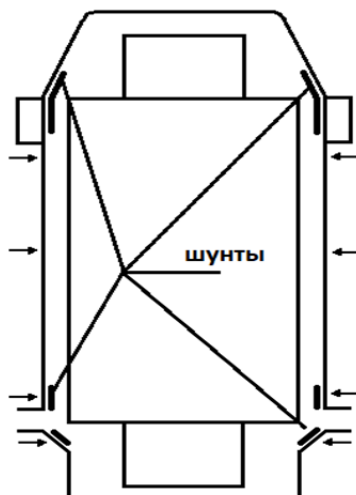


Рисунок 2 - Выбор точек монтажа для акустического преобразователя (датчика) на баке трансформатора вид сбоку.

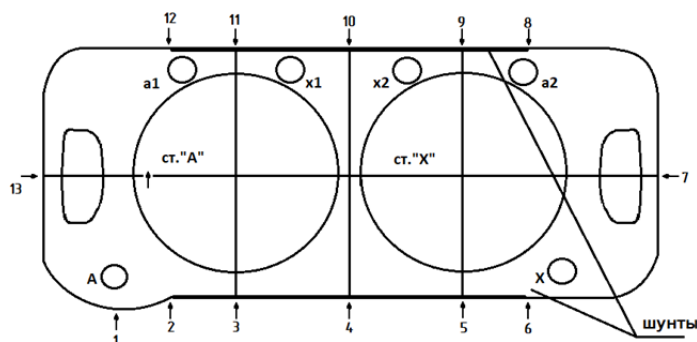


Рисунок 3 - Выбор точек для монтажа акустического преобразователя (датчика) на баке трансформатора вид сверху

Тестирование частичных разрядов акустическим методом имеет множество явных преимуществ. Это метод неразрушающий, и позволяет находить не только местоположение источников разряда, но и делать это без вывода оборудования в ремонт или резерв, оставляя его в рабочем режиме.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок ПУЭ-7.РФ. – URL: <https://pue-7.ru>. (дата обращения: 06.10.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Ким К.К., Иванов С.Н., Колесник М.Б. Моделирование устойчивости электромеханического преобразователя при осевых нагрузках // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2022. Т. 65. № 2. С. 45-50.
3. Гаркуш С.К., Иванов, С.Н. Повышение надежности энергетического оборудования // Материалы Международной 17-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности; Комсомольск-на-Амуре, 5 июня 2019 г. - Комсомольск-на-Амуре: ФГОУ ВО «КнАГУ», 2019.- С.100 – 102.
4. Гузанов С.С., Иванов С.Н. Мониторинг и техническое диагностирование силовых элементов подстанций // Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях. Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Комсомольск-на-Амуре, 2022. С. 117-118.

Тимохин Петр Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

Timokhin Petr Alexandrovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University.

Копытов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

Kopytov Sergey Mikhailovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В СРЕДЕ LABVIEW

USE OF COMMON MEASUREMENT MODULES BASED ON INTEGRAL SENSORS TO AUTOMATE A PHYSICAL EXPERIMENT IN LABVIEW ENVIRONMENT

Аннотация. В работе предложено решение по использованию распространенных интегральных датчиков и преобразователей, имеющих последовательные интерфейсы I2C и SPI, для автоматизации измерений и физического эксперимента в среде LabVIEW на базе компьютера. В ряде случаев информации по работе с такими устройствами напрямую на уровне регистров недостаточно. Однако, используя связку «контроллер Arduino – датчик» и готовые библиотеки, можно выполнять измерения на уровне контроллера, а затем с помощью драйверов NI-VISA вводить результаты в символьной форме в программу на LabVIEW и преобразовывать ее в числовой формат для использования.

Abstract. The paper proposes a solution for the use of common integrated sensors and converters with serial I2C and SPI interfaces to automate measurements and physical experiments in the LabVIEW environment based on a computer. In some cases, information on working with such devices directly at the register level is not enough. However, using the Arduino controller-sensor interface and ready-made libraries, you can perform measurements at the controller level, and then use the NI-VISA drivers to enter the results in symbolic form into a LabVIEW program and convert it to a numeric format for use.

Ключевые слова: датчик, I2C, модуль INA219, Arduino, компьютер, VISA, LabVIEW.

Key words: sensor, I2C, INA219 module, Arduino, computer, VISA, LabVIEW.

К настоящему времени благодаря развитию микроэлектроники разработано множество специализированных микроэлектронных устройств, выполняющих роль датчиков и преобразователей сигналов различной физической природы [1]. Такие изделия, как правило, имеют цифровой последовательный интерфейс для сопряжения с микроконтроллерным устройством. Чаще всего используется двухпроводный интерфейс I2C, реже – трехпроводный SPI. Преимуществами данных компонентов является функциональность, низкая цена и доступность, что влияет на их предпочтительный выбор в малобюджетных и студенческих разработках.

Особенностью данных датчиков и преобразователей является использование внутренних регистров для установки режима работы, настройки, задания разрядности и других параметров. Разумеется, в даташитах производителя все используемые регистры и режимы перечислены. Но если раньше при выпуске новой микросхемы или датчика производитель приводил несколько примеров их применения, то в настоящее время такая информация зачастую отсутствует, что делает самостоятельное проектирование на низком уровне нетривиальной задачей.

Однако привлекательность широкого использования новых элементов достигается наличием готовых библиотек для распространенных микроконтроллерных платформ таких как ARDUINO, Raspberri Pi и некоторых других. Поэтому актуальна задача воспользоваться распространенными измерительными модулями и адаптированными к ним платформами для автоматизации физического эксперимента на основе профессиональной среды графического программирования LabVIEW [2].

Обычно при использовании датчика или преобразователя сигнала с контроллером ARDUINO устройство тестируют с помощью последовательной передачи данных в компьютер через виртуальный COM порт [3]. В среде ARDUINO IDE запускают «Монитор порта» и наблюдают поток приходящих данных. Данные передаются в виде строк в кодировке ASCII. Предлагаемое решение заключается в применении механизма VISA для приема потока данных в программу LabVIEW.

В качестве примера рассмотрим использование модуля измерения тока и напряжения на микросхеме INA219 (рисунок 1,а) [4]. Принципиальная схема экспериментального стенда приведена на рисунке 1,б.

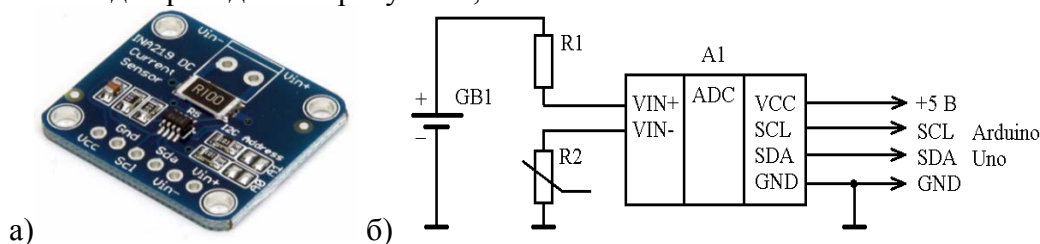


Рисунок 1 – Модуль с датчиком тока и напряжения INA219 (а) и принципиальная электрическая схема стенда на основе данного модуля (б)

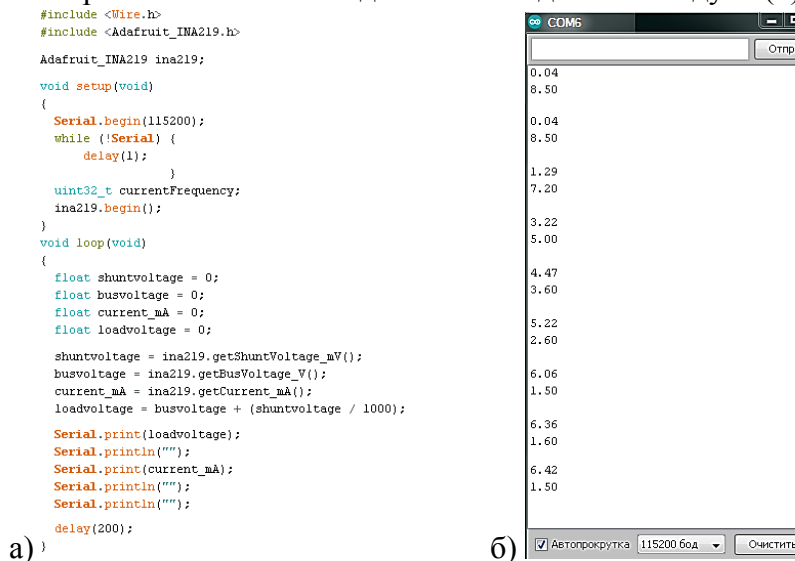


Рисунок 2 – Тестовая программа контроллера ARDUINO Uno (а) и пример выводимых значений в «Монитор порта» (б)

В качестве датчика использован резистивный датчик R2, включенный в схему делителя напряжения R1-R2. Модуль A1 измеряет падение напряжения на R2 и ток в цепи резистивного делителя. Делитель питается от аккумуляторной батареи GB1с ЭДС 7,4 В. Модуль A1 подключается к контроллеру ARDUINO Uno, питается от него и связан с ним по интерфейсу I2C.

Тестовая программа контроллера, выполненная в среде ARDUINO IDE, приведена на рисунке 2,а. Программа выполняет измерение тока через резистивный датчик и напряжения на нем. Полученные значения выводятся в последовательный порт в текстовом виде. Пример измеренных значений, принятых с помощью инструмента «Монитор порта» среды ARDUINO IDE, приведен на рисунке 2,б.

Программная поддержка последовательного интерфейса в среде LabVIEW осуществляется с помощью драйверов NI-VISA (Virtual Instrument Software Architecture). Блок-диаграмма программы для компьютера с использованием функций VISA приведена на рисунке 3. Сначала конфигурируется последовательный порт: задается адрес виртуального COM порта и скорость передачи. Затем в цикле «While Loop» осуществляется чтение приходящих данных, их преобразование и вывод на индикацию. Данные приходят группами по три строки. В первой – значение напряжения, во-второй – значение тока, третья – пустая. Поэтому использован внутренний цикл «For Loop» на три итерации для накопления этих трех строк в массиве в авто индексированном туннеле. Функция «Index Array» выделяет из массива отдельные строки, а функции «Scan From String» текст в ASCII кодах преобразуют в числовые действительные значения. Для учета как целой, так и дробной части принимаемого значения на вход терминала «format string» функции «Scan From String» подан набор управляющих символов «%.;%f».

На рисунке 4 представлена лицевая панель программы для компьютера. В выпадающем списке «VISA resource name» нужно выбрать адрес виртуального COM порта, к которому подключен контроллер. В строковых индикаторах «Напряжение в ASCII кодах, В» и «Ток в ASCII кодах, мА» выводятся принимаемые символы. В числовых индикаторах «Значение напряжения, В» и «Значение тока, мА» выводятся сами значения как действительные числа. Интересно заметить, что в качестве разделителя целой и дробной части программа контроллера использует символ точки, а в числовом значении LabVIEW в качестве разделителя выступает запятая.

Вывод значений напряжения и тока происходит в числовые индикаторы, а также строятся их временные диаграммы.

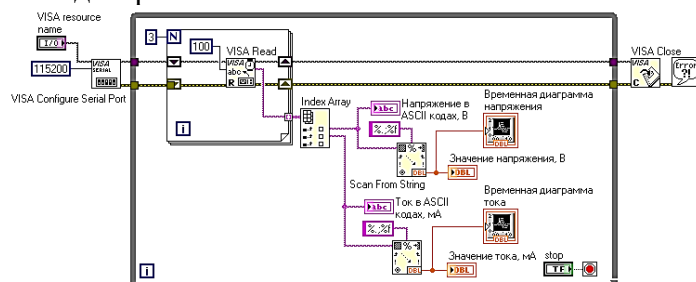


Рисунок 3 – Блок-диаграмма программы компьютера

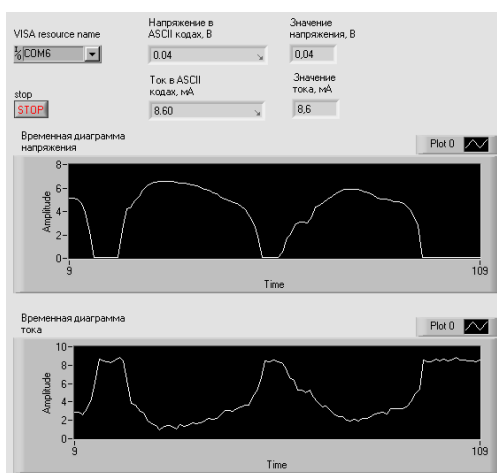


Рисунок 4 – Лицевая панель программы компьютера

Таким образом, разработанный тепловизор выполняет свои функции и может использоваться в экспериментальных исследованиях, например, для контроля тепловыделения создаваемых электронных устройств.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Карвинен Т., Карвинен К., Валтокари В. Делаем сенсоры: проекты сенсорных устройств на базе Arduino и Raspberry Pi.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д.Вильямс», 2015. – 432 с.
2. Морякова О.А. Сравнение решений оптико-электронной системы на основе Arduino Uno и на USB-6009 в программе LabVIEW // Политехнический молодежный журнал. – 2017. – № 12(17). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2017-12-213> (дата обращения: 20.11.2022).
3. Пономаренко В.И., Караваев А.С. Использование платформы Arduino в измерениях и физическом эксперименте // Изв. вузов «ПНД». – 2014. – № 4(22). – С. 77-90.
4. INA219 – Датчик тока и напряжения (вольтамперметр) с протоколом связи I²C [Электронный ресурс]. – URL: <https://micro-pi.ru/ina219-i2c-%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80-%D0%B0%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80/> (дата обращения: 20.11.2022).

УДК 621.389

Троеглазов Егор Герасимович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Troeglazov Egor Gerasimovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Недоедко Александр Олегович, магистр, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Nedodko Alexander Olegovich, master of Komsomolsk-na-Amure State University

Любушкина Надежда Николаевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liubushkina Nadezhda Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ МАТРИЧНОГО ИНДИКАТОРА

PECULIARITIES OF DEVELOPING A DYNAMIC INFORMATION DISPLAY SYSTEM BASED ON A MATRIX INDICATOR

Аннотация. Данная работа посвящена особенностям динамической системы отображения информации, а также возможностям, способам и преимуществам её применения с использованием матричного индикатора. Этот тип индикаторов является одним из самых распространенных, простых, дешевых и надежных индикаторов, используемых в мире.

Abstract. This work is devoted to the specifics of the dynamic information display system, as well as the possibilities, methods and advantages of its application with the use of a matrix indicator. This type of indicator is one of the most common, simple, cheap and reliable indicators that are used in the world.

Ключевые слова: индикатор, светодиод, дисплей, отображение информации, матричный индикатор.

Key words: indicator, LED, display, information presentation, matrix indicator.

Введение

Как всем хорошо известно, большую часть поступающей информации человек получает через зрительный канал (около 80 %). В связи с этим наибольшее распростра-

нение получили визуальные устройства, используемые для передачи информации человеку - индикаторы. Электронные индикаторы представляют собой наиболее эффективный класс электронных устройств, предназначенных для преобразования электрических сигналов в видимые изображения, создаваемые комбинацией одного или нескольких элементов индикатора.

Возможности отображения информации на матричных индикаторах

Одним из самых распространенных способов отображения информации является матричный индикатор (рисунок 1). Матричный индикатор - это тип знаково-синтезирующего индикатора, в котором отображаемые элементы сгруппированы по строкам и столбцам. Индикатор матричного типа предназначен для вывода информации в виде символов, специальных знаков и графических изображений в разнообразных устройствах. К примеру, индикатор размером 5x7 точек, дает возможность вывести все символы латинского и русского алфавитов во вполне узнаваемой форме. Более того, на нем можно изобразить как прописные, так и строчные буквы. Они бывают различных размеров и нескольких цветов. При этом цвет пикселей зависит от применяемой технологии при изготовлении самого индикатора. Существуют как монохромные (одноцветные), так и многоцветные индикаторы. Для получения многоцветного матричного индикатора в каждом отдельном пикселе размещаются от двух и более разноцветных светодиодов. Выходы фаз (столбцов) таких матриц подключаются к анодам сразу всех светодиодов в столбце (рисунок 2), а код подается по отдельности на строки первого, второго, третьего и так далее цветов. Если индикатор имеет светодиоды трех основных цветов, то такой индикатор называется полноцветным. Такие индикаторы используются для создания полноцветных графических дисплеев.

Большая часть матричных индикаторов сделана с расчетом на то, чтобы их можно было устанавливать рядом друг с другом для формирования сплошного графического пространства. Недостатком при присоединении нескольких разрядных индикаторов является то, что расстояние по швам между элементами различается с расстоянием между элементами в рамках одного индикатора. Также сложность заключается в правильной организации контроля за работой множества светодиодов: только один индикатор размером 5x7 содержит 35 из них. Существуют два распространенных способа управления - статический и динамический. При статическом управлении к соответствующему элементу подается постоянное напряжение - индикатор горит непрерывно, отсутствует какой бы то ни был перебор элементов отображения. Данное способ имеет как достоинства - очень высокую яркость системы отображения, так и серьезные недостатки - очень высокое энергопотребление. Динамический способ имеет свои преимущества - система управления имеет гораздо меньше линий управления, по сравнению со статикой снижается энергопотребление, однако, за счет периодичности включения соответствующих элементов отображения, объединенных в группы, снижается яркость всей системы.

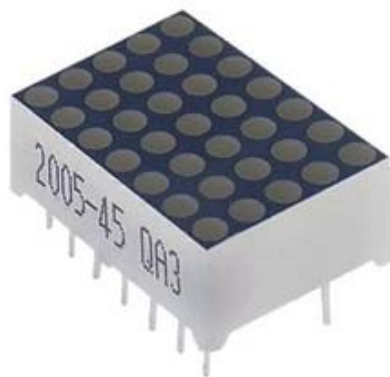


Рисунок 1 - Матричный индикатор

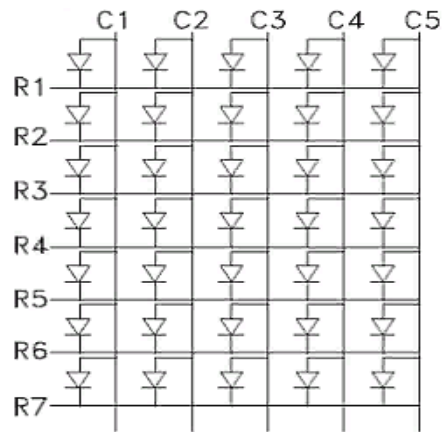


Рисунок 2 – Схема подключения

Применение динамической системы отображения с использованием матричных индикаторов

Для простоты схемы управления и уменьшения количества контактов индикатора применяется динамическое управление. Динамический подход заключается в поочередном включении разных групп отображающих элементов с частотой, которая превышает время реакции человеческого глаза. И хотя на индикаторе с таким методом управления изображение неполное в каждый момент времени, человеческий глаз его объединяет и видит картинку целиком.

Возьмем, к примеру, светодиодный матричный индикатор монохромного типа с 5 x 7 пикселями. Для осуществления динамического метода управления светодиодами в строках объединены катодами, а в столбцах - анодами. Для того чтобы сформировать полноценное изображение, нужно в каждом столбце (фазе) последовательно установить нужный скан-код. Таким образом, если индикатор имеет пять столбцов по семь пикселей на столбец, то для пяти фаз необходимо установить код из семи строк (битов) (рисунок 3). Причем полный цикл формирования изображения на индикаторе должен укладываться в 20 мс (50 Гц) или меньше, для того чтобы изображение на дисплее было стабильным, и смена строк изображения была незаметна.

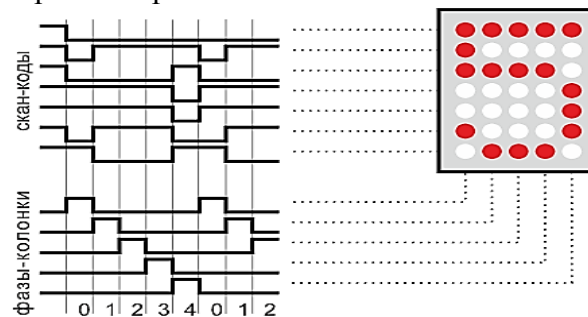


Рисунок 3 - Цикл формирования изображения

Заключение

В системах динамического отображения, в то время как в индикаторе светодиоды уже загораются с определенным рабочим циклом, управление яркостью совмещается с процессом обновления (сканирования) дисплея, и поэтому частота включения увеличивается в значительной степени. Чтобы ограничить ток через светодиоды, код подают или через резисторы, ограничивающие ток, или через специальные драйверы, которые стабилизируют выходной ток. Таким образом, для поддержания среднего тока через светодиод, следовательно, и требуемой яркости, выходной ток драйвера должен быть умножен на рабочий цикл. Поэтому чтобы управлять рассмотренным выше индикатором с 256 уровнями регулировки яркости, частота сканирования увеличивается в 256 раз.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Матричный индикатор - [Электронный ресурс]. URL: https://led-displays.ru/led_case_77.html (дата обращения: 19.11.2022)
2. Управление матричным индикатором - [Электронный ресурс]. URL: <http://radio-stv.ru/arduino-i-matrichnyie-indikatoryi.html> (дата обращения: 19.11.2022)
3. Динамическая система индикации - [Электронный ресурс]. URL: <https://diodov.net/dinamicheskaya-indikatsiya-programmirovaniye-mikrokontrollerov-avr/> (дата обращения: 19.11.2022)

УДК 620.91

Тураков Игорь Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Turakov Igor Andreevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University
Янченко Андрей Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Yanchenko Andrey Vyacheslavovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Electromechanics", Komsomolsk-na-Amure State University

ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬСТВА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

ASSESSMENT OF THE CONSTRUCTION OF SOLAR POWER PLANTS IN THE FAR EAST

Аннотация. Данная статья направлена на постановление оценки строительства солнечных электростанций на Дальнем Востоке. В статье рассматриваются устройство и принцип действия солнечных электростанций, а также говорится об их преимуществах. Далее анализируются лучшие районы для их размещения и строительства на территориях, зависящих от уровня солнечной инсоляции.

Abstract. This article is aimed at determining the assessment of the construction of solar power stations in the Far East. The article discusses the design and principle of operation of solar power plants, and also talks about their advantages. In addition, the best areas for their placement and construction are analyzed in areas that depend on the level of solar insolation.

Ключевые слова: строительство, солнечная электростанция, инсоляция, территория, преимущества.

Key words: construction, solar power plant, insolation, territory, advantage.

Солнечная энергия передается в форме радиации и света. Эта энергия в значительной мере управляет климатом и погодой, но её можно использовать благодаря разработанным системам солнечных станций – это солнечная электростанция, в которой применяют метод преобразования солнечного излучения в электроэнергию, принцип действия которой описан чуть ниже.

Выработка солнечной энергии – это один из способов экономии электроэнергии, а также универсальное решение, благодаря которому можно не только получать дополнительные её единицы, но и неплохо заработать на этом. Солнечные панели состоят из ячеек кристаллического кремния, и их количество зависит от номинальной мощности солнечной панели. Рассмотрим принцип работы, а также элементарную схему: СЭС состоит из: источника электроэнергии, солнечных панелей и сетевого солнечного инвертора, благодаря которому энергия сразу преобразуется в переменное напряжение промышленной частоты в существующую сеть 220/380 В.

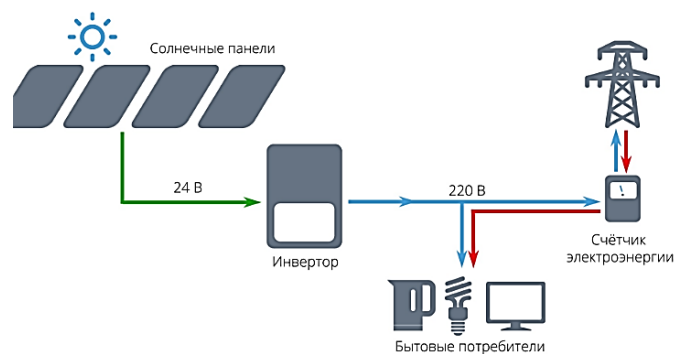


Рисунок 1 - Схема солнечных электростанций

В схеме присутствует система управления, которая использует приводные двигатели. Питание электродвигателя осуществляется за счет самой электростанции. Для вращения панелей вслед за перемещением солнца. Наклон панелей относительно солнца так же осуществляется с помощью сервоприводов.

Управление всей системой осуществляют датчики слежения, которые реагируют на интенсивность солнечного излучения. Необходимы они для превращения энергии солнца в электроэнергию постоянного тока. Инвертор, в свою очередь, для изменения постоянного тока в переменный и последующей ее передачи во внутреннюю сеть потребителей. Вся преобразованная от солнечных панелей энергия идет в общую сеть потребителей электроснабжения после узла учета для снижения потребления от электросети. Энергия от солнечных панелей идет на питание оборудования в доме и используется выборочно, в случае если выработка от панелей превышает потребление – то появляются излишки электроэнергии (можно установить определенные отключающие функции или опцию "запрета" у инвертора), поступают в общую сеть. Существенным плюсом установки является отсутствие в ней аккумуляторных батарей, самого ненадежного звена. Система работает полностью в автоматическом режиме. С данной схемой должно быть понятно, но теперь давайте рассмотрим, как дела обстоят с развитиями таких инноваций на Дальнем Востоке. После рассмотрим места наилучшего строительства СЭС и разные данные и коэффициенты. Рассмотрим уровень солнечной инсоляции- то есть простыми словами это облучение поверхностей солнечным светом.

Как видно из рисунка 2 наилучшие регионы для строительства СЭС — это Приморский край и Республика Саха (Якутия). Каковы же основные факторы, влияющие на количество солнечного света, падающего на территорию России? Их существует три: это объём территории, на которой будут размещены СЭС, ее метеорологические особенности, и время года, влияющие на нее: хочется отметить, что низкие температуры на производительность СЭС не влияют. В России есть фактор, который исходит из выгоды строительства СЭС на той или иной территории, а точнее с наличием территории, где подключение частных домов и других объектов к централизованным электросетям технически невозможно или чрезмерно дорого. Такие изолированные территории хорошо распространены в северо-восточной части страны - Сибири и Дальнем Востоке, делая выводы из уровня солнечной инсоляции, и условий перечисленных выше, именно территории Якутия на сегодняшний день является регионом с наибольшим числом СЭС на территории России.

По исследовательским данным самым солнечным регионом России является Приморский край, где уровень солнечной инсоляции, составляет около 1,7 тыс. кВт/ч на квадратный метр в год, или 4,5 кВт/ч на квадратный метр в день. Но из-за меньшей территории, чем в Якутии могут возникнуть сложности строительства СЭС, так же сильно на строительство влияет фактор выгоды. Проекты строительства СЭС широко сосредоточены так же и в Якутии: В 2014 году Республика Саха (Якутия) стала первым российским регионом, где был принят Закон «О возобновляемых источниках энергии». Данный закон позволяет увеличить количество нетрадиционных источников

энергии, что в свою очередь сильно окажет влияние, как на экономику, так и на прибыль частных лиц и компаний.

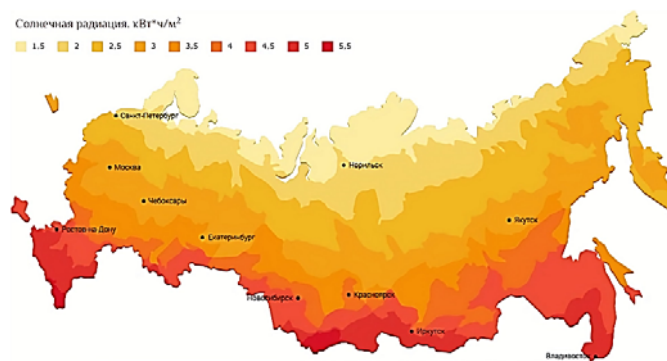


Рисунок 2 - Уровень солнечной инсоляции

Простыми словами, этим законом могут пользоваться обычные люди, то есть они могут сами приобретать СЭС и ставить на своих участках.

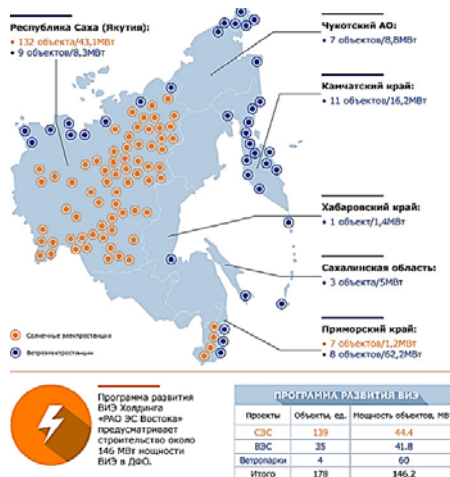


Рисунок 3 - Места строительства СЭС

В заключение хочется рассказать о главных преимуществах строительства солнечных электростанций. Во-первых - солнечная энергия – это неограниченный источник, то есть неисчерпаемый. Так же это экологически чистая энергия, которая не будет загрязнять окружающую среду. Во-вторых - СЭС полностью автономная система. Исходя из собственного бюджета, можно самому ее построить и зарабатывать на выработке солнечной энергии по средствам заключения договора с энергокомпанией, и продавать излишки энергии (то есть вырабатывать энергию и отдавать ее обратно в сеть). Солнечные электростанции, которые могут быть построены на Дальнем Востоке, непременно помогут жителям в плане экономии электроэнергии, хоть в данное время они еще недостаточно изучены и не пользуются сильной популярностью.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Асеев, А. Л. Солнечная энергетика: состояние и перспективы развития / А. Л. Асеев // Солнечная энергетика. - 2005. - № 2. - С. 10-15.
2. Семенов Н.Н., Шилов А.Е. Преобразование солнечной энергии./Под. ред. Н.Н.Семенова и А.Е.Шилова. - М Наука, 1985
3. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008.

Файзибаев Шерзод Собирович, докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» Ташкентский государственный транспортный университет
Fayzibaev Sherzod Sobirovich, Doctor Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Wagons and wagon facilities" Tashkent State Transport University

Хисматулин Марат Ильдусович, аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Ташкентский государственный транспортный университет
Khismatulin Marat Ildusovich, PhD candidate, Department "Wagons and wagon facilities" Tashkent State Transport University

ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ HEAT GENERATING ELECTROMECHANICAL CONVERTER

Аннотация. В статье рассмотрен электротехнический комплекс на основе теплогенерирующего электромеханического преобразователя. Предложена эффективная многопараметрическая система управления. Проведен структурный анализ реализации прямого управления моментом преобразователя. Обоснован выбор основных элементов системы управления и интерфейсных протоколов.

Abstract. The article considers an electrical complex based on a heat-generating electromechanical converter. An effective multi-parameter control system is proposed. A structural analysis of the implementation of direct torque control of the converter is carried out. The choice of the main elements of the control system and interface protocols is justified.

Ключевые слова: теплогенерирующий электромеханический преобразователь, система управления, интерфейс.

Key words: heat generating electromechanical converter, control system, interface.

Введение.

Анализ современных систем управления мультифизическими процессами показывает, что для создания эффективного электротехнического комплекса (ТГК) на основе теплогенерирующего электромеханического преобразователя (ТЭМП) и требуемого качества системы управления может быть реализовано прямое (direct) управление (control) моментом (torque) (DTC), которое обеспечивает даже в отсутствие датчика скорости/ энкодера показатели энергосбережения, быстродействия, робастности.

ТГК с системой управления, построенной с использованием амплитудно-частотных преобразователей с приведенным алгоритмом DTC, работает при покоординатном регулировании двухмерных скользящих режимов работы за счет введения глубокой отрицательной обратной связи. Математически подход снижает на порядок уравнения движения в скользящем режиме. При этом обеспечивает невосприимчивость к внешним возмущениям, неточности и неполноте информации как о переходных мультифизических процессах и характерных постоянных времени, так и передаточных звеньев через коэффициенты усиления. Прерывное управление в скользящих режимах, используемое для синтеза идентификаторов и параметров состояния, обеспечивает основные достоинства: быстродействие, точность, инвариантность к вариациям возмущений и параметров объекта.

Синтез системы управления с применением подходов, учитывающих разнотемповость и нелинейность процессов ТЭМП, недетерминированный характер процессов в силовом модуле, позволяет упростить алгоритм синтеза, так как не требует организации сигналов, демпфирующих внутренние перекрестные инверсные связи. Возможность инвариантности по отношению к параметрическим и внешним воздействиям существенно упрощает идентификацию постоянных времени динамических элементов и точности углового положения базового вектора потокосцепления $\Psi_{вэ}$, при этом одно-

временно обеспечивается синхронность управления частотно-управляемого ТЭМП и широтно-импульсной модуляции автономного инвертора.

Основная часть.

На рисунке 1. показана блок-схема реализации принципа прямого управления моментом в координатах вектора потокосцепления вращающегося элемента ТЭМП $\Psi_{ВЭ}$.

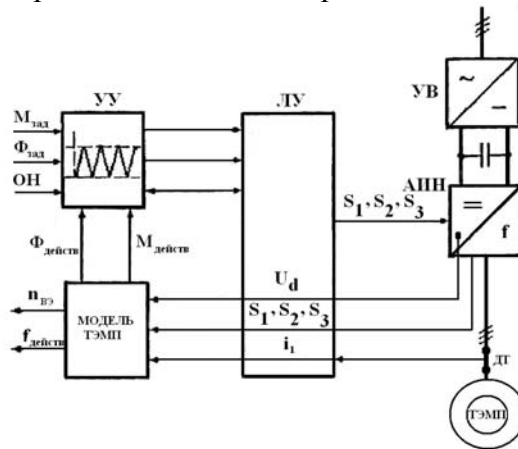


Рисунок 1 – Блок-схема прямого управления моментом ТЭМП

На рисунке использованы следующие обозначения: УУ- устройство прямого управления моментом; ЛУ - логическое устройство, обеспечивающее оптимальный алгоритм переключений; АИН – автономный инвертор напряжения; УВ - управляемый выпрямитель; ДТ - датчики тока статора; $M_{зад}$, $\Phi_{зад}$ - задаваемые значения момента и потока; $n_{действ}$, $f_{действ}$, $M_{действ}$, $\Phi_{действ}$ - действительные величины скорости вращения, частоты питающего напряжения, момента и потока; U_d - напряжение на входе автономного инвертора; S_1, S_2, S_3 - параметры состояния коммутирующих элементов инвертора; ОН - пороговый ограничитель гистерезиса.

Устройство управления моментов реализуется на основе быстродействующих контроллеров DSP и осуществляет регулирование момента M и потокосцепления статора теплогенерирующего преобразователя в скользящем режиме вектора Ψ_1 по действительным и задаваемым величинам $M_{зад}$, $\Phi_{зад}$, $M_{действ}$, $\Phi_{действ}$, $n_{действ}$, $f_{действ}$. Принятая модель ТЭМП генерирует сигналы регулируемых по обратным связям воздействий и обеспечивает определение вычисляемых по напряжению цепи постоянного тока, параметрам состояния S_1, S_2, S_3 коммутирующих элементов АИН и токам двух фаз статора параметров потока статора и момента. Одновременно формируются и передаются величины частоты выходного тока автономного инвертора и скорости вращающегося элемента. Логическое устройство, реализующее субоптимальный алгоритм, по значениям вектора выходного напряжения инвертора с учетом предельных отклонений потока статора и момента, детерминированными границами петли гистерезиса, коммутирует ключи автономного инвертора в структуре преобразователя. Широтно-импульсная модуляция, совмещенная с системой управления моментом, осуществляется в функции заданных переменных электромагнитного состояния ТЭМП.

Функциональная схема системы прямого управления моментом ТЭМП, приведена на рисунок 2 [1]. На схеме приняты следующие обозначения: $\omega_{зад}$, $M_{зад}$, $|\Psi_1|_{зад}$ - задаваемые значения соответственно скорости, момента и модуля потокосцепления статора; ЗИ - задатчик интенсивности, ограничивающий ускорение ВЭ с целью уменьшения нагрузок на АИН; Φ - апериодический фильтр первого порядка, для устранения избыточного перерегулирования на выходе ЗИ; РС, РМ, РП - регуляторы скорости, момента, потокосцепления; ИП - адаптивный идентификатор потокосцеплений статора и ВЭ; ИС, ИМ, ИН - идентификаторы скорости, момента, напряжения; СВН - селектор вектора напряжения; ПТ - преобразователь координат тока; ДС - датчик скорости; Δ_M , Δ_Ψ , Δ_{Ψ_1} , Δ_{Ψ_2} - сигналы вычисления ошибки момента и потокосцеплений.

вечающим за настройку, редактирование и восстановление параметров привода, программным обеспечением DriveWindow Light 2 для тех же операций настройки, редактирования и копирования параметров привода, но с внешнего компьютера.

Система управления по-существу, это специализированный микроконтроллер или цифровая одно- или многопроцессорная микросхема.

Для систем управления низкой сложности с простой аппаратной и программной реализацией используются однопроцессорные системы, они требуют наличия качественных встроенных периферийных модулей и портов ввода/вывода к микроконтроллеру, высокого быстродействия и большого объема памяти.

Двухпроцессорная микросхема - основа большинства применяемых преобразователей. Их преимущества по сравнению с однопроцессорной очевидны:

- снижение требований процессорам по быстродействию и объему памяти;
- упрощение разработки программного обеспечения каждого из контроллеров;
- возможность применения единого интерфейса для связи центрального контроллера и пульта управления и системы автоматизации верхнего уровня.

Заключение.

Анализ приведенных технических характеристик показывает, что использование ПЧ для частотно-регулируемого теплогенерирующего комплекса позволяет не только разработать экономичный и эффективный способ управления ТЭМП, но и обеспечить возможность исследования влияния динамических электромагнитных, тепловых, гидравлических параметров на его эксплуатационные характеристики.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Амосов О.С., Голоколос Д.А., Иванов С.Н., Со Хтайк. Особенности проектирования электромеханических преобразователей для систем комплексной безопасности // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2017. Т. 60. № 5 (197). С.5-11.
2. Ким К.К., Иванов С.Н. К вопросу определения механической характеристики теплового электромеханического преобразователя // Электротехника. 2009. № 8. С. 47-54.
3. Ким К.К., Иванов С.Н. Моделирование комбинированного электропривода // Известия вузов. Электромеханика. 2019. № 3. С. 44-50.

УДК 617-7

Филимонов Вячеслав Евгеньевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Filimonov Vyacheslav Evgenievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Любушкина Надежда Николаевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liubushkina Nadezhda Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ НИТРАТОВ

AUTOMATED NITRATE LEVEL MEASUREMENT SYSTEM

Аннотация. Данная работа посвящена разработке автоматизированной системы измерения уровня нитратов. Система реализуется в виде портативного устройства. Разработанное устройство предназначено для оценки количественного содержания нитратов в овощах и фруктах. Уровень нитратов определяется методом электропроводимости между двумя электродами.

Abstract. This work is devoted to the development of an automated system for measuring the level of nitrates. The system is implemented as a portable device. The developed device is designed to assess the quantitative content of nitrates in vegetables and fruits. The level of nitrates is determined by the method of electrical conductivity between two electrodes.

Ключевые слова: нитраты, опасность, человеческая безопасность, измерительный электронный прибор.

Key words: nitrates, danger, human safety, electronic measuring device.

Нитраты присутствуют абсолютно во всех фруктах и овощах и часто входят в состав мяса и воды. Их присутствие вполне естественно, но только в умеренных количествах. Нитраты добавляют во многие химические удобрения, потому что их свойства заключаются в повышении урожайности растений. Естественно, чем больше нитратов добавлено в почву, тем выше урожай. В связи с этим многие недобросовестные фермеры злоупотребляют нитратами, поэтому употреблять в пищу овощи и фрукты, выращенные ими, опасно для здоровья.

Нитратометр – специализированный измерительный электронный прибор, способный определять уровень насыщения жидкости или пищи нитратами, вредными для человека.

Нитраты – это соли азотной кислоты, они извлекаются растениями из почвы, перенасыщенной удобрениями. Нитраты сами по себе безвредны, но в организме человека они перерабатываются в вещества, которые ядовиты, они блокируют дыхание клеток. Человек получает нитраты естественным путем: из овощей более 60 %, из питьевой воды около 20 %, из мяса примерно 10 %, остальное - из фруктов, молока и молочных продуктов. Овощи и зелень, выращенные в парниках, как правило, содержат больше нитратов, поскольку всегда присутствует превышение нормы азотных удобрений, вносимых в почву [1].

Постоянно повышенный уровень нитратов в организме приводит к развитию различных заболеваний, в том числе таких опасных, как болезнь Альцгеймера, диабет и даже рак кишечника, что может привести к отравлению или летальному исходу. Нитратометр позволяет быстро определить уровень соли азотной кислоты в продукте. Для взрослых стандартом является использование 3,7 мг нитратов на один килограмм массы тела. Путем точного измерения содержания нитратов в пищевых продуктах, которые едим, можно определить, вызывает ли это неблагоприятное воздействие на здоровье. Корнеплоды, которые растут под землей, имеют более высокие концентрации нитрат-ионов, чем яблоки и груши, которые не касаются почвы напрямую (таблица 1).

Таблица 1 – Уровень накопления нитратов в овощах

Содержание нитратов	Виды овощных культур
Низкое (10 – 150 мг/кг)	Овощи, выращиваемые над землей: горох, томаты, сладкий перец; овощи, слабо накапливающие нитраты: чеснок, картофель, репчатый лук, поздняя морковь
Среднее (150 – 700 мг/кг)	Овощи, выращиваемые над землей: огурцы, поздняя белокочанная капуста, кабачок, патиссоны, лук-батун, цветная капуста (осень); овощи, средне накапливающие нитраты: лук-порей, щавель, зеленый лук в открытом грунте, ранняя морковь, петрушка,
Высокое (700 – 1500 мг/кг)	Овощи, накапливающие нитраты: ранняя цветная капуста, белокочанная капуста, капуста брокколи, брюква, кольраби, репа, ревень, столовая свекла, корневой сельдерей, хрен, редис и редька в открытом грунте, зеленый лук в защищенном грунте
Максимальное (1500 – 4000 мг/кг)	Овощи, сильно накапливающие нитраты: салат, савойская и пекинская капуста, шпинат, укроп; редис в защищенном грунте, листья столовой свеклы, петрушка, сельдерей, помидоры и огурцы в защищенном грунте

Принцип работы устройства заключается в измерении электропроводности. Дело в том, что растворенные в соке металлы и соли участвуют в передаче электричества во фруктах и овощах. Сухие ткани и дистиллированная вода не проводят электричество. Нитрат-ионы NO_3 и NO_2 также вносят свой вклад в электропроводность, поэтому, чем их больше, тем выше это число. Прибор измеряет электропроводность и в результате расчета выдает концентрацию нитратов в мг/кг (рисунок 1).

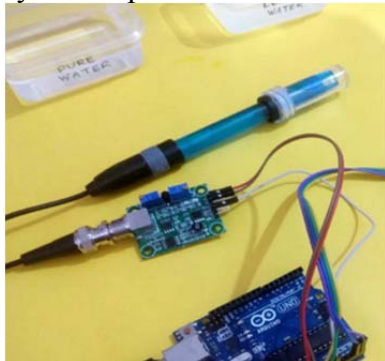


Рисунок 1 – Датчик pH

Естественно, такой принцип измерения далек от идеала. Определенные ошибки возникают из-за того, что многие соли, не связанные с нитратами, способствуют передаче электричества. Чтобы компенсировать это, все нитратометры предлагают программные настройки для разных типов продуктов. Запрограммированное среднее значение электропроводности без содержания нитратов каждого фрукта и овоща. В результате при измерении образца относительно эталона прибор вычисляет отклонение от эталона и считает избыточную электропроводность нитратом [2].

Шкала pH используется для измерения кислотности и валентности жидкостей. Диапазон 1 pH соответствует самой кислой жидкости, а 14 pH – самой щелочной жидкости. Значение 7 pH соответствует нейтральным веществам, которые не являются ни кислыми, ни щелочными. Параметр pH можно использовать, в том числе, и для определения качества воды в бассейне, при очистке сточных вод, в промышленности, при мониторинге окружающей среды и т.д.

Аналоговые датчики pH измеряют значения pH и осуществляют индикацию кислотности или щелочности вещества по цвету (рисунок 2).

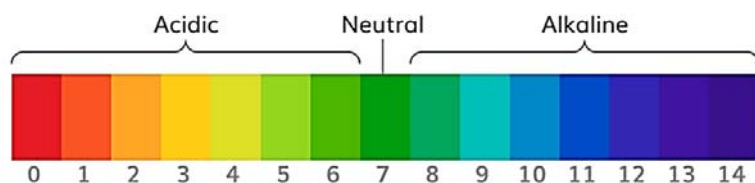


Рисунок 2 - Диапазон кислотности вещества

Система измерения уровня нитратов разработана на основе платы Arduino и гравитационного датчика pH. Значение pH будет показано на экране жидкокристаллического дисплея. Для повышения точности измерений система имеет функцию калибровки датчика pH [3].

Автоматизированная система измерения pH метра на основе платы Arduino представлена на рисунке 3.

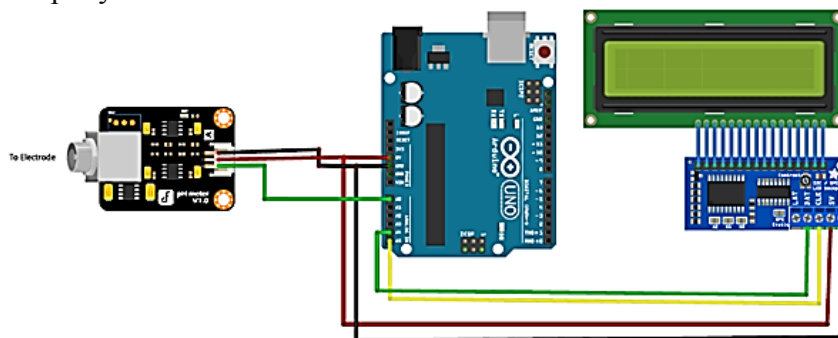


Рисунок 3 – Автоматизированная система измерения

Датчик имеет встроенную микросхему регулятора напряжения, которая поддерживает широкий диапазон напряжений питания (от 3,3 до 5,5 В постоянного тока). Выходной сигнал фильтруется аппаратным фильтром.

Таким образом, в рамках данной работы был разработан прибор для измерения уровня нитратов в продуктах питания. Прибор данного типа будет иметь малые габариты, достаточную функциональность.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Нитратометр - [Электронный ресурс]. URL: <https://geostart.ru/post/64783> (дата обращения: 23.11.2022)
2. Определение уровня нитратов - [Электронный ресурс]. URL: <https://infourok.ru/proekt-opredelenie-urovnya-nitratov-v-produktah-s-pomoshyu-ekotestera-soeks-6298317.html> (дата обращения: 24.11.2022)
3. Индикатор нитратов - [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=801646#text> (дата обращения: 23.11.2022)

УДК 621.314

Цыкунова Анна Андреевна студент, ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Tsykunova Anna Andreevna student, Komsomolsk-na-Amure State University

Сериков Александр Владимирович ,доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электромеханика»; ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Serikov Alexander Vladimirovich –Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of the Department of Electromechanics; Komsomolsk-na-Amure State University

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE TRANSFORMER COOLING SYSTEM

Аннотация. В данной работе поднимается проблема повышения энергоэффективности систем охлаждения силовых трансформаторов. Проводится анализ возможных видов систем охлаждения трансформаторов. А также рассматриваются потери, которые возникают в процессе работы трансформаторов. Исследуются схемы отбора тепла нагрева трансформаторов для систем теплоснабжения.

Abstract. This paper raises the problem of increasing the energy efficiency of power transformer cooling systems. The analysis of possible types of transformer cooling systems is carried out. It also considers the losses that occur during the operation of transformers. Schemes of heat extraction for heating transformers for heat supply systems are being investigated.

Ключевые слова: трансформаторы, системы охлаждения, потери электроэнергии.

Key words: transformers, cooling systems, power losses.

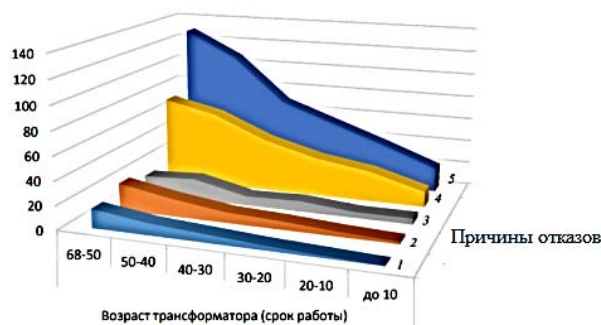
Повышение мощности силового трансформаторного оборудования требует увеличения их размеров. Габаритные размеры трансформаторов имеют ограничения, связанные с перевозкой железнодорожным, автомобильным, воздушным или другим транспортом. Одним из путей ограничения габаритных размеров при больших мощностях является повышение интенсивности теплообмена с окружающей средой (совер-

шенствование системы охлаждения). Усложнение систем охлаждения современных силовых трансформаторов позволяет активно влиять на теплообмен с окружающей средой путем выбора режимов работы встроенных в воздушный теплообменник вентиляторов, либо выбора режима теплообмена путем принудительной циркуляции жидкого диэлектрика внутри рабочего бака и в радиаторах масляных трансформаторов с помощью циркуляционных насосов [1].

Статистика отказов трансформаторного оборудования (рисунок 1) показывает, что одной из причин появления повреждений трансформаторов является перегрев силовых обмоток из-за недостаточного теплоотвода штатной системой охлаждения в жаркое время года. При увеличении нагрузки трансформатора сверх номинального значения появляются локальные области, в которых температура слоев масла, контактирующая с проводниками силовых обмоток, превышает допустимые значения, что приводит к интенсивному выделению газов и, впоследствии, к срабатыванию газового реле и аварийному отключению трансформатора. Превышение температуры изоляции сверх допустимого значения приводит к резкому увеличению скорости старения изоляции и к значительному уменьшению ресурса работы трансформатора. Кроме этого, частое отключение трансформатора при кратковременных перегрузках путем срабатывания газового реле приводит к неоправданному уменьшению надежности системы электрооборудования. Таким образом, совершенствование системы охлаждения силовых трансформаторов является весьма актуальной проблемой.

В трансформаторах большой мощности тепловые потери могут достигать сотни киловатт. Эти потери можно использовать для нужд теплоснабжения объектов энергетики [2-4]. Реализация этого направления энергосбережения требует технико-экономического обоснования и зависит от таких факторов, как мощность подстанции, дальность расположения от трансформатора отапливаемых помещений, наличие источников централизованного теплоснабжения, стоимость коммуникаций, а также реальные условия производства и передачи электроэнергии в регионе

На рисунке 2 представлена схема утилизации тепловых потерь трансформатора с использованием водомасляного теплообменника, который включает в себя непосредственно теплообменник «масло–вода», масляный циркуляционный насос, соединительные трубопроводы и систему управления. Вода, нагретая в теплообменнике, подается потребителю по теплоизолированным трубопроводам. При низких температурах наружного воздуха (от +5 °С до –10 °С) теплообменник позволяет получить температуру на выходе в пределах 45...55 °С, при этом температура в помещении составит 16...22 °С. При любых авариях в системе теплообменника срабатывает автоматическая защита трансформатора. Для обеспечения заданной температуры нагреваемой воды системы теплоснабжения в схеме предусмотрен дополнительный элемент электродогревателя, в котором размещается нагревательный элемент. В описанной схеме используется отдельный (вынесенный) теплообменник, по которому циркулирует трансформаторное масло.



1 – неисправность приборов; 2 – нарушение герметичности; 3 – загрязнение; 4 – проблемы с маслом; 5 – итого

Рисунок 1 – Причины отказов масляных трансформаторов

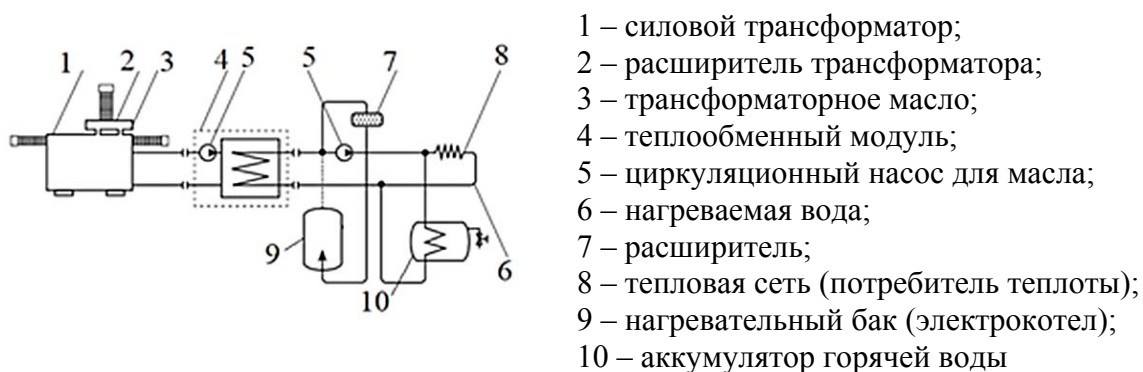


Рисунок 2 – Схема утилизации теплоты трансформатора с помощью водомаслянного теплообменника

В работе предлагается нагревательный элемент и теплообменник объединить в один узел – нагревательный модуль НМ (рисунок 3), в состав которого входит нагревательный контур (НК) и тиристорный коммутатор (ТК), состоящий из встречно-параллельно включенных тиристоров. НК представляет собой замкнутый с помощью ТК электропроводный полый виток из немагнитного материала, внутри которого циркулирует нагреваемый теплоноситель. Такой теплообменник может устанавливаться как на активной части трансформатора, так и вне ее, но внутри бака трансформатора. НМ позволяет более эффективно утилизировать часть потерь силового трансформатора и подогреть теплоноситель до необходимой рабочей температуры.

Для повышения эффективности НК должен представлять собой теплообменник с развитой поверхностью теплообмена. НК целесообразно располагать в верхней части трансформатора, где масло нагревается до более высоких температур. ТК позволяет работать НМ в двух режимах: активном и пассивном. Пассивный режим характеризуется непроводящим состоянием тиристоров (то есть закрытое состояние). В этом режиме тепло от трансформаторного масла будет передаваться нагреваемой жидкости. В активном режиме тиристоры находятся в проводящем состоянии. По НК протекают токи, за счет которых происходит подогрев теплоносителя до требуемой (рабочей) температуры.

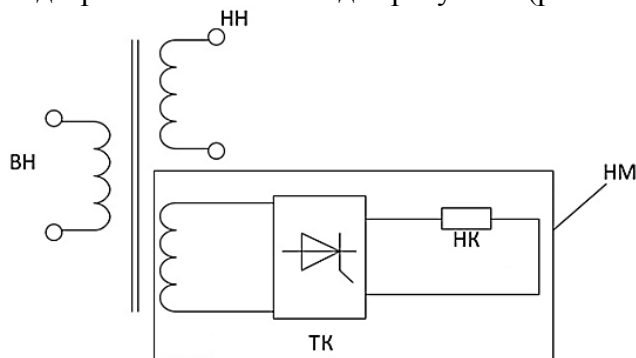


Рисунок 3 – Схема трансформатора с нагревательным модулем

Достоинства предложенной схемы трансформатора с НМ заключаются в отсутствии вынесенного отдельного теплообменника, что значительно удешевляет и упрощает систему. Нет необходимости в циркуляционном насосе для трансформаторного масла, требуется меньший его объем.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лизунова С.Д., Лоханина А.К. Силовые трансформаторы // Энергоиздат. 2004. 616 с.
2. Гридин С.В., Петренко А.Ф. Энергоэффективность способов утилизации отработанного тепла систем охлаждения силовых трансформаторов // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2013. № 7. С. 11-18.

3. Махлин Б.Ю. Использование тепла потерь трансформатора для обогрева помещений. Информэнерго. Серия «Электрические сети и системы за рубежом». Вып. 6. – М., 1983.

4. Воротницкий В.Э. Системы утилизации тепла трансформаторов и автотрансформаторов 220-750 КВ // Энергия единой сети. Изд. Научно-техн.центр ФСК ЕЭС (Москва). 2014. № 6. С. 32-42.

УДК 629.421.1

Чирков Никита Николаевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Chirkov Nikita Nikolayevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Любушкина Надежда Николаевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liubushkina Nadezhda Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИММИРУЕМЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕЛЯХ

PROBLEMS OF USING DIMMABLE LIGHTING DEVICES FOR INDUSTRIAL PURPOSES

Аннотация. Данная работа посвящена проблеме использования диммируемых осветительных приборов в промышленных целях на предприятиях, способам производства процесса диммирования, историческим предпосылкам возникновения необходимости использования процесса в различных сферах. Перспективы применения изучаемого вопроса на практике, а также и возможные проблемы и возможности их парирования.

Abstract. This work is devoted to the problem of the use of dimmable lighting devices for industrial purposes at enterprises, methods of producing the dimming process, historical prerequisites for the need to use the process in various fields. Prospects for the application of the studied issue in practice, as well as possible problems and opportunities for their parrying.

Ключевые слова: диммирование, освещение, промышленность, электроника, проблемы
Key words: dimming, lighting, industry, electronics, problems.

Диммирование

Процесс управления, в результате которого происходит изменение интенсивности освещения называют диммированием. Значение английского слова Dimming – затемнение. Если сказать простыми словами, диммирование – это регулировка яркости освещения, которая особенно актуальна для больших производственных помещений.

История данного процесса относится к концу XIX века. Приписывают данное изобретение театрам. По замыслу режиссёров во время представления выполнялось затемнение некоторых сцен. Этот процесс осуществлялся вручную, были придуманы специальные шторы, которые задвигали или раздвигали на дуговых прожекторах. Сцена становилась темнее, если шторы сдвигались. Ручное управление не совсем удобно, поэтому процесс управления интенсивностью освещением начали совершенствоваться.

Диммеры сегодня применяются в различных сферах жизни, от светомузыки и изменения домашней обстановки, до формирования световых сценариев уличного освещения.

Диммирование осуществляется за счёт «обрезания» части синусоиды питающего напряжения. Светодиодная лампа имеет сложную электронную схему, она намного сложнее простой лампы накаливания, поэтому процесс управления таким освещением устроен сложно. Способ управления, придуманный для ламп накаливания, подходит и для диммируемых светодиодных ламп (рисунок 1).

Фактически, диммирование – это периодическое включение и выключение нагрузки несколько сот раз в секунду, при этом яркость освещения зависит от момента включения.

При включении через диммер обычные светодиодные лампы с определённого момента регулирования включаются на полную яркость или начинают мигать при попытке диммирования. Регулировка яркости у ламп, которые в своём составе имеют специальную схему, распознающую диммирование, и управляющую схемой стабилизатора лампы происходит гораздо проще.



Рисунок 1 – Пример процесса диммирования

Существует альтернативный способ диммирования – на основе широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Периодическая пульсация питания постоянного тока передаёт устройству меньшую мощность. Такой способ используется для светодиодных лент и светодиодных светильников с управлением по напряжению.

Если для первого способа диммер почти всегда является самодостаточным устройством, то для второго способа часто (но не всегда) требуется подбор комплекта из драйверов, которые создают ШИМ, а иногда бывают и встроены в сам светильник и неотделимы от него и соответствующих управляющих устройств, которые подают команды на драйверы. Существует несколько вариантов взаимодействия драйверов с управляющими устройствами, при этом нужно учитывать, что эти варианты требуют прокладки отдельных проводов для питания (как правило, 230 В) и отдельных слаботоочный проводов для управления:

- аналоговый интерфейс для управления освещением от 1 до 10 В. В 1990-е годы он хорошо себя зарекомендовал, но сейчас из-за невозможности адресного управления отдельными светильниками в рамках одной проводной линии он морально устарел и с каждым годом применяется всё реже.

- DALI – цифровой интерфейс для управления освещением, созданный для замены аналогового интерфейса для управления освещением от 1 до 10 В. Данный интерфейс в рамках одной проводной линии позволяет управлять светильниками как адресно, так и по группам, создавать световые сценарии (например, «волны света» и всевозможные переливания), получать «обратную связь» от светильников, проводить удалённую диагностику. Современные редакции протокола DALI type 8 и DALI 2 реализуют управление цветовой температурой светильников, позволяя создавать так называемое биодинамическое освещение.

Благодаря высокой помехоустойчивости проводка для обоих интерфейсов на практике реализуется с помощью одного 4- либо 5-проводного кабеля, в котором два

провода используются для цепи управления, остальные – для питания 230 В и (опционально) заземления.

Существует и несколько более «экзотических» интерфейсов управления:

- промышленный аналоговый интерфейс от 0 до 10 В, иногда «проникающий» в бытовую автоматику по управлению освещением из-за путаницы в названиях при встрече неопытного продавца с неопытным электриком. В нормальной же ситуации на практике можно встретить при управлении котлами и климатическими установками.

- DMX – цифровой интерфейс для управления фасадным и сценическим освещением. Встречается в основном в коммерческом секторе (подсветка рекламы, фонтанов и т.п.).

- Push-DIM – управление драйвером с помощью подачи импульсов разной длины, создаваемых кнопками «звонкового типа» (кнопками без фиксации). Это бытовой вариант, не имеющий отношения к автоматизации.

Существуют драйверы, использующие выход классического TRIAC-диммера в качестве аналогового интерфейса управления, питающегося по отдельной линии постоянного тока.

Согласно правилам, определённым СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» в качестве осветительных приборов на предприятиях предполагается использовать светодиодные источники света, так как они имеют высокую энергоэффективность. Кроме того, данные осветительные приборы отвечают нормам безопасного производства.

Очень важно, чтобы при диммировании уровень регулировки светодиодных ламп должен быть как можно меньше. Если на минимальном уровне регулировки нить лампы накаливания светится чуть тёмно-красным цветом, то такой диммер подойдёт для светодиодной лампы, если нить лампы накаливания горит жёлтым светом, светодиодные лампы на таком уровне диммирования будут светить слишком ярко.

Диммируемые светодиодные лампы отличаются по минимальному уровню диммирования. Одни лампы позволяют снижать яркость до 5 %, а другие только до 20 %. На рисунке 2 показаны примеры ламп Navigator (слева) и IKEA (справа), которые включены при минимальном уровне яркости в один и тот же диммер.



Рисунок 2 – Сравнение разных ламп с одинаковым диммером

При диммировании светодиодных ламп возникает ощущение звука вокруг. При диммировании практически все лампы тихо гудят, а некоторые лампы начинают гудеть довольно громко. Существует несовместимость отдельных моделей ламп с моделью диммера. Бездумная замена осветительных приборов на диммируемые приводит к последствиям: диммеры могут не подходить к светодиодным лампам, возникает шумовой эффект, который мешает производству.

Возникает закономерный вопрос, когда применение диммируемых приборов на производстве оправдано. Смысл применения диммируемых устройств в их объединении. Сеть осветительных приборов, подключённых к цифровой шине, снимет проблему контроля за освещением, сеть будет завязана на один выключатель.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

5. vc.ru - [Электронный ресурс] – URL: <https://vc.ru/u/1069058-ama-light/411367-chto-takoe-dimmirovaniye-i-kak-eto-ispolzovat?ysclid=lb0aze040180561031> (дата обращения 28.11.2022)
6. habr - [Электронный ресурс] – URL: <https://habr.com/ru/company/lampstest/blog/386225/> (дата обращения 28.11.2022)
7. .knx24.com - [Электронный ресурс] – URL: https://knx24.com/news/base/chto_takoe_dimmer_tipu_dimmirovaniya_osveshcheniya/?ysclid=lb0fhpy4uz616106040

УДК 617-7

Штейнле Полина Михайловна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Steinle Polina Mikhailovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Любушкина Надежда Николаевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liubushkina Nadezhda Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

AUTOMATED SYSTEM FOR MEASURING HUMAN ACTIVITY

Аннотация. Сохранение здоровья человека, применение при этом современных информационных технологий является неотъемлемой частью современности. Цель разработки - доступность, простота и качество осуществления дополнительного мониторинга состояния для поддержания правильного питания, здорового образа жизни и физической активности человека. Устройство, которое способно отслеживать основные показатели состояния организма, поможет человеку выбрать оптимальный жизненный ритм. Abstract. The article is devoted to the current problem of preserving human health with the use of modern information technologies. The purpose of the article is to show the accessibility, simplicity and quality of the implementation of additional monitoring of the condition to maintain healthy lifestyle, proper nutrition and physical activity of a person. The article is about a human study of a device capable of tracking the main indicators of the state of the body.

Ключевые слова: система, активность, параметры, здоровье, исследование.

Key words: system, active, parameters, health, research.

Разработка многофункционального устройства, связанного с измерением активности человека, которым может пользоваться любой обыватель, особенно возрастной человек, не имеющий к фитнесу никакого отношения, является сложной задачей.

Обычные фитнес-браслеты заменяют шаги и пульс. Такое устройство физически является компьютеризированным, с компьютером «на ты» сегодня каждый третий, или даже четвертый человек из пяти. В современном мире человек не всегда успевает наблюдать за своим здоровьем. Для неполного контроля физической активности в начале века придумали фитнес-браслеты, измеряющие основные жизненные параметры человека: давление и пульс, количество шагов. Теоретический анализ позволяет отметить перспективное направление использования современных информационных технологий для обеспечения здорового образа жизни. В целом такое устройство предоставляет следующие ключевые возможности: создание дополнительных условий мониторинга для того, чтобы поддерживать здоровый образ жизни, физическую активность человека; осуществлять контроль за общим состоянием здоровья особенно у людей с хроническими заболеваниями.

Фитнес-браслет – прибор, снабженный датчиками, отслеживающими основные показатели состояния организма, а так же физическую активность человека. Человеку, чьей целью является мониторинг состояния некоторых параметров до физической нагрузки и после неё важно, чтобы фитнес-браслеты были оснащены рядом опций и функций, но, например, шагомеры-трекеры разных производителей обладают неодинаковыми алгоритмами счета шагов. Некоторые приборы могут учитывать элементарные взмахи рук человека, и возникает необходимость в учете поправки на возможную погрешность. Обладателю такого прибора нужно протестировать устройство в разных режимах. Другие варианты фитнес-браслетов определяют фазы сна: глубокая или легкая (функция контроль над сном, а также «умный» будильник) Пользователь, будет разбужен в ближайшую к моменту сигнала фазу легкого сна. Исследования показали, что, просыпаясь в фазе легкого сна, человек легче просыпается, сохраняет хорошее настроение и самочувствие. Подобное устройство отображает информацию о количестве пробуждений за указанный период, о времени засыпания и покоя (используются два датчика: акселерометр и оптические датчики сердечного ритма).

Фитнес-браслеты имеют множество функций:

- пульсометр – оптический датчик сердечного ритма;
- шагомер – акселерометр,
- высотометр – GPS датчик;
- подсчет калорийности суточной и недельной норм, в том числе отдельных продуктов и блюд – датчик электропроводимости кожи;
- принятие уведомлений – Bluetooth;
- отображение текущего времени – часы.

Особого внимания заслуживают люди пожилого возраста, которым может быть полезно данное устройство, но они плохо видят, им сложно разбираться в чужих алгоритмах работы, поэтому целесообразно использовать вариативный способ управления, крупный цветной шрифт на дисплее, встроить кнопку SOS, датчик падения. Устройство можно дополнить датчиком снятия с руки и родственники узнают о том, что владелец утратил данный прибор и срочно нуждается в помощи. В случае падения обладателя браслета родственникам незамедлительно придет оповещение о произошедшем на их личное устройство через мобильное приложение. Структурная схема фитнес-браслета представлена на рисунке 1.

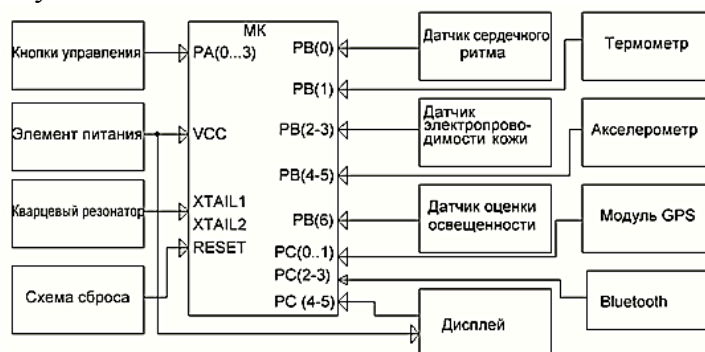


Рисунок 1 – Структурная схема фитнес-браслета

Перечень датчиков

Акселерометр. С помощью акселерометра можно посчитать количество шагов, которые делает человек в период бодрствования. Информировать гаджет о положении человека в пространстве и о скорости его передвижения. Функция акселерометра дает возможность гаджету «понимать», двигается или нет владелец прибора, так как на треkere отображается в каком положении он сейчас находится.

GPS позволяет определять высоту над уровнем моря, скорость передвижения и некоторые другие параметры.

Оптические датчики сердечного ритма. Предельно точно снять показания сердечного ритма помогут оптические датчики. Свет, который излучает светодиод от датчика поглощается тканью организма, в том числе и кровью. Из-за изменения уровня крови в сосудах происходит изменение уровня поглощения света, что фиксируется датчиком. Частота сердечного ритма определяется специальным алгоритмом. Можно утверждать, что современные оптические датчики приближаются по точности к электрокардиографу.

Датчики электропроводимости кожи. Измеряют проводимость кожи. Проводимость кожи зависит от количества влаги на коже. Уровень активности тренировки влияет на уровень увлажнения кожи. Показания с других датчиков и датчика электропроводимости кожи коррелируются. Потребитель осуществляет постоянный контроль, так как специальный алгоритм обрабатывает данные и вводит их на дисплей прибора.

Термометр. Точную оценку температуры кожи может дать даже элементарный термометр. Чем выше температура, тем активнее проходит тренировка. Устройство предоставляет данные об активности тренировки пользователю после того, как информация о температуре кожи сравнивается с показаниями других датчиков.

Оценка освещенности. Если уровень освещенности растет, то фотоэлемент, который дает больше тока включает датчик освещенности. Соответственно, сравнивая данные по уровню освещенности с показаниями времени, устройство «понимает», какое сейчас время суток. Примерно так же работают и датчики УФ освещения.

Биоимпедансные сенсоры. Датчики такого типа определяют сразу три показателя: частоту дыхания, проводимость кожи и частоту сердечного ритма. По словам представителей компании биоимпедансные сенсоры фиксируют даже незначительные изменения в организме человека. Указанные выше показатели рассчитывает специальный алгоритм.

Bluetooth. Модуль позволяет синхронизировать систему со смартфоном и осуществлять обмен данными с ним.

Автоматизированная система измерения активности человека будет адаптирована для пожилых людей. Предлагается использование OLED индикатора (рисунок 2).



Рисунок 2 – Пример экрана

Таким образом, разработана концепция прибора, основой которого будет OLED индикатор, который имеет серьезные преимущества по сравнению с жидкокристаллическими индикаторами: малый вес, экран не требует дополнительной подсветки и может быть гибким, большой угол обзора, высокая контрастность. Индикатор данного типа не обладает инерционностью, имеет мгновенный отклик и имеет достаточно большой диапазон рабочих температур от -40 до $+70$ °C.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. [Электронный ресурс] <https://smartwatch.poiskpodbor.ru/article/articles/vozmozhnosti-sovremennyh-fitness-brasletov/19.html>. (дата обращения: 27. 11.2022)
2. [Электронный ресурс] <http://wear-gadget.ru/articles/308849>. (дата обращения 26. 11.2022)
3. [Электронный источник]// <http://truebrands.ru/1734/Obzor-fitness-rasletov>. (дата обращения 28. 11.2022)

Юманова Любовь Алексеевна, студент, Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н.Туполева-КАИ

Yumanova Lubov Alekseevna, student of Kazan National Research Technical University name after A.N.Tupolev- KAI

Денисов Евгений Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н.Туполева-КАИ

Denisov Evgeny Sergeevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technical University name after A.N.Tupolev- KAI

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОРЕЗОНАНСНЫХ ДАТЧИКОВ

SIMULATION OF MESURING CHANNEL BASE ON PIEZORESONANCE SENSORS

Аннотация. Известна актуальная задача мониторинга сложных технических объектов. При проведении испытаний сложных систем зачастую возникает потребность в сборе и обработке его различных сигналов при экономии средств и трудоемкости работ. Решением данной проблемы может стать разработка распределенной измерительной системы на основе пьезорезонансных датчиков позволяющая уменьшить количество соединительных проводов, уменьшить стоимость аппаратуры за счет ее унификации.

Abstract. The actual task of monitoring complex technical objects is known. When testing complex systems, there is often a need to collect and process its various signals while saving money and labor-intensive work. The solution to this problem can be the development of a distributed measuring system based on piezoresonance sensors, which makes it possible to reduce the number of connecting wires and reduce the cost of equipment due to its unification.

Ключевые слова: распределенная система, пьезорезонансные датчики, моделирование, измерительный канал.

Key words: distributed system, piezoresonance sensors, modeling, measuring channel.

В настоящий момент существует потребность в распределенных датчиках, обладающих повышенной чувствительностью и избирательной способностью, приспособленных к тяжелым и экстремальным для человека условиям. Во многих отраслях промышленности прибегают к измерению различных физических полей: плотность, температура, вязкость, упругость, давление, и т.п. Для измерения параметров сложных технических систем часто перспективным направлением являются распределенные системы на пьезорезонансных датчиках.[1,2] Пьезорезонансный датчик - универсальный первичный преобразователь, свойства и избирательность которого, могут меняться варьироваться в широких пределах.[3] Благодаря широкому температурному диапазону и устойчивости к радиации пьезорезонансный датчик способен работать в жестких условиях эксплуатации. Распределенные измерительные системы позволяют проводить оценку физических величин на больших и технических сложных объектах, при этом могут измеряться как одноименные, так и разноименные физические величины.

В работе предложена распределенная измерительная система на базе пьезорезонансных датчиков, функциональная схема которой представлена на рисунке 1. Функциональная схема включает в себя следующие основные элементы:

Схема согласования представляет собой два резистивных делителя, которые необходимы для выделения небольших изменений входного тока двухпроводной линии, вызванного резонансом кварцевых пьезорезонансных датчиков посредством составляющей входного сигнала от ГЗИ. Генератор подает сигнал, который перекрывает весь частотный диапазон пьезорезонансных датчиков. В результате возбуждения сиг-

налом переменного напряжения с ГЗИ в кварцевых пьезорезонансных датчиках возникают колебания тока на частоте их резонанса. Выходной сигнал со схемы согласования СС поступает на вход дифференциального усилителя ДУ, где он усиливается до уровня необходимого для работы АЦП. Цифровой код, представляющий собой двоичную последовательность оцифрованного входного аналогового сигнала, полученный после АЦ-преобразования, поступает на микропроцессор. Микропроцессор, который является центральной частью системы, осуществляет сбор и обработку информации, поступающей с датчиков измеряемых величин. В соответствии измеренных частот МП по теоретически известной зависимости резонансной частоты кварцевых пьезорезонансных датчиков от физической величины вычисляет искомую величину в точках контроля. Далее через БИ показывает техническое состояние системы. БП обеспечивает напряжение питания необходимого для работы системы. Благодаря ОИ производится управление системой измерения.

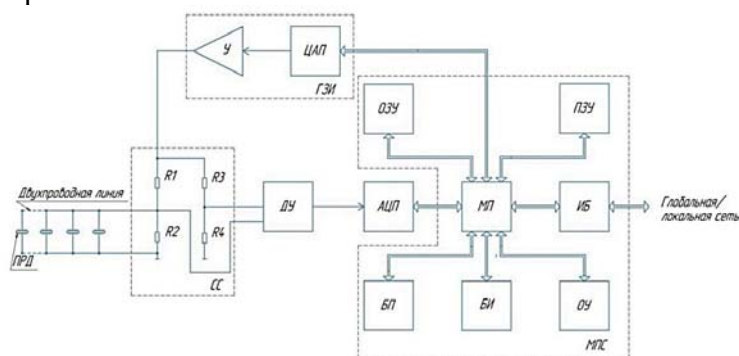


Рисунок 1 - Функциональная схема измерительной системы на квазираспределенном датчике: СС – схема согласования; ДУ – дифференциальный усилитель; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; МП – микропроцессор; БИ – блок индикации; БП – блок питания; ОУ – органы управления; ИБ – интерфейсный блок; ГЗИ – генератор зондирующего импульса; У- усилитель; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; ПЗУ – постоянно запоминающее устройство

Одним из основных элементов системы является схема согласования, которую исследуем более подробно. Для оценки необходимого коэффициента усиления провели моделирование принципиальной схемы возбуждения кварцевых датчиков, представляющую собой два резистивных делителя и генератор прямоугольных импульсов в NI Multisim 14.2 (рисунок 2а). Результаты моделирования работы схемы согласования во временной области представлены на рисунке 2б.

Анализ рисунка 2б показывает, что дифференциальный сигнал имеет близкую к нулю постоянную составляющую и амплитуду переменного сигнала около 1 мВ, что позволяет нам усилить сигнал. Использование фильтров может привести к смещению частоты кварцевого датчика. Поэтому для устранения постоянной составляющей, образованной после первого резистивного делителя, предлагается использовать опорное напряжение, получаемое посредством аналогичного резистивного делителя напряжения и усилителя с дифференциальным входом.

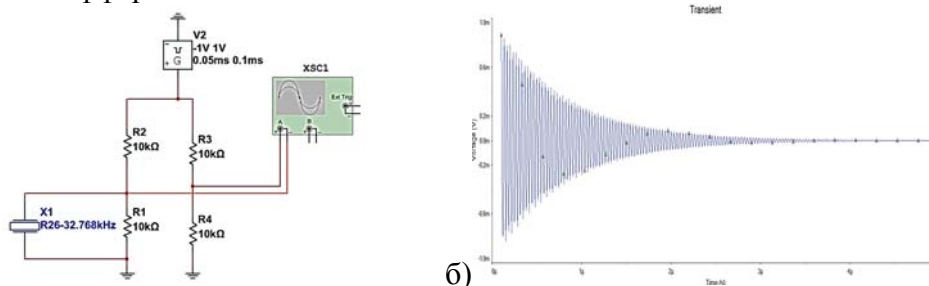


Рисунок 2 – а) Схема согласования, б) Выходной сигнал схемы согласования

Также произведем моделирование дифференциального усилителя в программе NI Multisim 14.2 принципиальной схемы дифференциального усилителя, представленной на рисунке 3.

В базе элементов программы NI Multisim 14.2. используем модель операционных усилителей OPA227P. Дифференциальный усилитель имеет два каскада: входной U1, U2 и выходной на U3. Первый каскад усиливает дифференциальный сигнал в $(R1+R2+R7)/R7$ раз, коэффициент передачи синфазного сигнала равен 1. Второй каскад имеет усиление в $R5/R3$ раз, также обеспечивает подавление синфазного сигнала. Входное дифференциальное напряжение $(U2-U1)$ подается на неинвертирующий вход ОУ, который не используется для создания ОС, а собственное входное сопротивление прецизионных ОУ составляет значения порядка нескольких сотен МОм.

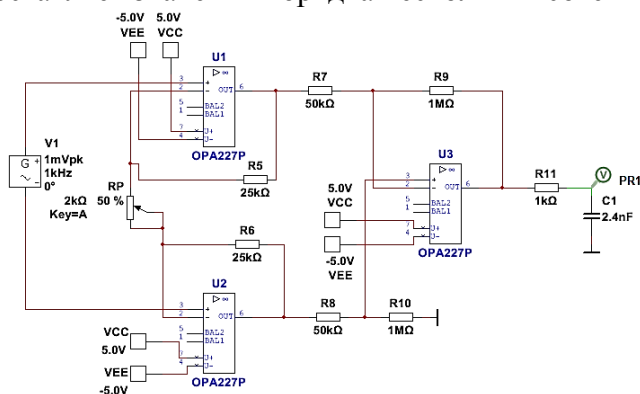


Рисунок 3 - Схема моделирования дифференциального усилителя в NI Multisim 14.2.

В результате выполнения моделирования была получена следующая реализация АЧХ (рисунок 4)

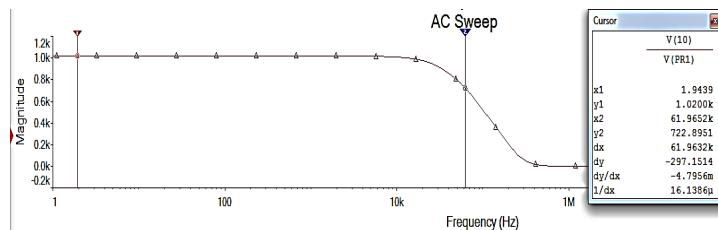


Рисунок 4 - Результаты моделирования АЧХ усилителя

Таким образом была разработана функциональная схема распределенной системы на квазираспределенном датчике. Проведено моделирование измерительного канала распределенной системы в программной среде NI Multisim, состоящего из схемы согласования и дифференциального усилителя. Выходной сигнал схемы согласования показывает, что прием измерительного сигнала осуществляется без ухудшения характеристик чувствительных элементов. Дифференциальный усилитель масштабирует сигнал до уровня, обеспечивающего высокую точность работы АЦП.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Денисов, Е. С., Шафигуллин И. Д., Евдокимов Ю. К. Квазираспределенный резистивный датчик с древовидной структурой // Автометрия. 2021. Том 57 №2 С. 117-121.
2. Денисов Е.С., Евдокимов Ю.К., Шафигуллин И.Д. Схемотехническая реализация квазираспределенного RC датчика с древовидной структурой и особенности его применения // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2022. № 8. С. 6-14.
3. Евдокимов Ю. К., Партс Я. А. Квазираспределённые пьезорезонансные датчики в промышленных системах измерения температуры // Мир измерений. 2010. № 3(109). С. 13-20.

Ярошенко Степан Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Yaroshenko Stepan Sergeevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шибeko Роман Владимирович, старший преподаватель кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shibeko Roman Vladimirovich, Senior Lecturer, Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ АППАРАТ

PHYSIOTHERAPEUTIC APPARATUS

Аннотация. Физиотерапия прочно вошла в арсенал медицинских возможностей. Эффективность процедур детально исследована. В статье описывается аппарат магнито-акустико-электротерапии, предназначенный для использования в комплексном лечении болезней позвоночника. Для усиления терапевтического эффекта аппарат имеет несколько режимов воздействия на организм человека.

Abstract. Physiotherapy has firmly entered the arsenal of medical possibilities. The effectiveness of the procedures has been studied in detail. The article describes the apparatus of magneto-acoustic-electrotherapy, intended for use in the complex treatment of diseases of the spine. To enhance the therapeutic effect, the device has several modes of action on the human body.

Ключевые слова: магнит, терапия, электротерапия, позвоночник, аппарат, звук.

Key words: magnet, therapy, electrotherapy, spine, apparatus, sound.

Важность физиотерапии вне сомнений. Известен тот факт, что резкопеременные воздействия на организм эффективнее постоянных (контрастный душ предпочтительнее просто холодного или просто горячего душа), поэтому комбинированные процедуры положительнее для организма. Среди разнообразных видов воздействия на организм человека магнитное поле, электрический ток и звук наиболее распространены поскольку имеют ярко выраженный терапевтический эффект, хорошо изучены, а также относительно легко технически реализуемы.

Заболевания позвоночника диагностируются у 70% населения Земли, причем болезни стремительно «молодеют». Поэтому ниже описываемый физиотерапевтический аппарат актуален. Следовательно, представленный ниже физиотерапевтический аппарат позволяет решать эту актуальную проблему в медицине.

Аппарат позволяет реализовать три функции: электротерапия, магнитное воздействие и акустическая терапия. Воздействующие элементы расположены на прямоугольном основании и включают в себя:

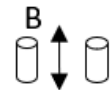
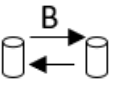

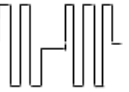
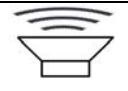
– Два электрода на пружинах, которые при надавливании уходят в углубление. Максимальный ток, проходящий через пластины, 30 мА, напряжение не более 25 В. Позволяют дополнительно реализовать лекарственный электрофорез.

– Пять вмонтированных магнитных катушек. Магнитное поле, создаваемое каждой катушкой, лежит в пределах 40 ± 5 мТл.

Шесть излучателей звука. Звуковое давление шума на расстоянии 100 мм от аппарата (в полосе частот от 0,02 до 20 кГц) в пределах от 0,038 до 1 Па.

Таким образом, данный прибор полезен для лечения позвоночника в грудном, поясничном и крестцовом отделах. Однако данными проблемами организма воздействие аппарата не ограничивается.

Таблица 1 - Символы режимов

Символ	Режим	Символ	Режим
	Режим переменного магнитного поля. Переменный ток с частотой 5 кГц одновременно подается на все катушки.		Режим (бегущего) магнитного поля. Переменный ток с частотой 5 кГц подается поочередно на каждую катушку. Переход тока с одной катушки на другую происходит через 0,5 сек.
	Режим постоянного тока электротерапии. Напряжение регулируется.		Режим импульсного тока электротерапии. Подаются пакеты прямоугольных двуполярных импульсов, частота колебания пакеты 5 кГц, длительность пакеты 0.5 сек., пауза 1 сек. Амплитуда импульсов регулируется.
	режим акустической терапии. Генерация «белого шума».		

На переднюю панель прибора вынесен сенсорный ЖК-дисплей с двумя зонами. Зона отображения информации разделена на пять полей. Таким образом, врач может разделить процедуру на пять интервалов. В каждом интервале задается тип воздействия, его длительность, а при задании электротерапии задается уровень воздействия. Ячейка поля дисплея активизируется прикосновением руки. Тип процедуры на интервале меняется каждым прикосновением руки. Аналогично задается время интервала процедуры (время до 20 минут с шагом 5 минут) и уровень воздействия электротерапии (уровень до 5 с шагом 1). Можно использовать не все интервалы и не все процедуры. Зона клавиатуры включает в себя клавиши «старт» и «стоп» процедуры. Начало и окончание процедуры сопровождается звуковой индикацией и надписью на дисплее «процедура завершена».

1 этап	2 этап	3 этап	4 этап	5 этап
				
Уровень 10	---	Уровень 5		
Время 15 мин	Время 10 мин	Время 10 мин		

СТАРТ

СТОП

Рисунок 1 – Сенсорный ЖК-дисплей (пример задания процедур)

На рисунке 3 показана функциональная схема аппарата. Центральным управляющим звеном является микроконтроллер. Энергопитание всего аппарата осуществляется от сети 220В. Для процедур синусоидальное напряжение выпрямляется, сглаживается и инвертором, в качестве которого выступает магнито-транзистронный преобразователь, преобразуется в биполярные прямоугольные импульсы частотой 5кГц с амплитудой 25В. Данные импульсы подключаются к катушкам магнитного поля при помощи твердотельных реле по инструкции, заданной пользователем на дисплее. Для электротерапии прямоугольные импульсы выпрямляются, сглаживаются и также при помощи твердотельных напряжение подается на пластины. Уровень регулируется ШИМ-методом. Для акустикотерапии на генератор «белого шума» подается питающее напряжение.

Таймер реального времени опрашивается микроконтроллером напрямую по интерфейсу I²C. Сенсорный экран обслуживается микроконтроллером по интерфейсу USB который формируется из интерфейса UART при помощи преобразователя интерфейсов. Звуковой сигнал с линии вывода микроконтроллера усиливается транзисторным ключом и подается на динамическую головку. Датчик тока выдает напряжение эквивалентное току в пластинах. Данное напряжение поступает на АЦП микроконтроллера для отключения электротерапии в опасной ситуации.

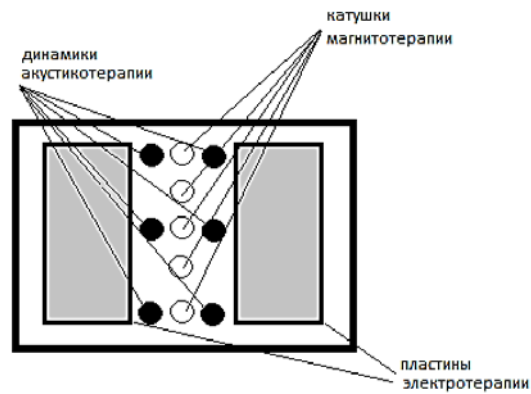


Рисунок 2 – Блок элементов воздействия

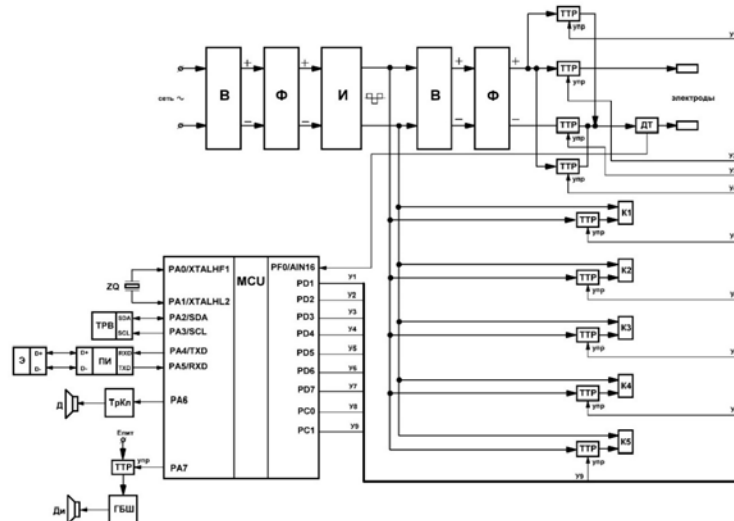


Рисунок 3 – Функциональная схема аппарата

MCU–микроконтроллер; В–выпрямитель; Ф–фильтр; И–инвертор; ТТР–твердотельное реле; ДТ–датчик тока; К1-К5–магнитные катушки; ТрКл–транзисторный ключ; Д–динамическая головка; Ди – группа динамических головок; ПИ–преобразователь интерфейсов; Э–экран; ТРВ–таймер реального времени

Функциональная схема ориентирована на использование микроконтроллера AVR128DB28 из семейства AVR® DB, со 128 Кбайт флэш-памяти, 16 Кбайт SRAM, 512 байт EEPROM, тактовая частота до 24 МГц, 28-ми контактный корпус, с гибкой и маломощной архитектурой, включая систему событий, точные аналоговые подсистемы и современные цифровые периферийные устройства.

Таким образом, применение данного физиотерапевтического аппарата позволяет повысить качество терапии, сместить эффект лечения от лекарственных средств с побочными эффектами в сторону физиотерапии с минимумом противопоказаний.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пономаренко, Г.Н Физиотерапия: учеб. для студентов учреждений высш. проф. образования / Г. Н. Пономаренко. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 304 с.
2. Техника и методики физиотерапевтических процедур: справочник / В.М. Боголюбов [и др.]. – М.: Бином, 2012. – 463 с.
3. Шибeko, Р. В. Универсальный физиотерапевтический прибор / Р. В. Шибeko, В. С. Пудов, Л. Н. Панов. – Текст: непосредственный // Медицина: вызовы сегодняшнего дня : материалы II Междунар. науч. конф. (г. Москва, декабрь 2013 г.). – Т. 0. – Москва : Буки-Веди, 2013. – С. 7-11.

СЕКЦИЯ 3. УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

УДК 37.012.2

Башков Данил Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bashkov Danil Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Егорова Валерия Павловна, старший преподаватель кафедры «Управление инновационными процессами и проектами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorova Valeriya Pavlovna, senior lecturer of the Department "Management of innovative processes and projects", Komsomolsk-na-Amure State University

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ»

FEATURES OF TRAINING OF TECHNICAL SPECIALISTS IN THE DISCIPLINE "MANAGEMENT OF INNOVATIVE PROJECTS"

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются особенности подготовки технических специалистов по дисциплине «управление инновационными проектами». Были рассмотрены положительные и отрицательные стороны существующей программы подготовки по дисциплине «управление инновационными проектами». Составлен SWOT-анализ, в котором выявлены сильные и слабые стороны программы, в также возможности и угрозы. Были даны рекомендации и предложения по поводу того, как можно улучшить программу подготовки для более лучшего усвоения студентами технических и инженерных специальностей.

Abstract. This article discusses the features of the training of technical specialists in the discipline "management of innovative projects". The positive and negative aspects of the existing training program in the discipline "management of innovative projects" were considered. A SWOT analysis has been compiled, which identifies the strengths and weaknesses of the program, as well as opportunities and threats. Recommendations and suggestions were given on how to improve the training program for better assimilation by students of technical and engineering specialties.

Ключевые слова: управление инновационными проектами, технические специальности, инженерные специальности, SWOT-анализ, модернизация.

Key words: innovative project management, technical specialties, engineering specialties, SWOT analysis, modernization.

Программа подготовки по предмету «управление инновационными проектами» (УИП) имеет недостатки [5]. У студентов технических и инженерных специальностей возникают трудности с пониманием материала по данной дисциплине. Студенты, обучающиеся на гуманитарных направлениях подготовки существенно лучше усваивают материал. Происходит это по той причине, что студенты данных направлений имеют более обширные знания в экономических и науках, что в свою очередь, позволяет им понимать дисциплину «управление инновационными проектами» гораздо более полно. Студенты обладают расширенными знаниями в области экономики, полученными за

первый и второй годы обучения, что в свою очередь, даёт им более высокую успеваемость в данной дисциплине, в отличие от студентов технических направлений

В настоящее время существует проблема сложности усваивания материала по дисциплине «УИП» студентами технических направлений подготовки [1].

Целью является модернизация курса управления инновационными проектами для более лучшего понимания и усвоения материала студентами технических специальностей, а также для использования знаний, полученных на этой дисциплине в других дисциплинах.

С помощью инструмента «SWOT-анализ», рассмотрим существующий курс подготовки по дисциплине «управление инновационными проектами» (см. табл. 1).

Таблица 1 – SWOT-анализ

Сильные стороны	Слабые стороны
<p>Высокие компетенции (ЗУН) у преподавателей</p> <p>Методическое обеспечение дисциплины</p> <p>Решение реальных кейсов</p> <p>Выступление на конкурсах</p> <p>Примеры теоретических материалов в виде деловых игр</p>	<p>Избыток теоретического материала</p> <p>Недостаточная мотивированность студентов технических направлений подготовки изучать данную дисциплину ввиду отсутствия потенциального места применения пройденного материала</p> <p>Материал сложен для понимания студентам технических направлений ввиду слабого понимания основ экономики</p>
Возможности	Угрозы
<p>Вследствие лучшего понимания материала студентами технических направлений, повысится успеваемость по данной дисциплине</p> <p>Поскольку студенты технических направлений подготовки будут эффективнее усваивать материал по дисциплине, их вовлеченность в предмет увеличится</p> <p>Экономия времени студентов – поскольку студенты технических направлений подготовки будут намного лучше усваивать материал во время лекционных и практических занятий, сократится время, затрачиваемое студентами на самостоятельное изучение материала для выполнения расчётно-графической работы и получения зачёта по дисциплине</p> <p>Наработка практических навыков, которые пригодятся студенту технического направления в его будущей работе по специальности</p>	<p>Для изучения дисциплины потребуется большее количество аудиторных (академических) часов</p> <p>У преподавателей, преподающих дисциплину «Управление инновационными проектами», могут возникнуть трудности в обучении студентов по изменённой программе ввиду того, что привычная для них программа обучения была отредактирована</p>

Прежде всего, необходимо провести работу над слабой мотивированностью студентов в изучении данной дисциплины. Необходимо, используя высокую компетенцию преподавателей, объяснить студентам технических направлений подготовки, что знания, полученные в ходе изучения дисциплины, смогут пригодиться студентам в их будущей жизни, например, в ходе ведения научной деятельности. Объяснив студентам важность и полезность данной дисциплины, можно добиться от студентов большей заинтересованности, и, вследствие этого, большей вовлечённости и успеваемости.

Стоит обратить внимание на недостаток существующей программы дисциплины, заключающийся в избыточном количестве теоретического материала. Данный недостаток частично можно устранить, предоставив студентам большее количество прак-

тического материала и уменьшив количество теоретического. Другими словами, часть лекционного (теоретического материала) можно заменить на практический, либо объединив лекционный и практический материал. Помимо прочего, такое изменение частично разрешит и другую проблему – сложность понимания материала. Если объяснить на практике теоретический материал, сложность понимания значительно снизится.

Стоит взять во внимание ещё один недостаток существующей программы, заключающийся в том, что студенты технических направлений подготовки обладают сравнительно низкими знаниями в экономике, в отличие от студентов гуманитарных направлений. Студентам технических направлений необходим дополнительный материал по экономической теории. Понимание основ экономики значительно увеличит эффективность познания дисциплины «УИП» [2,3].

В ходе сделанных улучшений мы получим следующее: студенты технических специальностей будут значительно лучше понимать материал, что увеличит их успеваемость по данной дисциплине. Также мы получаем экономию времени студентов, поскольку в случае, если студент слабо понимает материал во время лекционных (практических) занятий, то ему приходится изучать материал самостоятельно. В нашем случае, практически отпадает необходимость изучать материал самостоятельно, поскольку студенты будут хорошо понимать материал на лекционных (практических) занятиях.

Не стоит забывать про то, что если студент будет эффективнее понимать дисциплину «Управление инновационными проектами», он получит значительно больше полезных навыков, которые пригодятся в дальнейшей жизни, к примеру, если учащийся проявит желание заниматься научной деятельностью [4,5].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Инструменты управления инновационными проектами : учеб. пособие / М. А. Горькавый, В. П. Егорова, В. В. Болдырев. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2018. – 98 с.
2. Баранчев, В. П. Управление инновациями : учебник / В. П. Баранчев, Н. П. Масленникова, В. М. Мишин. – М. : Высшее образование, Юрайт-Издат, 2009. – 711 с. – (Университеты России).
3. Тускаева, М. Р. Методы и техника управления инновационными проектами / М. Р. Тускаева // Труды молодых ученых Владикавказского научного центра РАН. – 2014. – Т. 14. – № 4. – С. 76-81. – EDN UDXWVZ.
4. Финогеев М.А., Полохова Д.А., Горькавый М.А. Разработка методики ведения проектной деятельности ориентированной на сокращение временных ресурсов при планировании и распределении задач проекта // В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях. 2021. С. 255-258.
5. Горькавый М.А., Болдырев В.В. Особенности подготовки магистров по направлению 27.04.04 "управление в технических системах" //В сборнике: Современное образование: проблемы взаимосвязи образовательных и профессиональных стандартов. Материалы международной научно-методической конференции. 2016. С. 126-128.

Болдырев Владислав Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры управления инновационными процессами и проектами, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Boldyrev Vladislav Vyacheslavovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department of innovation process and project management, Komsomolsk-na-Amure State University

Мурзин Никита Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Murzin Nikita Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗАКАЗЧИКА И ИСПОЛНИТЕЛЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

DEVELOPMENT OF A DIGITAL SERVICE MODEL TO ENSURE EFFECTIVE INTERACTION BETWEEN THE CUSTOMER AND THE CONTRACTOR OF REPAIR WORK

Аннотация. В работе приведены результаты на основе исследования модели процесса взаимодействия заказчика и исполнителя ремонтных работ. Произведен поиск подхода для повышения эффективности процесса, через применение метода «системный оператор». Предложен подход к автоматизации подбора исполнителя ремонтных работ средствами алгоритма, реализуемого открытой облачной платформой.

Abstract. The paper presents the results based on the study of the process model of interaction between the customer and the contractor of repair work. A search was made for an approach to increase the efficiency of the process, through the use of the "system operator" method. An approach to automating the selection of a repair contractor by means of an algorithm implemented by an open cloud platform is proposed.

Ключевые слова: автоматизация, инновационный проект, облачные сервисы, моделирование процессов.

Key words: automation, innovative project, cloud services, process modeling.

Введение

В настоящее время множество рутинных повседневных процессов уже имеют своего цифрового двойника. Например, сервисы по доставке еды [1], заказа такси [2], вывоза мусора и многие другие. Все эти сервисы начинались с описания и автоматизации простых процессов, где задействованы объекты, которые поддаются тривиальной классификации, так как имеют узкий набор параметров. Сложность при проектировании подобных автоматизированных сервисов часто связана с идентификацией объекта. И действительно, если описать алгоритм такого процесса, как «замена перегоревшей лампы» возникает множество вопросов связанных с идентификацией объекта автоматизации. Причина поломки? Вид лампы? Стоимость замены и другие параметры, которые сложно классифицировать однозначно. В настоящей работе будет рассмотрен процесс взаимодействия заказчика и исполнителя ремонтных работ.

Основная часть.

С целью разработки нового решения, предложено рассматривать процесс как систему, имеющую предшествующую итерацию развития и прогнозируемую будущую. Для того, чтобы сделать предположение о будущем развитии системы, воспользуемся эмпирическим методом ТРИЗ [3] «Системный оператор» рисунок 1. Этот метод позво-

лит сделать предположение на основе анализа данных о предыдущем опыте применения аналога системы и выстроить логику развития на уровне «идеи».

В прошлом для замены вышедшего из строя элемента необходимо было найти в рекламном объявлении номер телефона специалиста, сформировать заявку и согласовать время и место, на котором необходимо устранить неисправность. В настоящее время человеку, которому необходимо устранить неисправность, требуется найти на определенных сайтах номер телефона специалиста и сформировать заявку на исполнение ремонтных работ. В будущем заказчику будет достаточно зайти в приложения для формирования заявки без звонков специалисту.

Техническое противоречие 1: при уменьшении количества затраченного времени на поиск необходимого мастера, недопустимо увеличивается процент брака

Техническое противоречие 2: при увеличении времени на поиск необходимого специалиста, недопустимо увеличивается время существования неисправности

Усиление противоречия: при уменьшении количества брака, за счет увеличения времени поиска подходящего исполнителя, недопустимо увеличивается время существования неисправности

Для решения технического противоречия необходимо применить один из 40 способов устранения технического противоречия [4], а именно принцип универсальности. Принцип универсальности действует по следующему правилу: объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах. После внедрения принципа универсальности появляется совершенно новый продукт - приложение для телефона, который будет объединять заказчика и исполнителя ремонтных работ

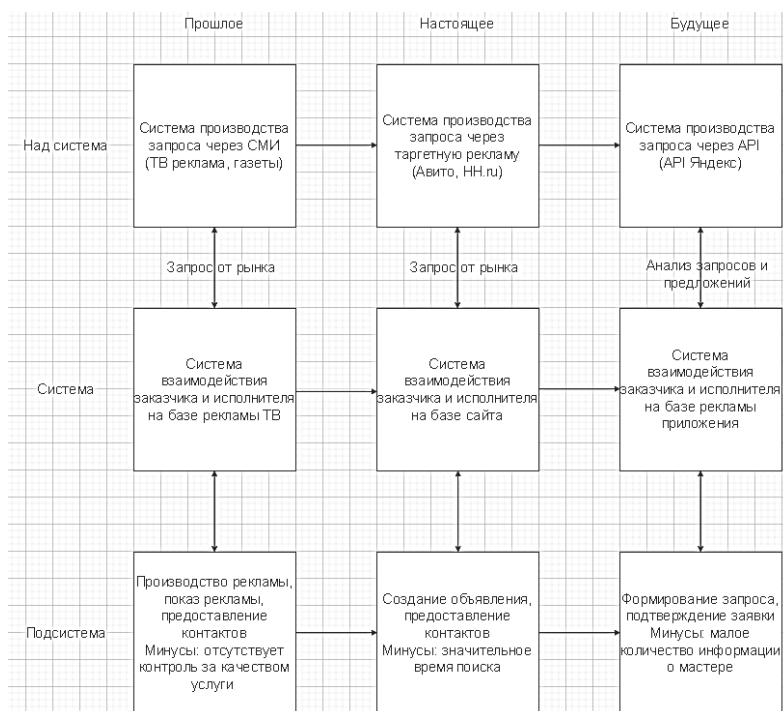


Рисунок 1 – Системный оператор

Заключение

Был рассмотрен процесс взаимодействия заказчика и исполнителя ремонтных работ, а также выявлена проблема, которая отражает зависимость между некачественно выполненной работы и временем существования неисправности. Предложено автоматизировать процесс подбора исполнителя за счет облачного сервиса с интегрированной системой распознавания объекта, необходимого для устранения неисправности и рекомендательной системы, ускоряющей поиск исполнителя ремонтных работ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лугинина К.С., Сможенкова С.В. Анализ показателей эффективности компаний по обеспечению сервиса доставки еды // Сибирская академическая книга. 2021. 94-101с.
2. Андриянов Н.А., Данилов А.Н. Сервис службы заказа такси с прогнозированием статистики на основе комплексных математических моделей // Успехи современной науки. 2016. 114-116с.
3. Пустовая О.В. Системный оператор - инновационная технология творчества // Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики материалы международной научно-методической конференции. 2022. 132с.
4. Болдырев, В.В. Agile методы в управлении инновационным проектом по разработке программного обеспечения // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: Материалы V Международной научно-практической конференции. 2021. 183-186с.
5. Горькавый М.А., Егорова В.П., Болдырев В.В. Инструменты управления инновационными проектами // Учебно-практическое пособие для студентов направления 27.03.05 «Инноватика», 27.04.04. «Управление в технических системах» всех форм обучения. 2018. 105с
6. Соколова В.С., Зайченко И.В. Бизнес планирование инновационно-технологического проекта // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2021. 250-252с.

УДК 65.011.56

Болдырев Владислав Вячеславович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры управления инновационными процессами и проектами, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Boldyrev Vladislav Vyacheslavovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Management of Innovative Processes and Projects, Komsomolsk-na-Amure State University

Рудов Александр Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Rudov Alexander Vladimirovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПРОЕКТА ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗАКАЗЧИКА И ИСПОЛНИТЕЛЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

DEVELOPMENT OF A MODEL OF THE OBJECT RECOGNITION SYSTEM FOR THE PROJECT OF DIGITAL SERVICE OF INTERACTION OF THE CUSTOMER AND THE REPAIR PERFORMER

Аннотация. В работе рассмотрен процесс анализа данных, на основе которого планируется разработка алгоритма распознавания объектов в рамках функционирования цифрового сервиса автоматизирующего взаимодействие заказчика и исполнителя ремонтных работ. Предложена схема отображающая взаимодействие объектов в ходе решения задачи классификации объектов средствами машинного обучения. Предложены основные принципы работы будущей модели системы распознавания изображенных объектов. Сформулирована задача разработки новой автоматизированной системы идентификации объектов.

Abstract The paper considers the process of data analysis, on the basis of which it is planned to develop an object recognition algorithm within the framework of the functioning of a digital service that automates the interaction of the customer and the contractor of repair work. A scheme showing the interaction of objects in the course of solving the problem of object classification by means of machine learning is proposed. The basic principles of the future model of the system for recognizing the depicted objects are proposed. The task of developing a new automated object identification system is formulated

Ключевые слова: распознавание объектов, гипотеза, база данных, машинное обучение.
Key words: object recognition, hypothesis, database, machine learning.

Введение

Распознавание объектов по изображению является одним из развивающихся направлений автоматизации, которое помогает улучшить взаимодействие пользователя и исполнителя.

Распознавание объектов — это метод компьютерного зрения для идентификации объектов на изображениях или видео. Распознавание объектов является основным результатом алгоритмов глубокого и машинного обучения.

Технология распознавания объектов позволяет в наше время сократить расходы и обезопасить ведение бизнеса. В настоящее время рынок компьютерного зрения не собирается останавливаться на достигнутом и продолжает расти, это позволяет с каждым годом улучшать методы распознавания изображения делая их более точными и производительными

Актуальной проблемой является взаимодействие заказчика и исполнителя ремонтных работ для цифрового сервиса, заказчик может не знать какая помощь ему требуется и именно модель распознавания объектов поможет точно донести информацию для исполнителя.

Цифровой сервис предназначен для предоставления оперативной информации исполнителю, полученной от заказчика. Заказчик формирует запрос при помощи алгоритма, в котором предполагается распознавание неисправного объекта на изображении. Такое решение существенно упрощает взаимодействие заказчика и исполнителя, так как наглядным образом позволит отобразить неисправность и объем работы, который потребуется, так же это сократит время устранения неисправности в целом.

Основная часть

Каждая решаемая задача связана с конкретным пользователем (заказчиком) (рис. 1). Схема взаимодействия на рис. 1 позволяет каждому объекту поставить в соответствие некоторый набор функций. Чтобы автоматизировать процесс решения задачи, необходим соответствующий набор инструментов (технология), реализующих требуемую для этого функциональность. Схематично процесс автоматизации можно описать в виде импликации: технология >> компьютерная система >> результаты решения задачи.

Принцип работы системы распознавания объектов.

Терминология:

Ограничивающая рамка – координаты, которые выбирают только определенную область на изображение, чаще всего в виде прямоугольника.

Гипотеза – определенный регион изображения (заданный с помощью ограничивающей рамки), в котором предположительно находится объект.

Обучение от начала до конца – метод обучения, при котором в базу поступают необработанные и неизученные изображения, в результате на выход приходят готовые ответы.

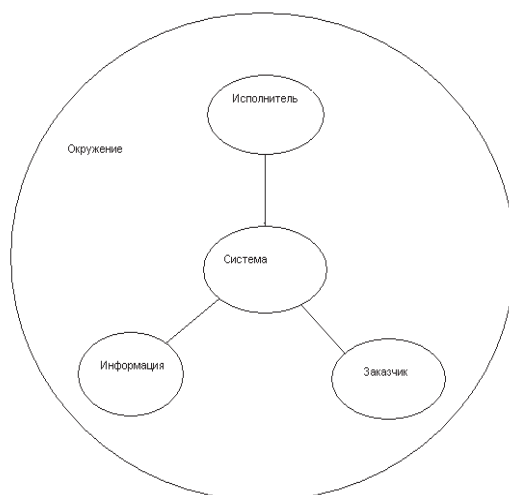


Рисунок 1 - Схема взаимодействия информации и заказчика к исполнителю

Процесс анализа данных

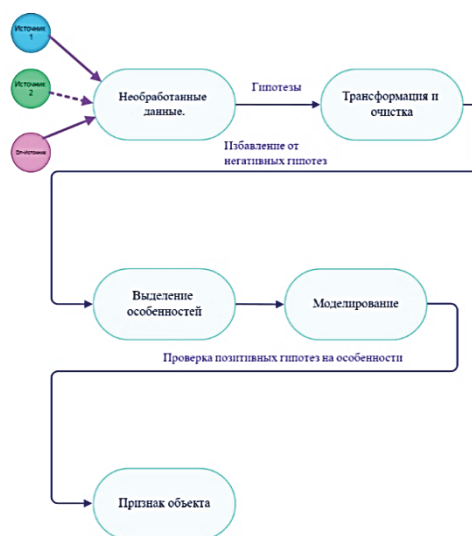


Рисунок 2 – Процесс анализа данных

Одним из первых подходов для определения объекта по картинке работает по 5 шагам.

1. Определяется особенности и параметры гипотез.
2. Извлечение из предполагаемых регионов признаков с помощью сверточной нейронной сети и их кодирование в вектор.
3. Классификация объекта внутри гипотезы на основе вектора из шага 2.
4. Улучшение (корректировка) координат гипотезы.
5. Все повторяется, начиная с шага 2, пока не будут обработаны все гипотезы с шага 1.

Для правильной работы модели распознавания объектов необходимо создать базу данных с большим количеством изображений, в которой они будут подразделяться на позитивные гипотезы и на негативные гипотезы.

Обозначение негативных и позитивных гипотез происходит по методу определения на картинке объекта, фон и незначительная часть объекта будет называться негативной гипотезой, а те гипотезы, которые содержат объекты, называются позитивными.

Созданная база данных будет выступать базой для машинного обучения, алгоритм разделяет характеристики изображения на отдельные категории, а затем использует эту информацию при анализе и проверке новых объектов.

На рисунке 2 видно как происходит процесс анализа данных изображения, данные подаются в неподготовленном виде и хранятся в базе данных, далее происходит «очистка» и подготовка данных (поиск особых признаков), потом происходит проверка гипотез на позитивные и негативные и на выход идет ответ на то находится ли на изображение лампочка.

Заключение

Предложенный подход, может существенно сократить проблему распознаванию объекта по изображению за счет ускорения итерации проверки гипотез об идентифицируемом изображении. Сформулированный подход станет основой для дальнейшего исследования, как проекта разработки цифрового сервиса «Лампочка» и автоматизирует взаимодействие заказчика и исполнителя ремонтных работ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лугинина К.С., Сможенкова С.В. Анализ показателей эффективности компаний по обеспечению сервиса доставки еды // Сибирская академическая книга. 2021. 94-101с.
2. Андриянов Н.А., Данилов А.Н. Сервис службы заказа такси с прогнозированием статистики на основе комплексных математических моделей // Успехи современной науки. 2016. 114-116с.
3. Пустовая О.В. Системный оператор - инновационная технология творчества // Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики материалы международной научно-методической конференции. 2022. 132с.
4. Болдырев, В.В. Agile методы в управлении инновационным проектом по разработке программного обеспечения // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы V Международной научно-практической конференции. 2021. 183-186с.
5. Горькавый М.А., Егорова В.П., Болдырев В.В. Инструменты управления инновационными проектами // Учебно-практическое пособие для студентов направления 27.03.05 «Инноватика», 27.04.04. «Управление в технических системах» всех форм обучения. 2018. 105с
6. Соколова В.С., Зайченко И.В. Бизнес планирование инновационно-технологического проекта // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2021. 250-252с.
7. Image Processing and Computer Vision // Math Works URL: <https://ch.mathworks.com/solutions/image-video-processing/object-recognition.html> (дата обращения: 11.10.2022).
8. R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, and J. Malik. «Region-based convolutional networks for accurate object detection and segmentation.» TPAMI, 2015

Болдырев Владислав Вячеславович, кандидат технических наук, старший преподаватель, кафедры «Управление инновационными проектами и процессами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Boldyrev Vladislav Vyacheslavovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of "Management of Innovative Projects and Processes", Komsomolsk-na-Amure State University

Самар Константин Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Samar Konstantin Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЛИДОГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТА ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗАКАЗЧИКА И ИСПОЛНИТЕЛЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА БАЗЕ СЕТЕВОГО РЕСУРСА

DEVELOPMENT OF A LEAD GENERATION MODEL FOR A DIGITAL SERVICE PROJECT OF INTERACTION BETWEEN THE CUSTOMER AND THE CONTRACTOR OF REPAIR WORK BASED ON A NETWORK RESOURCE

Аннотация. В работе рассматривается принцип работы лидогенерации с контактными данными посетителей. Предложен контекстный уровень модели процесса «Обработка данных пользователей» в нотации *idef0*. Рассмотрены основные термины характеризующие элементы процесса. Предложена структурная схема отображающие принцип построения потока данных в процессе. Сформулирована проблема и задача разработки автоматизированной системы лидогенерации.

Abstract. The paper discusses the principle of lead generation with the contact details of visitors. The contextual level of the "User data processing" process model in *idef0* notation is proposed. The main terms characterizing the elements of the process are considered. A block diagram is proposed that reflects the principle of constructing a data flow in the process. The problem and the task of developing an automated lead generation system are formulated.

Ключевые слова: лидогенерация, лид, структурная схема, лендинг.

Key words: lead generation, lead, block diagram, landing.

Введение

По мере того, как цифровые устройства становятся все более популярными, количество цифровых точек соприкосновения в использовании клиентом интернета постепенно растёт. Чем дороже, сложнее и индивидуальнее продукт или услуга, тем больше вероятность того, что потребители будут активно исследовать эти продукты в интернете и искать рекомендации в процессе покупки.

Объектом исследования данной работы при разработке модели лидогенерации является обработка данных посетителей сайта, которые посещают его для поиска информации о продукте/услуге.

Актуальной проблемой при взаимодействии заказчика и исполнителя ремонтных работ для цифрового сервиса «Лампочка» выступает отсутствие у потенциальных клиентов информации о нашем сервисе и малая клиентская база. Потому данная модель позволяет клиенту ознакомиться с предоставляемыми услугами.

Основная часть

Процесс обработки данных пользователей на рисунке 1 подразумевает взаимодействие с посетителем сайта для привлечения его внимания к товару или услуге при помо-

щи инструментов лидогенерации, которые заинтересуют пользователя стать клиентом сервиса, оставить свои контактные данные и взаимодействовать с сервисом далее.

Терминология:

Лидогенерация – тактика маркетинга, суть которого состоит в формировании базы потенциальных клиентов с определёнными контактными данными.

Лид – потенциальный клиент, соответствующий потенциальной аудитории и проявивший интерес к товарам или услугам.

Лендинг – одностраничный сайт с краткой информацией о услуге или товаре, задачей которого является сбор контактных данных посетителей.

CRM – это система управления взаимоотношениями с клиентом посредством сбора данных о клиентах и формирования профилей для последующей работы.

Таргетированная реклама (таргет-реклама) – способ онлайн-рекламы, в котором используются методы и настройки поиска целевой аудитории в соответствии с заданными параметрами людей, которые могут интересоваться рекламируемым товаром или услугой.

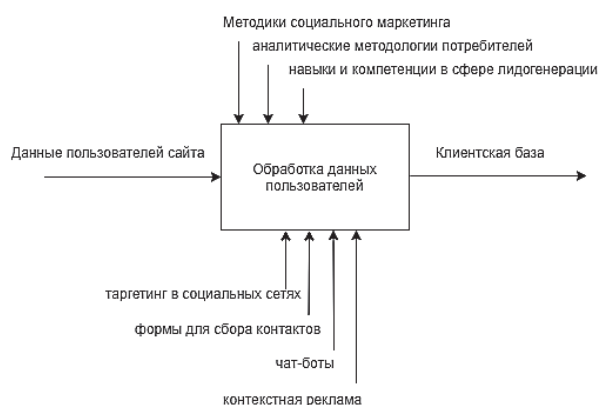


Рисунок 1 - Модель процесса обработки данных пользователя

Классификация лидов выделяет четыре типа:

1) Холодный лид – посетитель, который зашёл на ресурс и оставил данные, но ничего не приобрёл;

2) Горячий лид – посетитель, который точно хотел купить товар или услугу, оформил заказ, но не оплатил по определённой причине;

3) Валидный лид – посетитель, чьи контактные данные соответствуют требованиям целевой аудитории;

4) Неважный лид – посетитель, чьи контактные данные не соответствуют требованиям целевой аудитории.

Принцип работы модели лидогенерации

Рассматриваемая модель лидогенерации на рисунке 2 отражает алгоритм работы системы, при котором обработка данных посетителя может повысить приток клиентской базы к цифровому сервису ремонтных работ «Лампочка».

Рассмотрим основные этапы работы модели лидогенерации:

1. Посетитель, при помощи таргетированной рекламы, переходит на лендинг;
2. Посетитель ознакоми́вается с предоставляемой услугой и оставляет заявку на работу;

2.1. Если посетитель не намерен приобрести услугу, но оставил контактные данные, на выходе с сайта открывается контекстное окно с предложением о скидке;

2.2. Если посетитель пропустил контекстное окно, то при помощи таргет-рекламы ему предлагается информация о нашем сайте с другим содержанием;

2.3. Если посетитель не оставил заявку, ему предлагают таргет-рекламу на сайт-квиз, где позволяют пройти опрос с получением консультации по продукту;

- 2.4. Если посетитель не перешёл на сайт-квиз, ему предлагается таргет-реклама лендинга с обновлённым содержанием по искомой услуге;
- 2.5. Если посетитель не отреагировал на таргет-рекламу, ему предлагается реклама в социальных сетях;
- 2.6. Если посетитель не отреагировал на рекламу в социальных сетях, то его добавляют в базу ретаргетинга для рекламы через определённый промежуток времени;
3. Клиент становится лидом и попадает в CRM систему;
4. При наличии электронной почты или телефона, ему отправляются письма с информацией о услуге или производится обзвон клиента;
5. После удачного контакта с клиентом производится его квалификация, которая определяет его к целевой аудитории;
- 5.1. Если с клиентом не налажена связь, то определяется причина и данные отправляются в CRM систему или забываем о нём;
6. Квалификация клиента проведена, и он относится к необходимой целевой аудитории;
7. Клиента и его заявку перенаправляют в цифровой сервис.

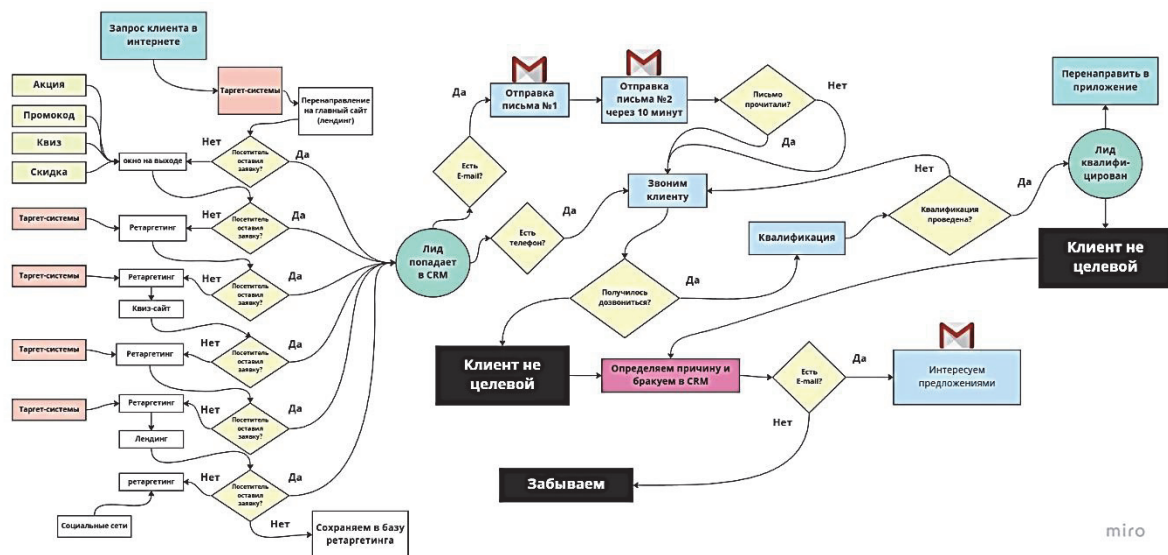


Рисунок 2. Структурная модель лидогенерации сайта

Заключение

Разработанная модель лидогенерации для цифрового сервиса взаимодействия заказчика и исполнителя ремонтных работ позволяет решить проблему ознакомленности потенциальных клиентов с сервисом и повысить его клиентскую базу.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Болдырев, В.В., Agile методы в управлении инновационным проектом по разработке программного обеспечения // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы V Международной научно-практической конференции. 2021. 183-186с.
2. Горькавый М.А., Егорова В.П., Болдырев В.В. Инструменты управления инновационными проектами // Учебно-практическое пособие для студентов направления 27.03.05 «Инноватика», 27.04.04. «Управление в технических системах» всех форм обучения. 2018. 105с

Буровская Ольга Максимовна, студент, Комсомольский-на-Амуре Государственный Университет.

Burovskaya Olga Maksimovna student of Komsomolsk-na-Amure State University.

Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление инновационными процессами и проектами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavyu Mikhail Alexandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Management of Innovative Processes and Projects, Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavy Aleksandr Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В СОЦИО-КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

MODELING AND OPTIMIZATION OF THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR IN A SOCIO-CYBER-PHYSICAL SYSTEM

Аннотация. Работа посвящена анализу влияния человеческого фактора на процесс взаимодействия человека и коллаборативного робота-манипулятора, определению способа моделирования процесса, а также структуры человеческого фактора. В работе представлен графический материал, описывающий структуру человеческого фактора на базе нечёткой логики. Определены критерии эффективности совместной работы человека и робота, выбраны ключевые критерии, влияющие на процесс моделирования человеческого фактора в робототехническом комплексе, также определены ключевые критерии для каждого выбранного параметра физического, психологического состояния и состояния компетентности сотрудника. В ходе исследования был проведён анализ наилучшего способа моделирования для данной задачи, сформированы выводы, учитывающие плюсы выбранного метода.

Abstract. The work is devoted to the analysis of the influence of the human factor on the process of interaction between a person and a collaborative robot-manipulator, the definition of a method for modeling the process, as well as the structure of the human factor. The paper presents a graphical material describing the structure of the human factor based on fuzzy logic. In the course of the work, the criteria for the effectiveness of the joint work of a person and a robot were determined, key criteria were selected that affect the process of modeling the human factor in a robotic complex, and key criteria were also determined for each selected parameter of the physical, psychological state and state of competence of an employee. In the course of the study, an analysis of the best modeling method for this problem was carried out, conclusions were drawn that take into account the advantages of the chosen method.

Ключевые слова: коллаборативный процесс, человеческий фактор, робот-манипулятор, модель, нечёткая логика.

Key words: collaborative process, human factor, robotic arm, model, fuzzy logic.

В настоящее время всё чаще встаёт вопрос о взаимодействии робота и человека, создаются специальные технологии для такого коллаборативного процесса, однако эта сфера всё ещё является развивающейся. Киберфизические системы (Cyber-Physical

System, CPS) – это системы, состоящие из различных природных объектов, искусственных подсистем и управляющих контроллеров, позволяющих представить такое образование как единое целое. В CPS обеспечивается тесная связь и координация между вычислительными и физическими ресурсами. Сложность такого рода задач приводит к мысли о том, что речь не идет о создании автоматизированных систем, более крупных, чем существующие, где компьютеры интегрированы или встроены в те или иные физические устройства или системы. Речь о гармоничном сосуществовании двух типов моделей. С одной стороны - это традиционные инженерные модели, а с другой - модели компьютерные.

Предшественниками CPS можно считать встроенные системы реального времени, распределенные вычислительные системы, автоматизированные системы управления техническими процессами и объектами, беспроводные сенсорные сети. За последнее десятилетие было написано несколько научных статей, объясняющих понятие киберфизических систем. Согласно одному из исследований, количество научных статей, посвящённых этому термину, каждый год увеличивается примерно на 40%, что демонстрирует быстрорастущий интерес к этому понятию в научных кругах. В своих статьях исследованием человеческого фактора и изучением способов его моделирования занимаются такие учёные, как Д.А. Вишнеvский, А.Л. Сотников, аспекты таких исследований можно наблюдать в работах А.И. Козлова, М.И. Котика, Е.Д. Чернова и других. В настоящее время киберфизические системы получили широкое применение и охватывают различные области, например, транспорт, здравоохранение, перерабатывающую промышленность и так далее. Отрасли промышленности являются более заинтересованными в применении подобных систем. Основными преимуществами киберфизических систем являются:

Оптимизация производственных процессов.

Эффективное использование ресурсов

Переход к индивидуальному производству, ориентированному на человека.

На данный момент в киберфизических системах решаются вопросы взаимодействия человека с машиной, социальные аспекты, проблемы кибербезопасности. Основными целями развития киберфизических систем являются: разработка передовых производственных технологий, минимизация негативного воздействия технологий на окружающую среду и разработка гибких систем.

Одно из главных отличий человека от робота – способность решать нечётко сформулированные задачи. Это обуславливается полиморфностью естественного языка, на котором говорят люди. Для машины же требуется математический язык для описания того, что ей нужно сделать, он не обладает той же гибкостью, что и естественный. Однако математический язык, однозначный по своей природе, может применяться как многозначный, если заменить написание законов на модели. Именно модели позволяют примерно приблизить понимание нечётких задач роботом к человеческому пониманию таких задач.

В соответствии с этим, целью работы является определение модели структуры человеческого фактора, а также метода его моделирования. Задачами работы являются: подбор методов создания модели социо-киберфизической системы, конкретизация параметров человеческого фактора и его переменных, определение способа оценки влияния человеческого фактора на процесс работы.

Одним из способов создания модели взаимодействия робота и человека, в нашем случае, является имитационное моделирование. Этот способ хорош тем, что позволяет отразить нелинейность, дискретность, вероятность тех или иных событий, а также логику и разновидность элементов системы. Для модели очень важным фактором является самообучение и дообучение, так как необходимо, чтобы робот заранее предвидел, к

примеру, столкновение и обходит препятствие. Для этого нужно проводить несколько тестов модели, в которых ситуация вокруг робота будет меняться. Отслеживать поведение системы нужно в реальном времени и при помощи интерфейса, отображающего робота, его рабочую среду и человека. Так мы будем иметь возможность следить за тем, как робот обходит препятствия, на каком моменте ошибается. Числовые показатели не дадут настолько наглядной информации о работе модели, именно для этого и необходим интерфейс.

Кроме того, для качественной работы с роботом и оператору необходимо иметь определённые компетенции, навыки и знания. Проще говоря, человек должен быть готов к такому необычному взаимодействию. Из этого выливается потребность в моделировании компетенций персонала. Обе модели, что робота, что человека, должны будут объединяться в общей модели, чтобы осуществить непосредственно моделирование коллаборативного процесса. Модель оператора также должны учитывать его состояние на момент работы. К примеру, неопытный сотрудник медленнее среагирует на нестандартную ситуацию и примет меры, плохое физическое состояние может быть причиной игнорирования сотрудником системы оповещения. Одним из самых удобных способов моделирования таких объектов является моделирование на базе нечёткой логики. Таким образом, предлагается создать модель человеческого фактора с помощью этого инструмента моделирования.

Каждый параметр состояния человека, влияющий на процесс совместной работы, должен иметь определённое значение для того, чтобы можно было создать адекватную модель, где каждый параметр примерно отражает реальное состояние переменных. Так мы можем выделить несколько основных критериев, по которым будет оцениваться модель человека в системе: физическое состояние, компетентность и психологическое состояние. Каждый из этих критериев делится на переменные и их термы, определяющие его конечное значение. В таблице 1 представлено название входной переменной и её значения, в пределах которых лежат минимальные значения, средние и максимальные.

Таблица 1 – Ключевые переменные физического состояния человека и их допустимые значения

Переменная	Минимум	Среднее значение	Максимум
Пульс, в уд. в мин.	70	127-156	195
Скорость реакции, в у.е.	1-4 (медленно)	4-7 (допустимо)	7-10 (быстро)

Переменные выбраны исходя из оказания их влияния на процесс работы человека. На данном этапе исследования выделены всего две переменные, так как имеют изначально чёткий формат исчисления, соответственно, их проще выявить и дать оценку. На дальнейших этапах количество переменных будет увеличиваться. Пульс показывает уровень давления человека, это важно отслеживать для его же собственной безопасности. Если человек испытывает стресс, количество ударов сердца увеличивается, это влияет также на его действия, внимание к работе и происходящему вокруг. Переменная «скорость реакции» обеспечивает уменьшение вероятности возникновения нестандартных ситуаций и степень их влияния на систему. Пульс также влияет на эту скорость. Каждая переменная делится на лингвистические переменные, которые помогают человеку быстрее понять её состояние. В таблице 1 они располагаются в первой строчке, начиная со второго столбца. Цифры, указанные в этих столбцах, представляют собой универсальные множества, для каждого оно своё. Пульс оценивается в пределах от 70 до 195, в соответствии с реальными измерениями. Скорость реакции оценивается иначе, универсальное множество в нём состоит из условных единиц, представляет собой баллы от 1 до 10. Если состояние человека неудовлетворительное, к примеру, давление высокое, скорость реакции теряет баллы и опускается на соответствующий уровень (низкий).

В таблицах 2 – 3 указаны переменные и их значения для компетентности и психологического состояния сотрудника.

Таблица 2 – Ключевые значения психологического состояния человека и их допустимые переменные

Переменная	Минимум	Среднее значение	Максимум
Скорость принятия решений, в у.е.	1-3	3-6	7-10
Усталость, в у.е.	1-4	4-6	6-10

Таблица 3 – Ключевые значения компетентности человека и их допустимые переменные

Переменная	Минимум	Среднее значение	Максимум
Знания, в у.е.	1-4	4-7	7-10
Умения, в у.е.	1-4	4-6	6-10
Навыки, в у.е.	1-3	3-6	6-10

Компетентность, как видно из таблицы 3, складывается из знаний, умений и навыков. В нашей системе они будут оценены при помощи шкалы от 1 до 10. Сотрудник может набрать по каждому критерию разное количество баллов, их суммарное значение определит его компетентность, подойдёт ли он для совместной работы с роботом. В качестве знаний будут оцениваться знания сотрудника о работе или системе, с которой ему предстоит работать, навыки учитывают его практическую подготовку, насколько умело сотрудник обращается с оборудованием, знает ли его особенности, степень автоматизма выполняемых задач. Умения включают в себя оценку освоенных сотрудником способов выполнения действий применительно к роботу, его понимание, как предотвратить нештатную ситуацию при её возникновении.

Так как блок влияния человеческого фактора на коллаборативный процесс будет создаваться на базе нечёткой логики, его структура будет выглядеть следующим образом (рисунок 1).

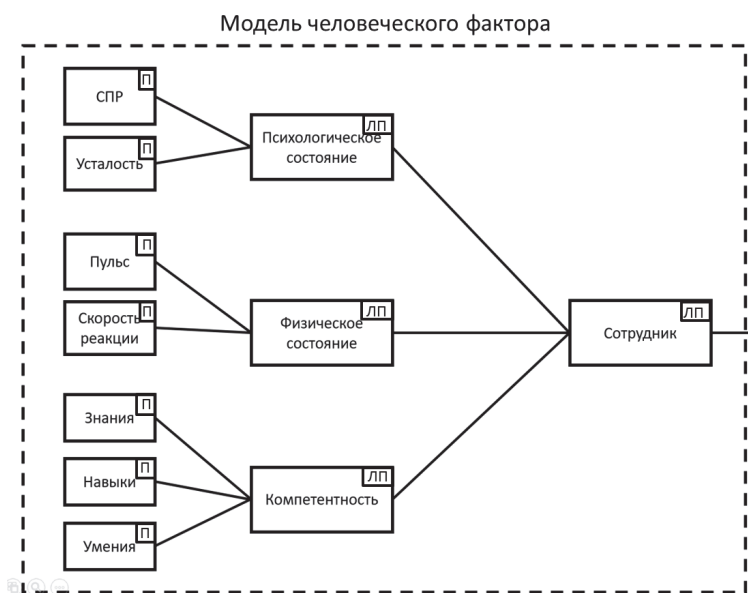


Рисунок 1 – Структура модели человеческого фактора, где ЛП – лингвистическая переменная, П – переменная, выраженная чётким значением

Структура была составлена исходя из выбранного метода моделирования. Из рисунка видно, что каждая переменная относится к соответствующему блоку психологического состояния, физического состояния или компетентности. В блоках записаны переменные, обозначенные в таблицах 1-3. При помощи инструмента нечёткой логики

оценка каждой переменной будет формировать оценку состояния, к которому относится. В свою очередь, эти критерии также становятся переменными для общего блока «сотрудник», оценка каждого из них формирует объективную оценку общего состояния человека, после этого оценка начинает влиять на весь процесс совместной работы в общей модели, для этого её нужно подключить к ней.

Важно понимать, что человек ни в коем случае не должен мешать роботу в его работе, если мы хотим на выходе получить действительно продуктивное взаимодействие. Так производство будет может понести убытки, например, в виде большого энергопотребления, хоть этого можно было избежать. Продуктивность работы в такой системе может выражаться в:

Уменьшении времени работы.

Увеличении качества работы.

Снижении трат времени на проверку проделанной роботом работы.

Уменьшении энергозатрат за счёт особой траектории перемещения.

В результате работы было принято решение разработать блок человеческого фактора на базе нечёткой логики, определены критерии формирования общей оценки состояния человека, важные для работы системы в целом, составлены предварительные переменные, влияющие на них. Всё это сформировало общее представление о моделировании человеческого фактора в процессе коллаборации робота и человека. Внедрение коллаборативного процесса должно приносить однозначно положительный эффект для производства, иначе оно просто не имеет смысла.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счёт средств КнАГУ №ВН002/2020.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Социо-кибер-физические системы // infopedia URL: <https://infopedia.su/26xd3a0.html> (дата обращения: 26.11.2022).

2. Горькавый М.А. Объектно-ориентированный анализ и проектирование системы оценки и формирования компетентности технического персонала промышленного предприятия / М.А. Горькавый, В.А. Соловьёв // Объектные системы – 2010: Материалы I Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2010.

3. Применение киберфизических систем в нефтегазовой промышленности: перспективы и проблемы // ResearchGate URL: https://www.researchgate.net/publication/348550156_Primerenie_kiberfiziceskih_sistem_v_neftegazovoj_promyslennosti_perspektivy_i_problemy (дата обращения: 26.11.2022).

4. Вишневский Д.А., Сотников А.Л. Математическое моделирование влияния человеческого фактора на безотказность оборудования машиностроительных цехов металлургических предприятий / Вишневский Д.А., Сотников А.Л. // Journal of advanced research in technical science, 2021.

Ворощенко Василий Даниилович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Voroschenko Vasilii Daniilovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление инновационными процессами и проектами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavyu Mikhail Alexandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Management of Innovative Processes and Projects, Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavyu Aleksandr Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ КОЛЛАБОРАТИВНЫМ РОБОТОМ В РАМКАХ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION PROCESSES BY A COLLABORATIVE ROBOT WITHIN A CYBER-PHYSICAL SYSTEM

Аннотация. В статье представлен метод оптимизации роботизированной ячейки на базе коллаборативного робота с помощью математической модели, рассчитывающей кинематику устройства, и киберфизической системы его электроприводов. Результатом работы будет являться траектория, характеризующаяся координатами контрольных точек, которой будет соответствовать минимальное значение требуемых на выполнение времени и электроэнергии.

Abstract. The article presents a method for optimizing a robotic cell based on a collaborative robot using a mathematical model that calculates the kinematics of the device and the cyber-physical system of its electric drives. The result of the work will be a trajectory, characterized by the coordinates of control points, which will correspond to the minimum value of the time and electricity required to complete.

Ключевые слова: энергопотребление, киберфизическая система, кинематическая схема робота, оптимизация, управление.

Key words: energy consumption, cyber-physical system, kinematic diagram of the robot, optimization, control.

Введение

В России множество промышленных предприятий, для улучшения их работы необходимо проводить роботизацию. Но для большего контроля и регулирования производственных процессов следует внедрять коллаборативные роботизированные ячейки, позволяющие человеку непосредственно влиять на выполняющиеся роботизированные процессы. В данной статье будет изложена концепция оптимизации такого взаимодействия.

Основная часть

Роботизация производства – автоматизация производственного процесса по средством внедрения роботов. Выполняемые им операции могут неоднократно повторяться с высокой точностью, что значительно повышает качество. Однако не всегда полностью удастся исключить человека из процесса. В этом случае используются коллаборативные роботы. Например, для выполнения операций, связанных с созданием

усилия, которое сложно выполнить человеку. Человек может безопасно находиться в рабочей зоне такого робота и оказывать на него физическое воздействие.

Поскольку эта производственная ячейка совершает многократное количество операций в день, то снижение потребления электроэнергии роботом даже на несколько процентов может оказать существенное влияние на суммарное энергопотребление.

Изменение затрат на выполнение перемещений робота происходит за счет изменения траектории его движения. Она характеризуется точками, через которые проходит: начальная и целевая. Эти точки задаются исходя из ограничений зоны, в которой может робот захватывать переносимые объекты и выгружать. Каждая такая зона может содержать некоторое множество точек. Из этих точек можно сформировать массив всех возможных траекторий. И если бы предоставлялось возможным получить данные об энергетических затратах робота на эти траектории, то можно было бы определить траекторию с минимальными затратами [1]. Проводить такие исследования на отдельно взятом роботе под одну типовую траекторию нецелесообразно, поскольку займет большое количество времени.

Предлагается разработать для этого имитационную модель, основанную на киберфизической модели электроприводов. Она позволит проводить расчет затрат энергии и времени на траекторию, которую может выполнить робот между двумя точками.

Для этого необходимо получить данные об отклонении каждой оси робота для изменения начального положения рабочего органа в конечное. Для этого модель должна решить прямую и обратную задачи кинематики. Прямая предназначена для определения положения рабочего органа, исходя из информации о положении каждой оси робота. А обратная определяет положение осей робота исходя из положения эффектора [2].

Вначале модель идентифицирует данные траектории (начальные и конечные точки), затем рассчитывает из них отклонение каждой оси и передает в блок графического отображения для визуализации виртуальной модели робота в заданных положениях осей. Из этих же данных рассчитывается прямая задача кинематики и на ее результате строится запланированная траектория. Этот этап необходим для проверки правильности полученного решения на втором этапе. Поскольку обратная задача может быть решена неоднозначно. Ниже представлена описанная выше последовательность операций модели (рисунок 1).

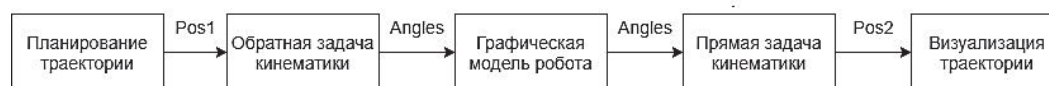


Рисунок 1 – Последовательность операций модели

В результате работы этой системы получают углы отклонения каждой оси, которые можно использовать в киберфизических моделях электроприводов роботов.

Одна такая модель принимает целевое значение отклонения и выводит сигнал о положении ротора. Эта модель предусматривает вывод данных о затратах времени и электроэнергии на приведение ротора в целевое положение. Таким образом, если замерить время и электроэнергию выполнения траектории реальным роботом и сверить их с моделируемыми данными, то можно проверить модель на адекватность. И в случае несоответствия поменять настройки.

Таким образом, после формирования рабочих зон робота проводится поиск траектории, лежащей между зонами, которая имеет минимальные затраты времени и энергии.

Такой способ минимизации ресурсов подразумевает бесперебойный режим работы, но коллаборативный робот также способен работать, принимая физические воздействия из вне. В этом случае необходимо проводить корректирование траектории робота для отдельной операции непосредственно вовремя его работы. Ниже представлен алгоритм выполнения оптимизационных мероприятий во время выполнения операций (рисунок 2).

Перед началом выполнения операций роботом все также проводится поиск оптимальных траекторий, а только затем запуск. Во время их выполнения могут возникнуть физические помехи, в этом случае робот формирует соответствующий сигнал и передает информацию о своем изменившемся местоположении в управляющий блок. При поступлении сигнала снова проводится алгоритм перебора всех возможных траекторий от текущего положения робота в целевую зону и результат поступает в контроллер робота и приводится в исполнение.



Рисунок 2 –Алгоритм выполнения оптимизационных мероприятий во время работы робота

Такой метод позволяет провести минимизацию потребления ресурсов роботом в процессе выполнения его работы в рамках установленных ограничений. Роботизированная ячейка должна быть подключена к системе управления или блоку обработки сигналов робота для их анализа и последующей корректировки команд контроллера.

Заключение

Таким образом, было составлено представление о проведении мероприятий по минимизации затрачиваемых ресурсов роботизированной ячейки на основе коллаборативного робота с помощью имитационной модели на базе киберфизической системы.

Представленный метод имеет перспективы развития с применением технического зрения и датчиками 3D-LIDAR. Это позволит изменять траекторию движения робота для предотвращения возможных коллизий с нежелательными объектами. А также с применением искусственного интеллекта корректировать движение в зависимости от изменения целевой рабочей зоны.

Подобный подход также применялся для роботизированной ячейки по лазерной сварке на базе промышленных манипуляторов, только он предполагал выполнение оптимизационных мероприятий до запуска производственного процесса. Тем не менее было получено существенное снижение времени выполнения технологических операций, что говорит о работоспособности предлагаемых решений [3,4].

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ № ВН002/2020.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ефимов А.Ю., Горькавый М.А., Соловьев В.А. Идентификация нелинейных зависимостей энергопотребления промышленного робота в задачах повышения эффективности управления автоматизированным технологическим процессом // Электротехнические системы и комплексы. 2020. № 2(47). С. 64-71.
2. Борисов О.И., Громов В.С., Пыркин А.А., Методы управления робототехническими приложениями. Учебное пособие. - СПб.: Университет ИТМО, 2016. - 108 с
3. Кожевников М. М., Чумаков О. А., Шеменков В. М., Илюшин И. Э., Юркина А. А. Оптимизация траекторий промышленных роботов-манипуляторов для лазерной резки // Вестник Белорусско-Российского университета. 2020. №2 (67).
4. Лахменев А.С., Саушев А.В. Оптимизация электромеханических систем по критериям точности позиционирования и энергетическим затратам // НиКа. 2020.

Воскобойникова Александра Алексеевна, студентка, Комсомольский-на-Амуре Государственный Университет.

Voskoboynikova Alexandra Alekseevna, student of Komsomolsk-na-Amure State University.

Зайченко Илья Владимирович, кандидат технических наук, доцент Комсомольский-на-Амуре Государственный Университет.

Zaychenko Ilya Vladimirovich Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГЕКТАР» В ЦЕЛЯХ СТИМУЛИРОВАНИЯ ЭКО-ФЕРМЕРСКОГО ДВИЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE IMPLEMENTATION OF THE FAR EASTERN HECTARE PROGRAM IN ORDER TO STIMULATE THE ECO-FARMING MOVEMENT IN THE KHABAROVSK TERRITORY

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы эффективности реализации инновационных предпринимательских проектов в сфере эко-фермерства на территории Хабаровского края. Определены основные виды деятельности, представляющие интерес жителей края в рамках развития программы «Дальневосточный гектар». Проанализированы основные проблемы, которые препятствуют реализации эко-фермерского движения в Хабаровском крае. Особое внимание уделяется решению проблем для дальнейшего успешного развития сферы эко-фермерства с помощью программы «Дальневосточный гектар».

Abstract. The article considers the issues of the effectiveness of the implementation of innovative entrepreneurial projects in the field of eco-farming in the Khabarovsk Territory. The main types of activities of interest to the residents of the region within the framework of the development of the "Far Eastern Hectare" program have been identified. The main problems that hinder the implementation of the eco-farming movement in the Khabarovsk Territory are analyzed. Special attention is paid to solving problems for the further successful development of eco-farming with the help of the Far Eastern Hectare program.

Ключевые слова: инновации, предпринимательство, дальневосточный гектар.

Key words: innovations, entrepreneurship, Far Eastern hectare.

Самым большим федеральным округом в Российской Федерации является Дальневосточный федеральный округ (ДФО). На его территории, которая составляет 6,2 млн квадратных километров проживает всего 6,18 млн человек, что показывает сколько свободной земли по соотношению приходится на одного человека. По официальным данным Росстата, на территории ДФО в период с января по сентябрь 2021 года наблюдается сокращение населения из-за естественной убыли и миграции, что составило 16,5 тыс человек. Вследствие чего в настоящее время существует дефицит трудовых ресурсов внутри округа.

В связи с этим Правительством РФ было принято решение создать министерство по развитию Дальнего Востока (Минвостокразвития), основной задачей которого являлась разработка государственной программы, которая в дальнейшем позволила бы вернуть или же вызвать прирост населения в ДФО. Основным положением программы является Федеральный закон от 01.05.2016 №119 ФЗ «Об государственной или муниципальной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Данный закон

дает возможность получить гражданину в безвозмездное пользование 1 га земли для ведения предпринимательской деятельности, фермерского хозяйства или возведения жилого дома.

В программе «Дальневосточный гектар» участвуют такие регионы Дальнего Востока, как Амурская область, Еврейская автономная область, Приморский и Хабаровский края, Республика Саха (Якутия), Магаданская область, Камчатский край, Сахалинская область и Чукотский автономный округ. Здесь стоит отметить, что Хабаровский край входит в тройку лидеров по предоставлению «дальневосточных гектаров».

Уже более 5 лет в Хабаровском крае функционирует закон о Дальневосточном гектаре. В течение этого времени гражданами подано 20 746 заявлений, из которых более 10 000 уже предоставлено в безвозмездное пользование. При этом каждую неделю продолжают поступать около 20 заявлений.

Чаще всего полученные земельные участки используются для:

- постройки жилого дома – 54% участников;
- сельскохозяйственных работ – 23% участников;
- создания проектов туристической отрасли – 9% участников;
- ведение личного хозяйства, предпринимательство – 7% участников.

Среди все регионов ДВФО, участвующих в программе, по количеству заявлений, поданных на получение участка, лидирующим является Хабаровский край. Но при этом он находится на втором месте по выданным участкам.

Во всем многообразии видов деятельности, которые предполагалось реализовать в рамках программы «Дальневосточный гектар», существует направление эко-фермерского движения, которое может выступать в производстве продуктов естественного происхождения или создано для рекреационной деятельности человека с природой.

Эко-движение является трендом в настоящее время, что обусловлено стремлением людей к ведению здорового образа жизни. Но сейчас данное направление недостаточно развито, так как занимает всего 7% от занятых земель.

Несмотря на то, что в программе существуют меры поддержки для начинающих фермеров, которые оказаны уже в размере 218,8 млн рублей, существует и ряд недостатков, которые препятствуют реализации эко-фермерского движения в Хабаровском крае.

Одним из таких является неточность картографических сведений и данных о фактическом использовании предлагаемых земельных участков. Некоторые участки занимаются незаконно, что усложняет процесс дальнейшего предоставления этих земель.

Также существуют сложности в информировании граждан России о существующей программе «Дальневосточный гектар». Как уже было сказано выше, эко-фермерство является трендом в настоящее время и многие люди хотели заниматься этим делом. Но, к сожалению, у многих людей нет представления о получении земельного участка для реализации своих идей.

Следующей проблемой является слабая доступность выделяемых земель. Так как предоставляемые участки находятся минимум в 10 км от населенных пунктов и в 20 км от городов с населением выше 300тыс. человек, то создание инфраструктуры для них будет создаваться, можно сказать, с нуля.

И последней проблемой является высокая затратность на освоение выданной земли в краткие сроки. Большинство участников программы для реализации деятельности на земельном участке оформляют кредиты, тем самым сильно переплачивая средства, которые могли бы пойти на ее развитие.

Для успешного развития сферы эко-фермерства с помощью программы «Дальневосточный гектар» следует решить выделенные проблемы.

Проблему достоверности информации можно решить регулярными работами Росреестра по уточнению картографических данных границ земельных участков, выделенных под программу, и соответствию их предполагаемого использования с фактическим.

Путем решения проблемы слабой инфраструктуры является обеспечение доступа к земельным участкам крупному транспорту от дорог федерального значения и магистралей; организация поселений на предлагаемых участках (кооперация людей по совпадению видов деятельности) для упрощения подключения к основным инженерным коммуникациям.

Для снижения финансовой нагрузки участников госпрограммы потребуется создать условия, при которых кредиты для освоения дальневосточных гектаров будут беспроцентными. А далее, на определенный период (5 лет после освоения) вести налогообложение на льготной основе.

В заключении можно сказать, что госпрограмма «Дальневосточный гектар» дает высокий шанс развитию экономики Дальнего Востока. При получении права на дальневосточный гектар следует брать во внимание проанализированные проблемы и предполагаемые пути их решения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 1 мая 2016 г. N119-ФЗ "Об особенностях предоставления гражданам земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"

2. Радченко, Н. Б. Анализ сегментов рынка экотуризма в Хабаровском крае / Н. Б. Радченко // Молодежные исследования и инициативы в науке, образовании, культуре, политике : Сборник материалов XVI Всероссийской молодёжной научно-практической конференции с международным участием, Биробиджан, 22–23 апреля 2021 года. – Биробиджан: Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема, 2021. – С. 729-732. – EDN DVVUSR.

3. Соколова, В. С. Бизнес планирование инновационно-технологического проекта / В. С. Соколова, И. В. Зайченко // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 250-252. – EDN JDIWMA.

4. Сизинцева, А. С. Финансовые и нефинансовые выгоды от использования информационных систем / А. С. Сизинцева, В. В. Бажеряну // Географические исследования в контексте социально-экономического развития регионов : Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвящённой 75-летию кандидата географических наук, доцента, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Ахмеда Лечаевича Устаева, Грозный, 01–02 июня 2022 года. – Грозный: Чеченский государственный университет имени Ахмата Абдулхамидовича Кадырова, 2022. – С. 584-586. – DOI 10.36684/68-2022-1-584-586. – EDN MLLFGZ.

5. Кирюченкова, А. С. Экомаркетинг в Хабаровском крае как перспективное направление развития бизнеса / А. С. Кирюченкова, В. С. Соколова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редакция: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). Том Часть 3. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 383-385. – EDN UJPFH.

Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavy Aleksandr Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

Берх Александр Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Berkh Alexander Vladimirovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кузнецова Алена Александровна, студент Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuznetsova Alyona Aleksandrovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление инновационными процессами и проектами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavyu Mikhail Alexandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Management of Innovative Processes and Projects, Komsomolsk-na-Amure State University

ОПТИМАЛЬНЫЙ ПИД-РЕГУЛЯТОР В СТРУКТУРЕ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

OPTIMAL PID CONTROLLER IN THE STRUCTURE OF THE MECHATRONIC MODULE OF PRODUCTION EQUIPMENT

Аннотация. Рассмотрена задача повышения эффективности функционирования системы управления электроприводом производственного объекта. Предложена процедура расчета оптимального ПИД-регулятора. Приведены математические соотношения описывающие предложенный подход. Структура системы и результаты моделирования демонстрирующие эффективность предложенного подхода к синтезу системы.

Abstract. The problem of increasing the efficiency of the operation of the electric drive control system of a production facility is considered. A procedure for calculating the optimal PID controller is proposed. Mathematical relations describing the proposed approach are given. System structure and simulation results demonstrating the effectiveness of the proposed approach to system synthesis.

Ключевые слова: электропривод, критерий качества, оптимальный ПИД-регулятор, быстродействие, характеристическое уравнение, мехатронный модуль, производственный объект, энергопотребление.

Key words: electric drive, quality criterion, optimal PID controller, speed, characteristic equation, mechatronic module, production facility, energy consumption.

Повышение производительности и качества функционирования роботизированных производственных объектов является одним из требований при формировании структур управления систем, включающих в себя электрический привод. Один из вариантов синтеза систем предложен в работах [1, 2], который формирует пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор, который формирует эффективное функционирование систем управления.

В представленной работе показан вариант синтеза системы управления электрическим приводом мехатронного модуля, использующий комбинацию оптимального управления и ПИД-регулятора. Данный метод позволяет в перспективе алгоритмизировать процесс настройки и сформировать комплекс регуляторов, настраивающих оборудование под нужный для конкретных обстоятельств режим.

В качестве примера системы представлен двигатель постоянного тока и оптимальным ПИД-регулятором (Рисунок 1).

Для настройки исходной системы, необходимо настроить объект без регулятора (Рисунок 2) на удобную нам форму.

Матрицы системы (Рисунок 2) имеют вид:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & \frac{R}{cT_{эм}} & 0 \\ -\frac{c}{RT_{я}} & -\frac{1}{T_{я}} & \frac{1}{RT_{я}} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{T_{тп}} \end{pmatrix} \quad Bu = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{k_{тп}}{T_{тп}} \end{pmatrix} \quad F = (f_1 \quad f_2 \quad f_3) \quad (1)$$

Для объекта управления (Рисунок 2) формируется квадратичный функционал качества

$$J = \frac{1}{2} \cdot \int_0^{\infty} (q_1 \cdot x_1^2(t) + q_2 \cdot x_2^2(t) + q_3 \cdot x_3^2(t) + \rho \cdot u^2(t)) dt. \quad (2)$$

Согласно алгоритму расчета [3] произведя настройку динамики системы на наиболее оптимальную форму третьего порядка, определяются корни характеристического уравнения:

$$\det[pl - (A - Bu * F)] = (p + 40)(p^2 + 80p + 2500) \quad (3)$$

Затем согласно алгоритму настройки, модального ПИД-регулятора [1], производится настройка системы (Рисунок 1) на рассчитанную выше форму. Коэффициенты k_n и k_d выбирается так, чтобы сократить величину ω_1 , понизив порядок системы.

После настройки регулятора производим моделирование системы (Рисунок 1).

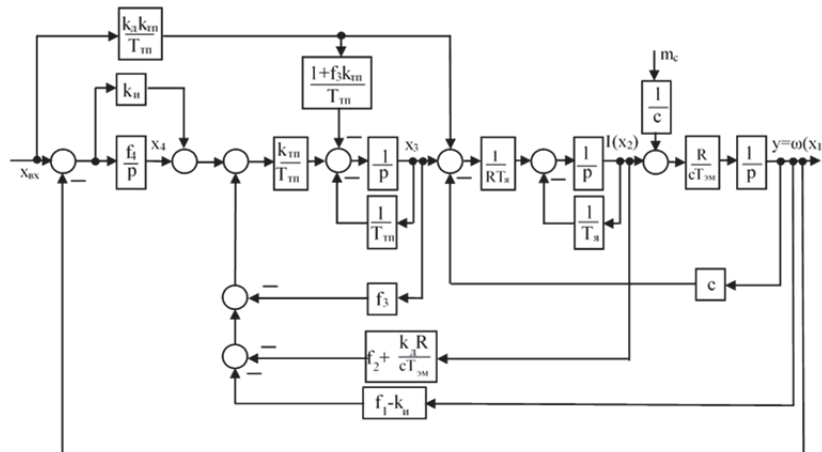


Рисунок 1 - Структурная схема электропривода с оптимальным ПИД-регулятором

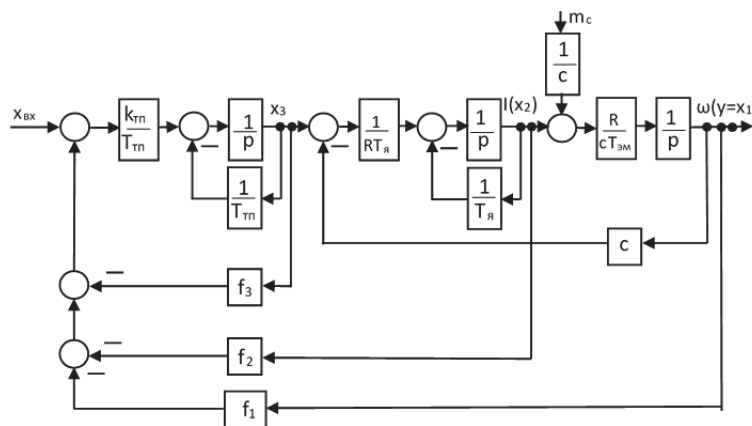
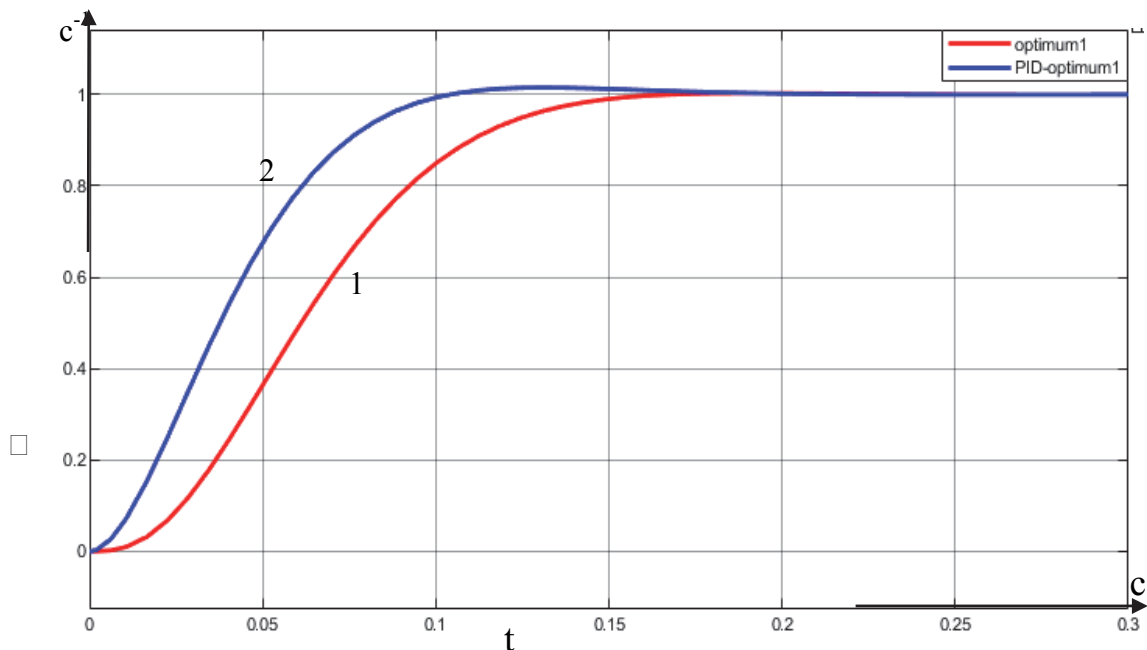


Рисунок 2 – Структурная схема электропривода мехатронного модуля



1 – система оптимального управления электропривода

2 – система с оптимальным ПИД-регулятором

Рисунок 3 - переходные характеристики рассчитанных систем

Графики переходных процессов показывают, что включение интегрального и дифференциального каналов позволяет снизить порядок системы, как итог уменьшается перерегулирование и увеличивается быстродействие. Регулятор увеличивает астатизм системы, нейтрализуя возмущающие воздействия. Данный способ настройки регуляторов позволяет управлять формой переходных процессов всех координат, управляя не только скоростью ни и током, что делает систему оптимальной по энергопотреблению. Подобный подход особенно полезен в крупных производственных объектах, где снижение потребления энергии даже на несколько процентов без потери эффективности экономит много ресурсов.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ № ВН002/2020.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Берх, А.В. Формирование инструментов проектирования эффективных систем управления мехатронным модулем/ А.В. Берх, А.И. Горькавый // Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований - Автоматика, электропривод и робототехника: материалы всероссийской. науч. конф., Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апр. 2021 г. - Комсомольск-на-Амуре. 2021. С. 11-14.
2. Французова, Г.А. Расчет и исследование возможностей систем автоматического управления с типовым ПИД-регулятором и модифицированным ПИ2Д-регулятором/ Автоматика и программная инженерия, 2017. – 6 с.
3. Квакернаак, Х., Сиван, Р. Линейные оптимальные системы управления / Х. Квакернаак, Р. Сиван; пер. с англ. В. А. Васильева, Ю. А. Николаева; под ред. Ю. Воронов, 1976. – 653 с.
4. Горькавый, А.И. Компенсация возмущений в системе управления мехатронным модулем с оптимальным регулятором / А.И. Горькавый, М.А. Горькавый, М.А. Мельниченко // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. С. 57-61.

Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavy Aleksandr Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

Кузнецов Алексей Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuznetsov Alexey Andreevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Баталова Ольга Станиславовна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Batalova Olga Stanislavovna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление инновационными процессами и проектами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavyu Mikhail Alexandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Management of Innovative Processes and Projects, Komsomolsk-na-Amure State University

ОПТИМАЛЬНО-МОДАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР В МЕХАТРОННОМ МОДУЛЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

OPTIMAL-MODAL REGULATOR IN THE MECHATRONIC MODULE OF PRODUCTION EQUIPMENT

Аннотация. В работе рассматриваются возможности повышения эффективности функционирования исполнительных устройств производственного оборудования с использованием структурной схемы мехатронного модуля с ограничением тока, с оптимально настроенным контуром скорости. Проанализирована работа системы при выборе различных значений весовых коэффициентов.

Abstract. The paper considers the possibility of increasing the efficiency of the functioning of the actuators of industrial equipment using the block diagram of a mechatronic module with current limitation, with an optimally tuned speed circuit. The operation of the system is analyzed when choosing different values of the weight coefficients.

Ключевые слова: производственное оборудование, ПИ регулятор, оптимальное управление, модальное управление.

Key words: production equipment, PI controller, optimum control, modal control.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), как основные функциональные элементы производственного процесса, должны обладать высокоэффективными исполнительными устройствами преобразующие сформированные на высших уровнях АСУТП сигналы в соответствующее перемещение. Это относится как к промышленным роботам, так и к другому производственному оборудованию. Требования к исполнительным механизмам промышленных роботов - мехатронным модулям, обусловлены точностными, энергетическими и временными характеристиками.

В работах [2,3] на примере мехатронного модуля поворота (Рисунок 4) показан практический подход к синтезу оптимальной системы управления контуром скорости, а вопросы детальной оценки автономности контура тока и токоограничения не рассмотрены.

Действительно, если сформировать квадратичный критерий [1]:

$$J = \frac{1}{2} \cdot \int_0^{\infty} (q_1 \cdot x_1^2(t) + q_2 \cdot x_2^2(t) + q_3 \cdot x_3^2(t) + \rho \cdot u^2(t)) dt, \quad (1)$$

и решить задачу синтеза оптимального регулятора состояния с учетом точностных (временных) и энергетических характеристик за счет выбора компромисса между переменными мехатронного модуля и управлением (выбора весовых коэффициентов q_1, q_2, q_3, ρ). Формируя дополнительный полюс, как показано в [2,3], определяется характеристическое уравнение оптимального контура скорости:

$$p^4 + a \cdot \omega_{oc} \cdot p^3 + b \cdot \omega_{oc}^2 \cdot p^2 + c \cdot \omega_{oc}^3 \cdot p + \omega_{oc}^4 = 0, \quad (2)$$

из которого рассчитываются коэффициенты, обеспечивающие автономность контура скорости, в соответствии с критерием (1):

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= \frac{\left((h+1) \cdot \omega_{от}^2 - \frac{1 + k_{ТП} \cdot f_2}{T_я \cdot T_{ТП}} \right) R_я \cdot T_я \cdot T_{ТП}}{k_{ТП}} \\ f_2 &= \frac{\left((h+1) \cdot \omega_{от} - \frac{1}{T_я} \right) T_{ТП} - 1}{k_{ТП}} \\ f_3 &= \frac{\omega_{от}^3 \cdot R_я \cdot T_я \cdot T_{ТП}}{k_{ТП}} \\ f_4 &= \frac{16 \cdot \omega_{oc} \cdot J}{20,6 \cdot C} \\ f_5 &= \frac{\omega_{oc}^2 \cdot J}{20,6 \cdot C} \\ k_T &= \frac{f_3}{\omega_{от}} \\ k_C &= \frac{f_5}{\omega_{oc}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Настройка контура тока осуществляется на форму характеристического уравнения второго порядка:

$$p^2 + h \cdot \omega_{от} \cdot p + \omega_{от}^2 = 0, \quad (4)$$

где:

$$\omega_{от} = \sqrt{20,6 \cdot \omega_{oc}}, \quad (5)$$

$$h = \frac{6,6 \cdot \omega_{oc}}{\omega_{от}}. \quad (6)$$

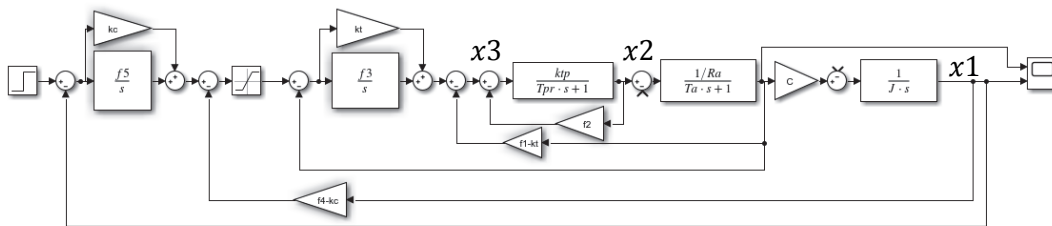


Рисунок 4 – Структурная схема мехатронного модуля поворота

После настройки контуров и расчета коэффициентов структурной схемы (Рисунок 4) и введении ограничения тока, получены переходные характеристики при различных значениях весовых коэффициентов (таблица 1).

Таблица 1 - Значения коэффициентов

1	$q_1=1$	$q_2=1$	$q_3=1$	$\rho=0.1$
2	$q_1=0.05$	$q_2=1$	$q_3=0$	$\rho=0.1$
3	$q_1=0.001$	$q_2=0.1$	$q_3=0$	$\rho=0.1$

На графиках переходных процессов (рисунок 2) цифрами обозначены варианты выбора весовых коэффициентов, приведенные в таблице.

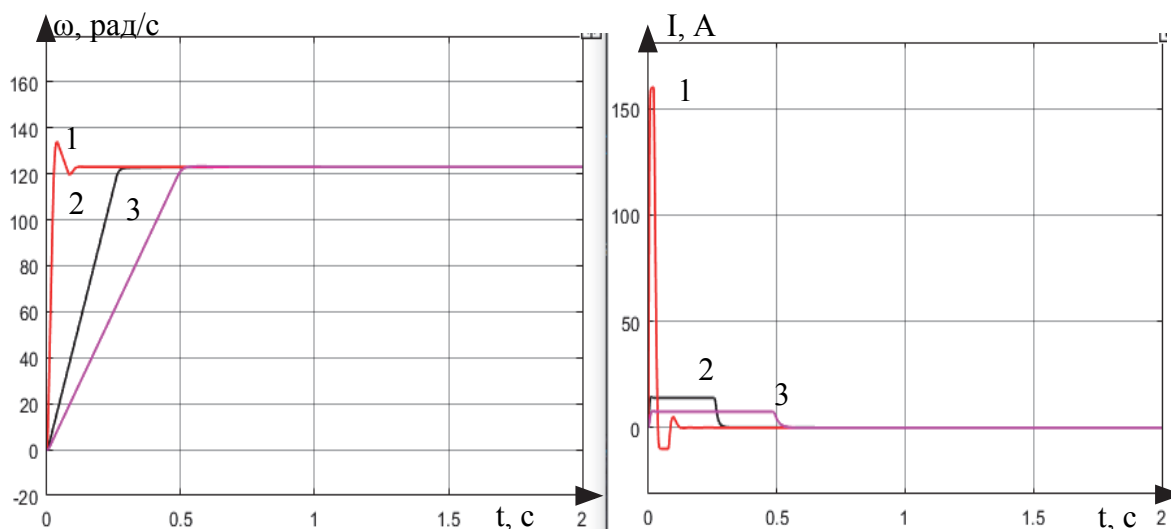


Рисунок 2 – Графики переходных процессов тока и скорости при введении ограничения

При ограничении тока необходимо учитывать, что при различных настройках системы, реакция на ограничение, при одинаковых значениях в блоке ограничения контура тока, не может быть одинаковой. Поэтому в каждой системе нужно настраивать блок ограничения с учетом быстродействия системы.

Таким образом, изменяя весовые коэффициенты в соответствии с требуемыми соотношениями интегральных показателей в функционале качества, можно получать мехатронные модули, отвечающие требованиям технологических и энергетических показателей функционирования исполнительных элементов производственного оборудования.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ № ВН002/2020.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Квакернаак, Х., Сиван, Р. Линейные оптимальные системы управления / Х. Квакернаак, Р. Сиван; пер. с англ. В. А. Васильева, Ю. А. Николаева; под ред. Ю. Воронов, 1976. – 653 с.
2. Gorkaviy, A.I., Gorkaviy, M.A., Melnichenko, Kuznetsov A.A, D.B. Hybrid approach to synthesis of electromechanical block control system of mechatronic module / В сборнике: 2021 Cybernetics, Automation and Information Technologies, MUST: Aerospace 2021.
3. Мельниченко, М.А. Формирование подчиненных контуров в системе электропривода на принципах оптимального управления / М.А. Мельниченко, А.И. Горькавый, А.А. Кузнецов // Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований - Промышленные технологии и инновации: материалы всероссийской. науч. конф., Комсомольск-на-Амуре, 11-15 апр. 2022 г. - Комсомольск-на-Амуре. 2021. С. 228-230.

Гнатик Данил Елисеевич, студент, Комсомольский на Амуре государственный университет
Gnatik Danil Eliseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Пугачева Алина Игоревна, аспирант, Комсомольский на Амуре государственный университет
Pugacheva Alina Igorevna, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

RESEARCH OF METHODS FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF INNOVATIVE ACTIVITY OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Аннотация. В статье рассматриваются виды инновационной деятельности, методы оценки эффективности инновационной деятельности, виды подходов для оценивания инновационной деятельности. Представлена классификация инновационной деятельности предприятий, представлены ситуации возникновения оценки инновационных проектов. Рассмотрены три вида оценивания инновационной деятельности предприятия.

Abstract. The article discusses the types of innovative activities, methods for assessing the effectiveness of innovative activities, types of approaches for evaluating innovative activities. The classification of the innovative activity of enterprises is presented, the situations of the emergence of the evaluation of innovative projects are presented. Three types of evaluation of innovative activity of an enterprise are considered.

Ключевые слова: инновация, методы, инновационная деятельность, эффективность, промышленное предприятие.

Key words: innovation, methods, innovative activity, efficiency, industrial enterprise.

В настоящее время на полках различных магазинов, появляются все более новые и многофункциональные товары, предназначенные для удовлетворения потребностей, а также новые виды услуг на фоне постижения новых технологий и научных открытий в мире. Всё обозначает инновацию.

Целью данной работы является анализ инновационной деятельности её виды, анализ её эффективность, рассмотрение видов подходов для оценки инновационной деятельности, разработка детализации инновационной деятельности.

Инновации, всё чаще встречаются в бытовой жизни, на фоне развития технологий, техники, услуг связанных с достижением передовых исследований науки. Инновации с каждым годом помогают решать или разрешать все более сложные проблемы, при этом сокращая производственные расходы и повышая качество и объёмы продукции на производстве.

Большинство промышленных предприятий непосредственно связаны, на сегодняшний день, с инновационной деятельностью. Инновационная деятельность — это совокупность различных направленностей предприятия необходимая для освоения знаний, различных технологий и оборудования. Ее так же подразделяют на несколько направлений, таких как:

- модернизация продуктов с новыми или изменёнными свойствами;
- научные исследования и опытно-конструкторские разработки (НИОКР);
- инновации в сфере технологий производства;
- процессные инновации;
- организационные нововведения;
- создание или приобретение материальных технологий, к примеру, оборудование назначение, которого направленно на приобретение новых инноваций;
- создание не материальных технологий, таких как патенты, программное обеспечение и т.д.;

- обучение персонала новым знаниям;
- рекламные/маркетинговые инновации.

Функция изменения – это главная цель инновационной деятельности на промышленном предприятии. Результатом инновационной деятельности на предприятии является инновационный проект - это какой-либо товар, услуга или технология, представленный как процесс. Он будет содержать следующие этапы:

1 Поиск новых идей. Идеи могут быть получены в ходе мозгового штурма, необходимостью в различных сферах, где, к примеру, необходима оптимизация какого-либо процесса производства.

2 Обоснованный отбор необходимых или перспективных идей. По окончании первого этапа из всего списка идей отбираются те, которые удовлетворяют цели поиска.

3 Детальная разработка инновационного проекта. Бизнес-план, назначения, различные критерии и т.д.

4 Испытания. Создание опытного образца и его тестирование.

5 Корректировки. Изменение инновационного проекта если испытания показали не приспособленность к каким-либо условиям продукта.

6 Массовое производство (продвижение). Распространение и продвижение продукта.

7 Управление жизненным циклом продукта. Расчет жизненного цикла продукта, способы поддержания жизненного цикла.

Беря во внимание различные факторы характеризующие инновационную деятельность была составлена классификация инновационной деятельности предприятия, представленная на рисунке 1.

На рисунке 1 видно, что инновационная деятельность предприятий подразделяется на два вида деятельности – это «исследования и разработки» и «прочие виды инновационной деятельности». Далее каждый из двух блоков декомпозируется на более подробные действия. По этим группам направлений можно также оценить инновационную деятельность предприятия, для этого необходимо взять за основу виды действий и представить их в виде критериев (при необходимости можно их конкретизировать, т.е. разбить на более мелкие показатели).

Эффективность инновационной деятельности или инноваций является проблемным аспектом инновационного менеджмента. Оценка инновационных проектов, их эффективности, возникает почти постоянно и состоит из следующих ситуаций:



Рисунок 1 – Классификация инновационной деятельности предприятия

- при обширном разнообразии инновационных проектов на предприятии. Нужно определить приоритетность финансирования этих проектов;
- на стадии начальной разработки инновационного проекта. Когда есть несколько альтернативных инновационных идей нужно определить наиболее эффективный вариант;
- на финальной стадии принятого инновационного проекта. Нужно оценить его результативность, путем сопоставления прогнозируемых и фактических показателей.

Составление или определение критериев для инновационного проекта на первых этапах инновационной деятельности является очень сложным. В настоящее время нет единых способов оценивания эффективности инноваций.

Существуют два взаимодополняющих подхода для оценивания эффективности инновационных проектов, таких как: качественный и количественный.

Качественный или целевой подход направлен на сопоставление инновационного проекта поставленным целям (максимальное соответствие). В начале цели компании весьма туманны и обобщенные в направлении инновационной деятельности, только с определенным временем предприятие приобретает специфические цели в зависимости от их приоритетности и желаний рынка. Если предприятию необходимо проведение определенных инноваций, то из всех проектов будет выбираться то, что больше всего удовлетворяет, приближает предприятие к намеченной цели. Метод очень зависит от руководителя, от его способности прогнозировать различные рыночные ситуации, предполагать факторы конкурентоспособности в будущем и руководителя, который не будет бежать за недостижимыми целями, а только за возможными целями, с нахождением альтернативных путей их достижения.

Количественный или затратный подход оценки, связан с рентабельностью и доходностью инновационного проекта. В данном методе выделяю 3 типа оценивания:

1 Абсолютная доходность проекта. Если инвестор оценивает всю сумму дохода при реализации проекта.

2 Абсолютно-сравнительная доходность проекта. Если инвестор сравнивает сумму дохода с нормативом проекта. Норматив может установить сам предприниматель, так он может взять общепринятый норматив в сфере данного бизнеса.

3 Сравнительная доходность проекта. Сравнение происходит не с установленным нормативом, а с альтернативными инновационными проектами, их нормативами, способным удовлетворить цели предприятия.

В процессе оценки инновационных проектов и инновационных процессов на промышленном предприятии, возможно, оценить его инновационную деятельность, т. е., насколько она эффективна и благодаря этому можно прогнозировать дальнейшие изменения.

Исходя из хода работы, следует вывод - что инновационная деятельность необходимая часть для любых предприятий, особенно для тех, которые связаны с производством новых технологий. Любые структуры нуждаются в постоянном улучшении своих предприятий из-за тенденции общества и экономики в мире. Так же важно проводить оценку разными подходами, которые были приведены выше, для постоянного улучшения эффективности организаций или сфер деятельности.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта «Разработка принципов построения, моделей, поиск путей и методов повышения эффективности организационно-технологической инновационной системы в структуре АСУ хозяйствующего субъекта», финансируемого за счет средств ФГБОУ ВО КнАГУ № ВН11/2022.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Куделько А.Р. Роль и основные направления деятельности вуза по формированию и обеспечению функционирования системы и инфраструктуры инновационного

развития территории // Проблемы высшего образования: материалы международной научно-методической конференции. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного университета, 2019. – С. 26 – 30.

2. Kudelko A.R., Finogeev M.A. Managing the organizational culture of an enterprise is one way to improve its efficiency // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2021. – Vol. 200. – P. 826-834.

3. Котельников В.Ю. Управление инновациями: стратегический подход. Гибкие корпоративные стратегии выживания и лидерства в новой экономике. – М.: Эксмо, 2007. – 96 с. (с. 59 – 63).

4. Голиченко О.Г. Национальная инновационная система России. состояние и пути развития. – М.: Наука, 2006. – 396 с.

5. Дежина И.Г., Киселева В.В Государство, наука и бизнес в инновационной системе России. – М.: ИЭПП, 2008. – 227 с.

6. Наумов, А. Ф. Инновационная деятельность предприятия : учебник / А.Ф. Наумов, А.А. Захарова. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 256 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. – (Высшее образование: Бакалавриат). – DOI 10.12737/3628. - ISBN 978-5-16-009521-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1216875> (дата обращения: 30.11.2022). – Режим доступа: по подписке.

УДК 004.896

Грабарь Даниил Михайлович, студент, Комсомольский-на-Амуре Государственный Университет

Grabar Daniil Mikhailovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University.

Иванов Юрий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре Государственный Университет

Ivanov Yuri Sergeevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

УПРАВЛЕНИЕ КОЛЛАБОРАТИВНЫМ РОБОТОМ ПОСРЕДСТВОМ ГОЛОСОВОГО УПРАВЛЕНИЯ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

ROBOT CONTROL FOR COLLABORATION USING VOICE CONTROL AND MACHINE LEARNING

Аннотация. В статье разобраны компоненты систем распознавания речи, представлена сравнительная характеристика по результатам тестирования алгоритмов. Предложены пути решения для улучшения качества распознавания речи, для дальнейшего управления коллаборативным роботизированным комплексом. Проведенная сравнительная характеристика моделей распознавания речи позволит расширить функциональные возможности совместной работы коллаборативных роботов с человеком и повысить безопасность такого сотрудничества.

Abstract. The article analyzes the components of speech recognition systems, presents a comparative characteristic based on the results of testing algorithms. Solutions for improving the quality of speech recognition are proposed. The comparative characteristics of speech recognition models will expand the functionality of collaborative robots working with humans and increase the security of such cooperation.

Ключевые слова: Распознавание речи, STT, коллаборативный процесс, WER.

Key words: Speech recognition, STT, collaborative process, WER.

Введение

С развитием промышленных робототехнических систем, на смену промышленным роботам, приходят коллаборативные, которые предназначены для совместной работы с людьми. Таким образом для таких роботов важным аспектом выступает безопасное функционирование с оператором. На данный момент коллаборативные роботы не имеют возможности управления с помощью голосовых команд, что существенно усложняет работу над поставленными задачами.

Системы распознавания речи (англ. speech to text, STT) часто не соответствуют минимальным требованиям точности при применении к области робототехники [1]. Снижение производительности может быть объяснено изменчивостью и шумом окружающей среды, которые трудно зафиксировать в репрезентативном наборе данных. Работа с этими шумными и неструктурированными средами является сложной и хорошо известной как «проблема коктейльной вечеринки» [2]. При этом существует большое количество алгоритмов STT, которые позволяют с большой точностью распознавать человеческую речь.

В работе сравниваются алгоритмы STT, которые в последующем будут использоваться в расширении функциональных возможностей совместной работы роботов с человеком и повышении безопасности такого сотрудничества за счет повышения степени интеллектуальности систем управления коллаборативными робототехническими комплексами путем разработки перспективных мультимодальных алгоритмов и методов управления, учитывающих возможность возникновения нештатных ситуаций в экстремальных условиях в недетерминированной среде. На сегодняшний день уже разрабатываются комплексы программных решений для управления роботизированным комплексом. Программные средства основываются на внешнем управлении за счет передачи команд через ПЛК [3 - 4].

Компоненты STT моделей

STT модель имеет ряд компонентов (рисунок 1), с помощью которых и происходит преобразование голоса в текст [5].

Извлечение признаков: преобразовывает речь в последовательность векторов акустических признаков. Эти наблюдения должны быть компактными и нести достаточную информацию для распознавания на более позднем этапе.

Акустические данные: содержат статистическое представление отдельных звуков, составляющих каждое слово в языковой модели или грамматике. Каждый отдельный звук соответствует фонеме.

Текстовые данные: содержат очень большой список слов и вероятность их появления в заданной последовательности.

Декодирование: это программа, которая принимает звуки, произносимые пользователем, и ищет эквивалентные звуки в акустической модели. Когда совпадение установлено, декодер определяет фонему, соответствующую звуку. Он отслеживает совпадающие фонемы, пока не достигнет паузы в речи пользователя. Затем он ищет в языковой модели эквивалентный ряд фонем. Если совпадение найдено, он возвращает вызывающей программе текст соответствующего слова или фразы.



Рисунок 1 – Архитектура STT моделей

Лексика: набор правил, по которым определяется правильное определение и произношение слов.

При разработке STT моделей следует не забывать о киберустойчивости модели к целенаправленным атакам [6]. Это позволит в полной мере обезопасить коллаборативный рабочий процесс на предприятии.

Тестирование моделей STT

В качестве выбранных моделей распознавания речи выступили следующие разработки: VOSK (использовались две версии, большая модель для серверной обработки и легкая модель для контроллеров) [7], Wav2Vec [8], NeMo [9], DeepSpeech 2 [10]. Тестирование моделей проходило на 1000 аудиозаписях с общей продолжительностью аудио 3 часа. Данные были получены с помощью краудсорсинговой платформы Яндекс.Толока и выложены на Kaggle [11]. Метрикой качества системы STT моделей выступил подсчет частоты ошибок в словах (англ. word error rate, WER) (формула 1) и общее время обработки аудиозаписей (таблица 1).

$$WER = \frac{I + D + S}{N} \quad (1)$$

где I – количество вставок, D – количество удалений, S – количество замен, N – количество слов в тексте.

Таблица 1 – Результаты тестирования STT моделей

Тип аудио	VOSK Small		VOSK Large		Wav2Vec		NeMo		DeepSpeech 2	
	WER	Время	WER	Время	WER	Время	WER	Время	WER	Время
Исходные данные	0.357	17 мин.	0.266	28 мин.	0.385	144 мин.	0.566	36 мин.	0.883	113 мин.
Данные с фильтром от шума	0.326	16 мин.	0.253	29 мин.	0.383	150 мин.	0.532	36 мин.	0.861	113 мин.

WER демонстрирует долю неверно определенных слов в распознанной речи. Чем меньше значение выдает метрика, тем лучше обрабатывает STT модель.

Тестирование проходило на оборудовании имеющее следующие характеристики:

- ЦПУ: Intel(R) Xeon(R) CPU @ 2.20GHz;
- ГПУ: Tesla T4;
- ОЗУ: 12 ГБ DDR4.

Фильтрация аудиозаписей от шума происходило с помощью рекуррентной нейронной сети. Модель была обучена на 6.4Гб зашумленных аудиозаписей [12].

Самые лучшие результаты показала большая модель для серверной обработки от разработчиков VOSK. При этом быстрее всего обрабатывает легкая модель для контроллеров от тех же самых разработчиков. При тестировании использовались уже заранее обученные модели, которые могли обучаться на малом количестве данных, что могло в конечном итоге сказаться на результате.

Заключение

При работе в коллаборативном процессе важной особенностью распознавания речи должна выступать точность и время распознавания. При использовании представленных моделей разработчиками многие SOTA (от англ. State of the Art) выдавали плохие результаты. Причиной этому мог послужить обучаемый набор данных. Для эффективного сравнения STT моделей, необходимо подготовить собственный набор данных, включающий в себя аудиозаписи рабочего процесса и содержащие промышленный шум. После чего повторить сравнение STT моделей. Все эти действия помогут улучшить взаимодействия между оператором и коллаборативным роботом.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда № 22-71-10093 «Разработка и синтез перспективных мультимодальных адаптивных алгоритмов и методов управления поведением коллаборативных робототехнических систем с учетом нештатных ситуаций и экстремальных условий в недетерминированной среде».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Sünderhauf, N., Brock, O., Scheirer, W.J., Hadsell, R., Fox, D., Leitner, J., Upcroft, B., Abbeel, P., Burgard, W., Milford, M., & Corke, P. (2018). The limits and potentials of deep learning for robotics. *The International Journal of Robotics Research*, 37, 405 - 420.
2. Haykin, S., and Chen, Z. 2005. The cocktail party problem. *Neural computation* 17(9):1875–1902.
3. М. А. Горькавый, А. И. Горькавый, В. А. Соловьев, Специфика архитектуры цифрового двойника коллаборативного роботизированного процесса на базе мультиагентных систем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 4. – С. 147-156. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-4-147-157. – EDN YTXPXW.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022668069 Российская Федерация. «Программа синтеза нейросетевой имитационной модели энергопотребления и оптимизации комплекса траекторий перемещений робота манипулятора в ограниченном пространстве задач технологического процесса позиционирования» : № 2022666799 : заявл. 12.09.2022 : опубл. 04.10.2022 / М. А. Горькавый, А. И. Горькавый, В. П. Егорова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет». – EDN LUUINL.
5. Zhang, X. (2019). Strategies for Handling Out-of-vocabulary Words in Automatic Speech Recognition. Doctoral dissertation, The Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland.
6. Грабарь Д. М., Иванов Ю. С., Анализ киберустойчивости предиктивной модели к целенаправленным атакам // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 199-202. – EDN OFXPTZ.
7. VOSK Offline Speech Recognition API // alphacephei URL: <https://alphacephei.com/vosk/> (дата обращения: 19.11.2022).
8. Schneider S. et al. wav2vec: Unsupervised pre-training for speech recognition //arXiv preprint arXiv:1904.05862. – 2019.
9. NVIDIA NeMo // developer.nvidia URL: <https://developer.nvidia.com/nvidia-nemo> (дата обращения: 22.11.2022).
10. Amodei D. et al. Deep speech 2: End-to-end speech recognition in english and mandarin //International conference on machine learning. – PMLR, 2016. – С. 173-182.
11. Russian Open Speech To Text (STT/ASR) Dataset // Kaggle URL: <https://www.kaggle.com/datasets/tapakah68/audio-dataset> (дата обращения: 16.11.2022).
12. Valin, J. (2018). A Hybrid DSP/Deep Learning Approach to Real-Time Full-Band Speech Enhancement. 2018 IEEE 20th International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP), 1-5.

Грачев Роман Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grachev Roman Alexandrovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Пугачева Алина Игоревна, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pugacheva Alina Igorevna, graduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СЕКТОРА

ANALYSIS OF TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE SYSTEMS IN THE TECHNOLOGY SECTOR

Аннотация. В статье рассматриваются виды инновационных подсистем, их определение, специфика и важность в технологической сфере. Представлена декомпозиция инновационной системы, а так же детально рассмотрена классификация национальной инновационной системы, проведен анализ важности инновационных систем и сделаны выводы.

Abstract. The article discusses the types of innovative subsystems, their definition, specificity and importance in the technological field. The decomposition of the innovation system is presented, as well as the classification of the national innovation system is considered in detail, the analysis of the importance of innovation systems is carried out and conclusions are drawn.

Ключевые слова: инновация, инновационная система, национальная инновационная система, эффективность, классификация, развитие, технология.

Key words: innovation, innovation system, national innovation system, efficiency, classification, development, technology.

В наше время ценность инноваций с каждым днем всё выше, особенно в технологическом секторе. Темпы экономического роста и его качество сейчас определяются через степень развития науки и инноваций. Такой путь развития уже признан. Ведь, если не будет научного прогресса и технологического совершенствования, то общее развитие остановится.

Целью данного исследования является анализ тенденций развития инновационных систем технологического сектора. Необходимо рассмотреть какие виды инновационных систем в настоящем времени, в чем их особенность и спецификация. Необходимо понять, как можно развить инновационные системы, каким образом можно улучшить их и почему это так важно для развития технологического сектора.

Инновация означает коммерциализируемое новшество. То есть новшество, которое уже вышло на рынок и несет автору новации прибыль. Инновации в технологической сфере играют важную роль, так как характеристика постиндустриального общества базируется на технологиях, в том числе инновационных.

Инновации в производстве очень важны, благодаря им бизнес не стоит на месте, появляются новые возможности для развития, повышается качество производимых товаров и услуг, улучшается система качества менеджмента.

Применение новых технологий способствует повышению уровня профессиональных качеств и навыков большинства трудоспособного населения страны, также развития технологий способствует частичному отказу от человеческой рабочей силы, многие процессы частично или полностью автоматизируются, тем самым повышается точность и качество получаемого результата. Инновации позволяют производить новые товары и услуги, за счет чего повышается конкуренция между производителями, в результате мы получаем товар более высокого качества.

В зависимости от различных параметров, мы можем разделить инновации на различные категории, так по технологическим параметрам:

Продуктовые: инновации включают в себя использование новых ресурсов, каких-то комплектующих и тому подобное.

Процессные: включают в себя использования новых или усовершенствованных старых методов управления процессами, изменения структур предприятия и так далее.

В организации инноваций задействовано множество структур. Это ёмкий и длительный процесс, который невозможно выполнить одним человеком или одной структурой, поэтому возникло такое определение как инновационная система. Возникло оно в 90-х годах 20 века в Англии и вскоре начались активные работы в этой сфере.

Инновационная система определяется как совокупность разных институциональных подразделений, которые направлены на создание инноваций. В совокупность институтов входят: министерства, учебные заведения, научные организации, предприятия по созданию новых технологий и техники и т.д.

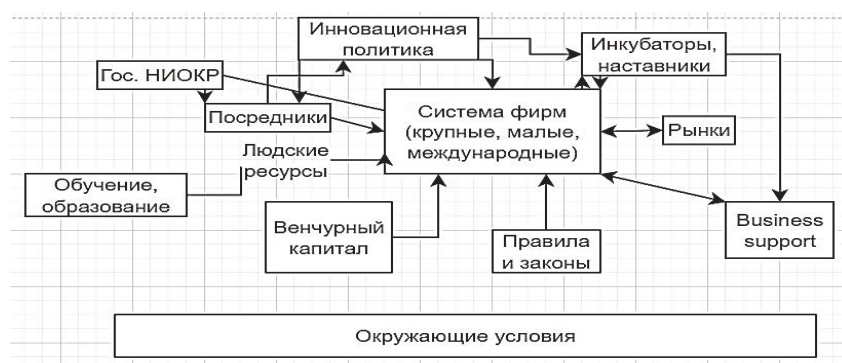


Рисунок 1 – Декомпозиция инновационной системы

Технологическое направление в инновационных системах играет важную роль, но только как компонент, так как инновационная система включает в себя множество других структур, в зависимости от своей классификации.

Инновационная система подразделяется на:

Национальная инновационная система (НИС) – это объединение институтов, действия которых нацелены на поддержку инновационной деятельности, в пределах национальных границ.

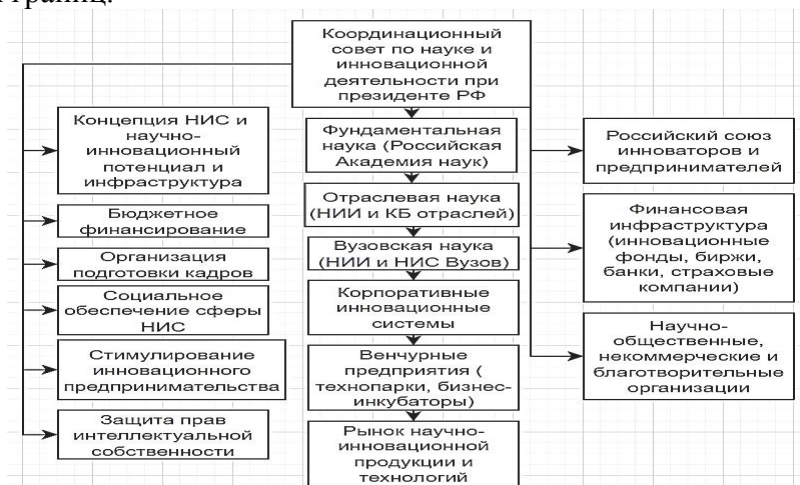


Рисунок 2 – Классификация национальной инновационной системы

В ней содержится две важных составляющих:

- Научно-производственная система, которая представляет различные компании, такие как бизнес-инкубаторы, государственные лаборатории, университеты.

- Инфраструктурная система, она уже включает в себя такие элементы, как институты социального, правового и финансового характера.

Также, в качестве одних, из основных элементов НИС выделяют такие подсистемы, как образование и профессиональная подготовка, инновационная инфраструктура, генерация знаний. Генерация знаний – это объединение организаций, которые изучают новые технологии, разработки и прикладные исследования.

- Отраслевая инновационная система (ОИС) – это совокупность продуктов и агентов, которые используют рыночные и не рыночные взаимодействия в областях производства и продажи продуктов

- Региональная инновационная система (РИС) – представляет собой совокупностью институтов, генерирующих новые знание, а также осуществляющих их распространение и использование. Одной из основных функций РИС является поддержка и ускорения внедрения технологий, новых знаний и продуктов на определенной территории, регионе.

Основными подсистемами РИС, являются генерации новых знаний, трансфер новаций, а также реализация инноваций. В свою очередь основной целью подсистемы генерации новых знаний, является разработка, зарождение новой информации, как фундаментальной, так и прикладной. Подсистема трансфер новаций, в свою очередь отвечает за опытно-конструкторское производство. В этой подсистеме новации получают качества нового продукта или услуги. Основной задачей подсистемы реализации инноваций, является производство полностью готовых продуктов.

Инновационные системы имеют большую значимость для развития промышленности, ведь внедрение новых технологий, способов производства позволяют сокращать используемые ресурсы, повышать качество товара, ускорять производство, что в свою очередь будет способствовать развитию. Чем больше будет развито производство, тем качественней будет товар, следовательно, продукт станет более конкурентоспособным и привлекательным.

В настоящее время инновационные системы стремительно развиваются, находят новые пути реализации различных элементов структур и способов их улучшений, возможно, было бы хорошим действием создать на каждом большом предприятии “банк знаний” в который люди, работающие на предприятии, будут вносить свои идеи по улучшению организации. Если их идеи будут успешно применены, то организация будет вознаграждать авторов, тем самым стимулируя людей активно сотрудничать с предприятием.

Исходя из всего вышеперечисленного, мы можем сделать вывод, что развитие инновационных систем очень важно для технологического сектора и экономики в целом. Они повышают эффективность и качество производства, повышают конкурентоспособность, уменьшают затраченное время для производства товаров и услуг. Создают новые знания и возможности развития технологического сектора, тем самым поднимая экономику на новый уровень.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта «Разработка принципов построения, моделей, поиск путей и методов повышения эффективности организационно-технологической инновационной системы в структуре АСУ хозяйствующего субъекта», финансируемого за счет средств ФГБОУ ВО КнАГУ № ВН11/2022.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Elkin, S. E. Innovation system of human development management / S. E. Elkin. – Санкт-Петербург : ООО "Санкт-Петербургский научно-образовательный консалтинговый центр", 2018. – 81 p. – ISBN 978-5-6041913-1-6. – EDN VUOZJK.

2. Schulz, W. New US innovation system evolving / W. Schulz // Chemical & Engineering News. – 2001. – Vol. 79. – No 6. – P. 25. – EDN DXPWQX.

3. Kuznetsov, N., Tyaglov, S., Ponomareva, M., Rodionova, N., & Sapegina, K. (2022). Development priorities for the regional innovation system based on the best available technologies. *Sustainability (Switzerland)*, 14(3) doi:10.3390/su14031116

4. Kudelko, A.R., Finogeev M.A. Managing the organizational culture of an enterprise is one way to improve its efficiency (DOI 10.1007/978-3-030-69421- 0_90) // *Lecture Notes in Networks and Systems*. – 2021. – Vol. 200. – P. 826-834.

5. Голиченко О.Г. Национальная инновационная система России. состояние и пути развития. – М.: Наука, 2006. – 396 с.

6. Куделько, А.Р. Роль и основные направления деятельности вуза по формированию и обеспечению функционирования системы и инфраструктуры инновационного развития территории // *Проблемы высшего образования: материалы международной научно-методической конференции*. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного университета, 2019. – С. 26 – 30.

7. Дежина, И.Г., Киселева В.В Государство, наука и бизнес в инновационной системе России. – М.: ИЭПП, 2008. – 227 с.

УДК 004.94

Гресева Маргарита Александровна, студент, ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Greseva Margarita Alexandrovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Егорова Валерия Павловна, старший преподаватель кафедры «Управление инновационными процессами и проектами»; ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorova Valeria Pavlovna, Senior Lecturer of the Department "Management of innovative processes and projects", Komsomolsk-na-Amure State University

Грабарь Даниил Михайлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grabar Daniil Mikhaylovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ В ЗАДАЧАХ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА

SPECIFIC APPLICATION OF FUNCTIONAL DECOMPOSITION METHODS IN ROBOTIC PROCESS DOCUMENTATION

Аннотация. В статье рассматривается функциональная модель документооборота роботизированного производственного процесса при помощи методологии моделирования IDEF0. Предоставлены отрицательные и положительные стороны данной методологии в функциональной декомпозиции. Графически показано, как происходит декомпозиция в блоке «Документооборот». Также рассматриваются положительные и отрицательные использования методологии функциональной модели этапа «документирования».

Abstract. The article considers a functional model of the workflow of a manufacturing company using the IDEF0 modeling methodology. The negative and positive aspects of this methodology in functional decomposition are presented. Graphically shows how decomposition occurs in the "Document flow" block. The positive and negative uses of the methodology of the functional model of the "documentation" stage are also considered.

Ключевые слова: функциональная декомпозиция, высокотехнологичное производство, роботизированный процесс, автоматизация, документооборот.

Key words: functional decomposition, high-tech production, robotic process, automation, workflow.

Наилучший способ решения любой проблемы – это разделение данной проблемы на мелкие, более простые части, а в дальнейшем это объединение частей в полученное решение [3].

В конце XX века, в период расширения конкуренции на рынке и резкого упадка рентабельности компаний, руководители организации почувствовали большие трудности при попытках рационализировать затраты для сохранения прибыльности продукции и конкурентоспособности. Именно в это время образовалась необходимость в появлении модели деятельности компании, отражающей все инструменты и принципы взаимосвязи разных подсистем в условиях одного бизнес [5].

Понятие «моделирование бизнес-процессов» появилось в момент образования сложных программных продуктов, созданных для совокупной автоматизации управления организацией. Появление потребности в данной модели подразумевает проведение детального анализа деятельности производственного процесса. Результатом данного изучения является выявление слабых мест в управлении деятельностью данного процесса. На основе этого исследования, соответственно до использования процессов автоматизации, осуществляется преобразование бизнес-процессов [2].

Существуют часто используемые методологии для решения задач моделирования сложных подсистем. К таким методам относится методология IDEF0.

IDEF0 (Integrated Definition) – методология функциональной модели. С помощью графического языка данного метода, рассматриваемая система появляется перед создателями в виде подбора взаимозависимых функций (рис.1). IDEF0 представляет из себя перестройку структуры функций, позволяющих увеличить эффективность и производительность процессов [1].

На предоставленной функциональной модели приведен пример процесса документирования на роботизированном предприятии.

На рисунке 1 можно увидеть уже декомпозицию блока «Документирование организации».

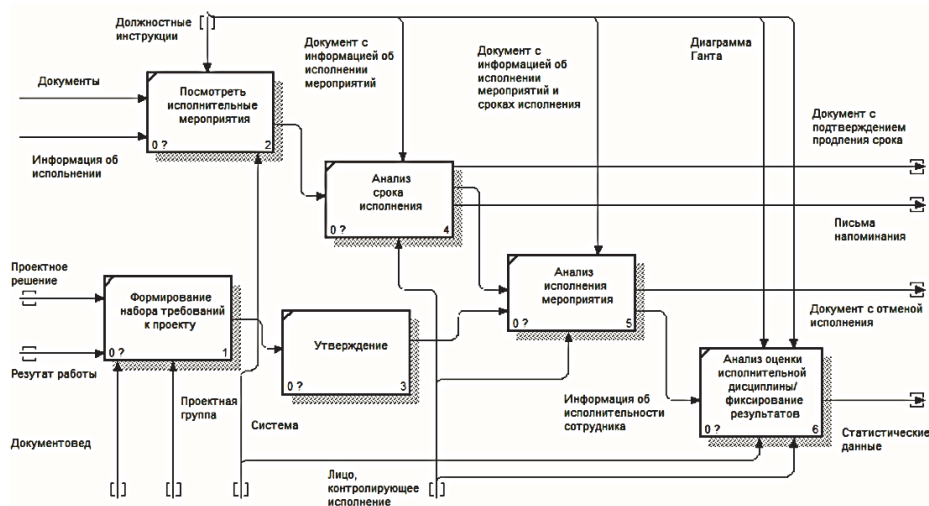


Рисунок 1 – Функциональная декомпозиция технологической операции «Документирование» в рамках жизненного цикла роботизированного комплекса

Процесс функциональной декомпозиции документооборота играет немаловажную роль, потому что она помогает сконцентрировать и упростить сам документооборот высокотехнологичного процесса [3].

В настоящий момент существуют как положительные аспекты данного процесса, так и отрицательные [6].

Сложность процесса документирования состоит в том, что необходимо контролировать уже поставленные ранее задачи, плюс ко всему прочему нужно согласовывать новые задачи. Также трудность заключается в определении требований к процессу, так как каждая подсистема требует к себе особенного внимания. Еще одним минусом является фиксация процессов, потому что каждый процесс имеет свои контрольные точки, временные ограничения и т.д. Необходимость в управлении регулирующими документами с трудностью укладывается в ранее принятую практику производственного процесса. Также преимуществами процесса документирования можно назвать предоставление полной картины описания бизнес-процесса. Также появилась простота и удобство в документировании процессов [2].

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что использование методологии функционального моделирования (IDEF0) помогает упорядочить, рационализировать и в достаточной мере контролировать процесс документирования. Появляется возможность оптимизации производства, т.к. повышается качество принимаемых руководителем решений. Предоставление визуализации помогает в полной мере предоставить информацию о документообороте высокотехнологического процесса, а также способствует более легкому выявлению тех или иных ошибок [4].

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ № ВН002/2020.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Горькавый М. А., Егорова В. П., Горькавый А. И., Мельниченко М. А., Исследование особенностей применения метода функциональной декомпозиции при разработке имитационных моделей цифрового двойника роботизированного процесса // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2022. – № 3(59). – С. 27-34. – DOI 10.17084/20764359-2022-59-27.
2. Организация документооборота на предприятии, системы автоматизации [Электронный ресурс], URL: <https://autorpad.com/ru/gpa-dlya-buhgaltera/avtomatizaciya-dokumentoooborota/2021> (дата обращения: 16.11.2022).
3. Основные методологии обследования организаций. Стандарт IDEF0. [Электронный ресурс], URL: <https://www.cfin.ru/vernikov/idef/idef0.shtml/2020> (дата обращения: 16.11.2022).
4. Сенченко П.В., Ехлаков Ю.П., Лазарев И.В. Организация документооборота электронного генерального плана промышленного предприятия [Текст]: учебное пособие // Научно-технические ведомости СПбГПУ. СПб. 2022. № 5. С. 103 – 107.
5. Горькавый М.А., Горькавый А.И., Соловьев В.А., Егорова В.П., Мельниченко М.А., Специфика архитектуры цифрового двойника коллаборативного роботизированного процесса на базе мультиагентных систем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 4. С. 147-156.
6. Grabar D.M., Egorova V.P., Gorkavyi M.A., Solovev D.B, Intellectualization of the online platform of flexible learning system by predictive agent model elements // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2022. T. 272. С. 661-668.

Дмитриева Елизавета Александровна, студент, Комсомольский на Амуре государственный университет;

Dmitrieva Elizaveta Alexandrovna, student, Komsomolsk-na-Amur State University

Прохоров Кирилл Константинович, студент, Комсомольский на Амуре государственный университет;

Prokhorov Kirill Konstantinovich, student, Komsomolsk-na-Amur State University

Бажеряну Виктория Васильевна, аспирант, Комсомольский на Амуре государственный университет;

Bazheryanu Victoria Vasilyevna, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University;

Сизинцева Анна Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский на Амуре государственный университет

Sizintseva Anna Sergeevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ОТСЛЕЖИВАНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО КЛИМАТА В КОЛЛЕКТИВЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИИ

TRACKING THE PSYCHOLOGICAL CLIMATE IN THE TEAM TO INCREASE STAFF PRODUCTIVITY AT THE ENTERPRISE

Аннотация. В работе рассматриваются современные подходы к формированию психологического климата в трудовом коллективе. Определены ключевые составляющие психологического климата. Дана оценка влияния психологического климата на показатели производительности сотрудника. Сделаны выводы о корреляции между степенью психологического комфорта в коллективе и показателями производительности труда.

Abstract. The paper considers modern approaches to the formation of the psychological climate in the workforce. The key components of the psychological climate have been identified. An assessment of the influence of the psychological climate on the employee's performance indicators is given. Conclusions are drawn about the correlation between the degree of psychological comfort in the team and labor productivity indicators.

Ключевые слова: психологический климат, показатели производительности, методы, сотрудник.

Key words: psychological climate, performance indicators, methods, employee.

Успех предприятия зависит не только от успешного функционирования его процессов, но и также от эффективного управления персоналом. [1] В методы управления входят такие процессы как создания системы мотивации выбор системы оплаты труда и еще ряд параметров. Систему управления персоналом стоит формировать, учитывая стратегию и культуру организации. [2]

В рамках проведенного исследования нами было проанализировано одно из ключевых понятие внутриорганизационной культуры – психологический климат, оказывающее непосредственное влияние на производительность персонала.

Одной из наиболее важных составляющих внутриорганизационной культуры является формирование позитивного психологического климата. Психологический климат – внутренний настрой, а также комбинация психологического и морального аспекта взаимоотношений среди сотрудников, которые совместно создают рабочую атмосферу. Климат присутствует абсолютно в любом коллективе, но чаще всего он проявляется в группах, нацеленных на определенный результат. От того какая атмосфера

создается внутри коллектива, напрямую зависит и успех этой группы. [1] Психологический климат – набор эмоций которые проявляются во взаимоотношении людей внутри коллектива, образующийся на основе интересов и склонностей каждого члена коллектива. В понятие психологического климата вложено три ключевых составляющих:

Социальный климат – соблюдение набора прав и обязанностей, всех участников коллектива, поставленных с учетом целей и задач.

Моральный климат – соблюдение ценностей, принятых внутри коллектива.

Психологический климат – не рабочие отношения среди участников коллектива.

Определяют четыре подхода к изучению и пониманию психологического климата в коллективе:

Климат – Это общий внутри коллективный разум, который основывается на осознании каждым членом коллектива своих задач в коллективе.

Климат – настрой коллектива. Это когда основная роль отводится не разуму, а эмоциям.

Климат – взаимоотношение людей внутри коллектива влияющей на состояние каждого члена коллектива.

Климат – отображение совместимости коллектива их сочетание между собой. Психологическое единство и наличие общих мнений и традиций среди участников.

Очень важно при работе с предприятием учитывать психологический климат в коллективе. Если в коллективе благоприятная обстановка между членами коллектива и руководителями, то даже не высоко квалифицированный персонал будет показывать отличную результативность. В связи с этим можно сказать, что наличие хорошего психологического климата в коллективе являться одним из ключевых элементов для эффективной работы предприятия.

Одновременно с этим верно и обратное – стабильно высокая производительность труда на предприятии указывает в том числе на благоприятный психологический климат, а также эффективно функционирующую систему мотивации.

Поэтому наряду с общими методами управления существуют и методы ориентированные напрямую на работу персонала, а именно оценивание, его достижений на рабочем месте и повышения его мотивации. Для оценивания его производительности используется несколько систем и методов, но наиболее известным является система KPI. [3, 4, 5] Ключевой показатель эффективности или KPI, Key Performance Indicator — Метод оценивания продуктивности сотрудника, который, на основе определенного набора данных, позволяет проанализировать и оценить как каждого отдельного сотрудника, так и всю компанию. Использование данного метода позволяет руководству правильно выстроить рабочий процесс: оценить деятельность каждого сотрудника, определить слабые стороны предприятия. В зависимости от показателей KPI можно определить достоин ли сотрудник каких-либо мотивационных поощрений или нет. Среди поощрений можно выделить повышение зарплаты либо же вертикальную ротацию. Но также на показатели KPI может влиять психологический климат.

Исходя из этого можно сказать, что при комфортном психологическом климате показатели KPI менее компетентного сотрудника будут гораздо выше, чем показатели KPI сотрудника более компетентного, но при плохом психологическом климате.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Соколова, В. С. Бизнес планирование инновационно-технологического проекта / В. С. Соколова, И. В. Зайченко // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 250-252. – EDN JDIWMA.

2. Сизинцева, А. С. Особенности анализа и описания производственного конфликта как результата некорректного коммуникативного взаимодействия в русскоязычном коллективе / А. С. Сизинцева, И. В. Зайченко, В. В. Бажеряну // Казанская наука. – 2022. – № 6. – С. 66-69. – EDN BHYDIV.

3. Прохоров, К. К. Разработка интеллектуальной системы оценки профиля пользователя / К. К. Прохоров, И. В. Зайченко // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 239-242. – EDN ZGOXLM.

4. Гончарова, С. А. Оптимизация трудовой деятельности персонала предприятия находящегося на рабочем месте в положении сидя / С. А. Гончарова, И. В. Зайченко // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство : сборник научных статей по итогам второй международной научной конференции, Казань, 30 марта 2019 года. – Казань: ООО «Конверт», 2019. – С. 120-122. – EDN ITBUZK.

5. Гончарова, С. А. Разработка роботизированного корректора с автоматически изменяющимся профилем для повышения качества работы сотрудников на производстве / С. А. Гончарова, И. В. Зайченко // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – С. 285-288. – EDN XPUTOX.

УДК 004.04

Долгов Никита Вячеславович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Dolgov Nikita Vyacheslavovich, student, FGBOU VO Komsomolsk-na-Amure State University

Егорова Валерия Павловна, старший преподаватель кафедры “Управление инновационными процессами и проектами”, ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorova Valeria Pavlovna, Senior Lecturer of the Department “Management of Innovative Processes and Projects”, FGBOU VO Komsomolsk-na-Amure State University

СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРОГРАММИРОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА

SPECIFIC APPLICATION OF FUNCTIONAL DECOMPOSITION METHODS IN ROBOTIC PROCESS PROGRAMMING

Аннотация. Данная работа посвящена функциональной декомпозиции в задачах программирования роботизированного процесса. С помощью нотации IDEF0 определены подпроцессы этапа программирования. Выделены основные проблемные места. Использование декомпозиции эффективно и позволяет сохранить время и затраты при работе.

Abstract. This work is devoted to functional decomposition in the tasks of programming a robotic process. Using the IDEF0 notation, the subprocesses of the programming phase are defined. The main problem areas are identified. The use of decomposition is efficient and allows you to save time and costs when working.

Ключевые слова: роботизированный процесс, роботизированный комплекс, декомпозиция, система, процесс.

Key words: robotic process, robotic complex, decomposition, system, process.

Роботизированный процесс представляет собой взаимодействие роботизированного комплекса над материалом с последующим получением продукта без человека или с минимальным его участием. Для того чтобы манипуляторы взаимодействовали друг с другом необходим связующий процесс [1]. В качестве этого процесса выступает программа, для написания которой программисту необходимо разработать код для каждого робота в отдельности и соединить их в единую работающую программу. При всём данном пути могут возникать различные не предвиденные ситуации, приводящие к последующему концу и начинанию работы сначала. Для того чтобы облегчить работу по программированию процесса желательно использовать декомпозицию.

Декомпозиция как процесс разделения, позволяет рассмотреть одну основную систему, как множество отдельных взаимосвязанных подсистем, которые также могут быть разделены на несколько частей, данный метод позволяет предотвратить множество ошибок и сделать задачу проекта более понятной [2].

То есть программирование роботизированного процесса, можно разделить на три основных процесса: 1. калибровка; 2. формирование управляющей программы; 3. запуск программы.

Разделение процесса представлено на рисунке 1.

В звене калибровки оператором и программистом происходит процесс оценки проектного решения на пригодность, а также сравнение его с документацией на соответствие определенным требованиям. Если калибровка прошла успешно, откалиброванная база переходит в следующее звено Во-втором звене происходит основная работа, формирования управляющей программы. Программист изучает техническое задание и инструкцию по программированию, заходит в выбранную среду программного обеспечения и начинает создавать сам код. После управляющая программа поступает в третье звено, где программист пытается её запустить в среде программирования, если всё удачно у нас получается готовый продукт - программа.



Рисунок 1 – Функциональная декомпозиция технологической операции «Программирование» в рамках жизненного цикла роботизированного процесса

В случаи возникновения ошибок в последнем звене, можно сделать откат до второго звена и начинать исправлять проблему, если же проблема будет не устранена, то программу можно вернуть обратно во второе или даже в первое звено и исправить ошибки.

Отсюда можно говорить о том, что функциональная декомпозиция в задачах программирования роботизированного процесса позволяет выявить ошибки в различных этапах программы, сохраняя время, нервы, ресурсы и деньги нежелая чем создавать программу с одной основной задачей.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ № ВН002/2020.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Роботизированный процесс - [Электронный ресурс]. URL: https://sertprim.ru/vnedrenie_robotov/robot-universal-robots/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=robot&utm_content=text&utm_term=роботизация%20процессов&_openstat=ZGlyZWN0LnIhbmRleC5ydTs4MDQ5Njc2NTsxMzA1Mjk0ODUyOTt5YW5kZXgucnU6cHJlbW11bQ&yclid=18216173285364203519 (дата обращения: 30.11.2022)

2. Декомпозиция: как упростить себе жизнь - [Электронный ресурс]. URL: <https://lpgenerator.ru/blog/dekompoziciya-cto-eto-takoe-prostymi-slovami/> (дата обращения: 30.11.2022)

УДК 004.94

Егорова Валерия Павловна, старший преподаватель кафедры “Управление инновационными процессами и проектами”, ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorova Valeria Pavlovna, Senior Lecturer of the Department “Management of Innovative Processes and Projects”, FGBOU VO Komsomolsk-na-Amure State University

Трегубов Егор Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Tregubov Egor Aleksandrovich, student, FGBOU VO Komsomolsk-na-Amure State University

СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРОВЕРКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

SPECIFIC APPLICATION OF FUNCTIONAL DECOMPOSITION METHODS IN THE TASKS OF CHECKING THE TECHNICAL READINESS OF A ROBOTIC COMPLEX

Аннотация. В данной работе показано функциональное моделирование в процессе декомпозиции в задачах проверки готовности роботизированного комплекса. Готовность работы высокотехнологичного оборудования необходимо отслеживать на каждом этапе жизненного цикла роботизированного процесса. Данный этап позволяет вовремя отследить показатели работы оборудования и вовремя избежать поломки оборудования. Также данный этап нужен для предварительной оценки готовности оборудования.

Abstract. This paper shows functional modeling in the process of decomposition in the tasks of checking the readiness of a robotic complex. The availability of high-tech equipment must be monitored at each stage of the life cycle of a robotic process. This stage allows you to track the performance of the equipment in time and avoid equipment breakdowns in time. Also, this stage is needed for a preliminary assessment of the readiness of the equipment.

Ключевые слова: декомпозиция, отладка, роботизированные комплексы, система.

Key words: decomposition, debugging, robotic complexes, system.

Декомпозиция – это деление целого на части, или научный метод, использующий структуру задачи, и позволяющий заменить решение одной большой задачи решением серии меньших задач, пусть и взаимосвязанных, но более простых.

Процесс декомпозиции – важнейший сегмент во время стадии планирования проектного задания, позволяющий проследить цепочку построения процесса и структуры объекта. Данная практика позволяет минимизировать количество ошибок при разработке и привести проект к систематизированному виду.

В данной работе рассматривается декомпозиция проверки технической готовности роботизированного комплекса.

Один из примеров подобного подхода – методология IDEF0 [1]. Пример функциональной декомпозиции можно рассмотреть на рисунке 1.

Ни один процесс разработки роботизированного комплекса не обходится без процесса отладки программного решения на физической модели [2].

В процессе написания кода исполнитель старается привести систему к желаемому виду, учитывая множество факторов, но не всегда на выходе получается готовое к эксплуатации изделие. Отсюда возникает необходимость окончательной отладки системы перед ее выпуском. Цепочку действий в данном случае можно описать по схеме (рисунок 1).

1 Интеграция кода в контроллер – процесс загрузки подготовленного скетча для его дальнейшей проверки на этапе отладки.

2 Запуск программного кода – при отсутствии ошибок на этапе интеграции производится запуск программы, производится первая проверка на сбой.

3 Тестирование программного решения – система прогоняется по циклу предписанных задач. На данном этапе оператор изучает ее поведение в физической среде, следит за удовлетворением поставленных критериев качества и готовности. В случае успешного завершения проверки – роботизированный комплекс вводится в эксплуатацию.

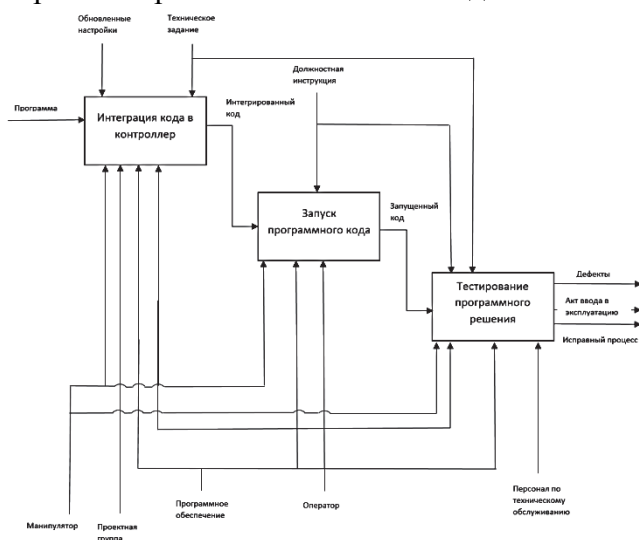


Рисунок 1 – Функциональная декомпозиция технологической операции «Отладка» в рамках жизненного цикла роботизированного процесса

В случае возникновения ошибок на каком-либо этапе происходит процесс отката системы к предыдущему этапу отладки, вплоть до процесса написания кода.

Отсюда и существуют различные системы функционального моделирования изделия, направленные на устранения и идентификацию ошибок на одном из ключевых этапов процесса разработки. Детерминация задачи на подзадачи позволяет избежать необходимости возвращения к предыдущим пунктам разработки, что в свою очередь экономит время, деньги и позволяет быстро получить желаемый результат без дополнительных издержек [3].

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ № ВН002/2020.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. IDEF0. Знакомство с нотацией и пример использования // trinion.org: свободная URL: <https://trinion.org/blog/idef0-znakomstvo-s-notaciey-i-primer-ispolzovaniya> (Дата обращения 21.11.2022)
2. Gorkavyu M.A., Egorova V.P., Efimov A.Y Process automation for robot-based manufacturing components of prospective aviation complexes // Lecture Notes in Networks and Systems. - 2021. - №Т. 200. С. 187-195
3. Ефимов А.Ю., Горькавый М.А. К вопросу создания интеллектуальной системы прогнозирования и оптимизации энергетических затрат роботизированного участка // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы международной научно-практической конференции. С.В. Белых (отв. ред.). - 2017. - С. С. 88-90.

УДК 004.94

Егорова Валерия Павловна, старший преподаватель кафедры “Управление инновационными процессами проектами”, ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorova Valeria Pavlovna, Senior Lecturer of the Department of “Management of Innovation Processes by Projects”, Komsomolsk-na-Amure State University

Юрганова Диана Сергеевна, студент, ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Urganova Diana Sergeevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Грабарь Даниил Михайлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grabar Daniil Mikhaylovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ В ЗАДАЧАХ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА В РОБОТИЗИРОВАННОМ ПРОЦЕССЕ

THE SPECIFICS OF THE APPLICATION OF FUNCTIONAL DECOMPOSITION METHODS IN THE TASK OF PERSONNEL TRAINING IN THE ROBOTIC PROCESS

Аннотация. В данной статье представлены материалы исследования специфики применения методов функциональной декомпозиции в задачах обучения персонала в роботизированном процессе. Также содержится введение в технологию процесса, обзор методологии и заключение. Обучение персонала является одним из важнейших этапов жизненного цикла роботизированного процесса. Важно учитывать при работе сотрудников с высокотехнологичным оборудованием наличие определенных знаний, умений и навыков.

Abstract. This article presents research materials on the specifics of the application of functional decomposition methods in the tasks of personnel training in a robotic process. It also provides an introduction to the process technology, an overview of the methodology, and a conclusion. Personnel training is one of the most important stages in the life cycle of a robotic process. It is important to take into account the presence of certain knowledge, skills and abilities when employees work with high-tech equipment.

Ключевые слова: специфики применения методов функциональной декомпозиции, роботизированный процесс, обучение персонала, технологии.

Key words: specifics of the application of functional decomposition methods, automated process, personnel training, technologies.

В настоящее время развитие современного общества нельзя представить без развития науки и техники, без внедрения технологических новшеств. Сегодня актуальным становится образование с акцентом на практико-ориентированное обучение. Робототехника является перспективной отраслью современного образования и производства.

Умение управлять роботизированным комплексом, требует особенной подготовки, ведь ценность робота определяется тем, на сколько сложные он может выполнять операции и насколько он независим от своего оператора [1,2]. Для того чтобы управлять роботизированным комплексом необходимо иметь навыки управления сложными задачами, а требует специальной подготовки технических кадров в области робототехника.

На рисунке 1 представлена схема функциональной декомпозиции процесса «Обучение персонала» в рамках жизненного цикла роботизированного процесса. На начальном этапе схемы формируется программа обучения, которая включает в себя: методологию обучения, техническое задание и систему корпоративного обучения персонала. Из начального этапа программы обучения вытекает следующий процесс – проведение обучения, где учитываются: учебный план, методическое обеспечение, центр повышения квалификации и персонал. Итоговым этапом блока является оценка эффективности обучения, которая формирует компетентных специалистов.

Обучение персонала – это перечень мероприятий, которые направлены на повышение квалификации. Оно подразумевает под собой развитие профессиональных качеств, знаний, а также получение практика ориентированных знаний. Цели и задачи, стоящие перед руководителями, заключаются в том, чтобы добиться высокого профессионализма, компетентности обучаемых сотрудников, что будет являться залогом эффективной работы.

Обучение работников - основа развития работы персонала в организации. Не секрет, что современные высокотехнологичные предприятия для поддержания высокого качества работы и конкурентоспособности должны постоянно меняться. Необходимо подстраиваться под требования рынка и применять в повседневной практике современные технические и технологические достижения.

Обучение персонала представляет собой «целенаправленный процесс передачи и приобретения новых знаний и навыков, реализуемый организацией для своих сотрудников, с целью обеспечения наилучшего выполнения ими своих профессиональных обязанностей» [3,4]. Обучение работников включает их подготовку, переподготовку и повышение квалификации. Профессиональная подготовка предполагает первичное получение человеком знаний, умений и навыков, необходимых для выполнения трудовых функций.

Максимальное количество обучающих курсов, организуемых предприятием для работников, направлено на повышение квалификации персонала, поскольку именно такие мероприятия позволяют поддерживать требуемый уровень профессионализма сотрудников в условиях изменения внешней и внутренней среды организации.

С помощью функциональной декомпозиции можно увидеть, что благодаря своевременному обучению персонала, а также оценки эффективности обучения технологических процесс получает персоналом с опытом работы, а также информацию о качестве прохождения курсов.

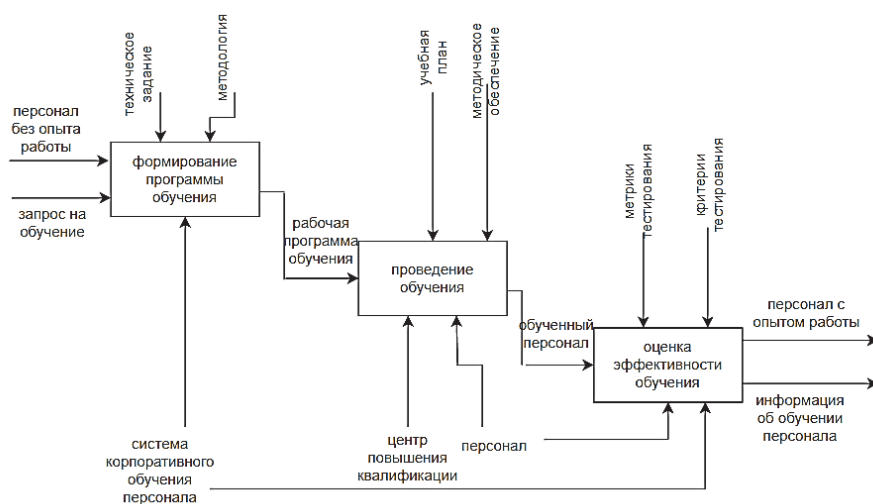


Рисунок 1 – Функциональная декомпозиция технологической операции «обучение персонала в рамках жизненного цикла роботизированного процесса»

Внедрение автоматизации на высокотехнологичные предприятия является ключевым источником ее конкурентного преимущества. Наличие инновационного потенциала в предприятии определяет условия и предпосылки для реализации любых инновационных процессов и включает в себя определенные ресурсы, обеспечивающие готовность и способность предприятия к совершенствованию своей производственной деятельности, к таким ресурсам относятся: финансовые, материально-технические, интеллектуальные (патенты, лицензии), инфраструктурные, а также кадровые ресурсы. Персонал с высоким инновационным потенциалом представляет собой один из важнейших инновационных ресурсов предприятия. Процесс формирования и улучшения уровня инновационного потенциала персонала рассматривается как актуальная и значимая проблема управления персоналом на высокотехнологичном роботизированном предприятии.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ №ВН002/2020

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Соловьев В.А., Черный С.П. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами. Владивосток : Дальнаука. 2010. – 267 с.
2. Gorkavyu M.A., Egorova V.P., Efimov A.Y. Process automation for robot-based manufacturing components of prospective aviation complexes // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Т. 200. С. 187-195.
3. Горькавый М. А., Егорова В. П., Горькавый А. И., Мельниченко М. А., Исследование особенностей применения метода функциональной декомпозиции при разработке имитационных моделей цифрового двойника роботизированного процесса // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2022. – № 3(59). – С. 27-34. – DOI 10.17084/20764359-2022-59-27.
4. Горькавый М. А., Егорова В. П., Болдырев В. В., Инструменты управления инновационными проектами: учеб. пособие. Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2018. – 98 с.

Ильченко Валерий Юрьевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ilchenko Valery Yurievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Соколова Вера Сергеевна, преподаватель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sokolova Vera Sergeevna, lecturer at Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

RESEARCH OF INNOVATIVE SOLUTIONS FOR HEAT SUPPLY AND AIR CONDITIONING OF INDUSTRIAL PREMISES

Аннотация. В статье рассматриваются имеющиеся на рынке инновационные решения теплоснабжения и кондиционирования производственных помещений. В статье проводится анализ новых подходов к организации микроклимата на базе климатических систем. В области теплоснабжения рассмотрены новые решения в виде термостатических клапанов, тепловых насосов и термомайзеров. В области кондиционирования помещений рассматривались ЕС-двигатель, прецизионные кондиционеры и абсорбционный кондиционер. Была представлена структура инновационных решений теплоснабжения и кондиционирования производственных помещений.

Abstract. The article discusses the innovative solutions for heat supply and air conditioning of industrial premises available on the market. The article analyzes new approaches to the organization of the microclimate based on climate systems. In the field of heat supply, new solutions in the form of thermostatic valves, heat pumps and thermomisers are considered. In the field of room conditioning, the EC motor, precision air conditioners and absorption air conditioner were considered. The structure of innovative solutions for heat supply and air conditioning of industrial premises was presented.

Ключевые слова: теплоснабжение, кондиционирование, производство.

Key words: heating, air conditioning, production.

Любое конкурентноспособное производственное предприятие ставит перед собой цели, связанные с повышением качества и объема продукта, которое оно выпускает. Производство и хранение продукции различной номенклатуры подразумевает определенные технологические и эксплуатационные условия работы климатических систем отопления и кондиционирования производственных помещений.

Режимам работы климатических систем отопления и кондиционирования свойственен динамический характер при обеспечении заданных значений параметров микроклимата. Работа систем в таком режиме ведет к значительным расходам энергоносителей, а также росту себестоимости продукции.

Разработчики современных систем теплоснабжения и кондиционирования производственных помещений стремятся к тому, чтобы их устройства были максимально ресурсосберегающие и экономичные. Ведь это в интересах не только самого предприятия, но и в целом экономики страны.

В области теплоснабжения производственных предприятий можно выделить несколько инновационных решений. Современная система отопления представляет собой нагревательные приборы, в конструкции которых имеется термостатические клапаны [1]. Данные элементы позволяют сохранять около 20 % тепла, уходящего на отопление производственных помещений. Популярным решением и по сей день является использование тепловых насосов. Они представляют собой малогабаритные отопительные приборы для автономного отопления и нагрева воды в системах водоснабжения произ-

водственных объектов. Также в качестве современного решения для отопления выступает термомайзер, применяемый с целью экономии тепловых ресурсов. Традиционно термомайзер предназначен для автоматической регуляции подачи теплоносителя, с целью сокращения его расходов [2].

Что касается кондиционирования производственных помещений, здесь также имеется множество новых решений и технологий. Например, вентиляционное оборудование приобретает высокие характеристики эффективности и долговечности с помощью внедрения электронно-коммутируемого двигателя. Производители утверждают, что их двигатели потребляют в два раза меньше электроэнергии чем традиционные двигатели. Кроме того, электронно-коммутируемый двигатель обладает достаточно высоким КПД в 90 % [3]. Энергозатраты при кондиционировании воздуха также экономятся с помощью прецизионных кондиционеров с функцией фрикулинга. Особенностью данного типа кондиционера является двухконтурный испаритель. Традиционные системы кондиционирования обеспечивают работу только одного циркуляционного контура. В кондиционеры с функцией фрикулинга обеспечивают циркуляцию хладагента по второму контуру. Данные кондиционеры особенно эффективны для обеспечения требуемых условий работы оборудования. Работая в условиях низких температур, функция фрикулинга подразумевает работу кондиционера с минимальным использованием электроэнергии [4]. Применение абсорбционных систем для кондиционирования промышленных помещений также имеет перспективу. Использование абсорбционных кондиционеров обеспечивают не только экономию энергоресурсов предприятия, но и снижают оказываемое негативное воздействие на экологию [5]. На рисунке 1 представим структуру инновационных решений теплоснабжения и кондиционирования производственных помещений.

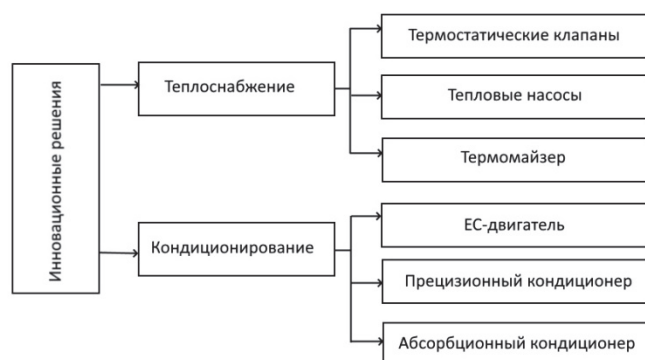


Рисунок 1 – Структура инновационных решений теплоснабжения и кондиционирования производственных помещений

В заключении можно сделать вывод о том, что сегодня существует множество инновационных решений в области теплоснабжения и кондиционирования промышленных предприятий. Кроме того, научная база и исследования в области климатической техники представляют собой основу для развития новых технологий для удовлетворения потребностей промышленных предприятий с наименьшими затратами энергоресурсов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети. – М.: ИНФРА – М., 2010. – 480 с
2. Галиев Р. Р. Инновационные технологии в системах теплоснабжения // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2014. №1 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-v-sistemah-teplosnabzheniya> (дата обращения: 01.11.2022).

3. Игошин В.А., Аминов Б.А. Сравнительный анализ работы ЕС-двигателей // Научное обозрение, технические науки № 2 . С 32-40
4. Резников Г.В. Системы прецизионного кондиционирования воздуха с «гибкой» технологией работы для помещений с компьютерной техникой // Журнал С.О.К. - 2002. - № 10
5. Соколова, В. С. Разработка ресурсосберегающего эконокондиционера абсорбционного типа / В. С. Соколова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 250-252. – EDN SYOLXI.

УДК 64-52

Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, профессор, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kudelko Anatoly Romanovich, Candidate of Technical Sciences, Professor,
Komsomolsk-na-Amure State University

Маслов Владислав Игоревич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Maslov Vladislav Igorevich, master student, Komsomolsk-na-Amure State University

ИННОВАЦИОННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ С ПОДСИСТЕМОЙ РЕГИСТРАЦИИ ДАНЫХ ПО ПОТРЕБЛЁННЫМ КОММУНАЛЬНЫМ РЕСУРСАМ

AN INNOVATIVE AUTOMATED SYSTEM FOR THE DISTRIBUTION OF ENERGY RESOURCES WITH A SUBSYSTEM FOR RECORDING DATA ON CONSUMED UTILITIES RESOURCES

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы, связанные с решением проблемы нерационального расхода энергетических ресурсов, обусловленного неконтролируемой подачей тепла в многоквартирные дома. Предлагаемая автоматизированная система распределения энергоресурсов позволяет значительно снизить издержки потребителей за счет оптимизации расхода тепловых ресурсов внутри дома. Рассмотрены мероприятия, ориентированные на оборудование (переоборудование) многоквартирных домов системой с автоматическим регулированием подачи тепловой энергии, а также на оборудование домов «умными» приборами учёта для автоматического сбора и передачи информации о потреблённых ресурсах в расчётные и расчётно-кассовые центры. В результате достигается значительное снижение оплаты за энергоресурсы за счёт более эффективного и экономичного их использования.

Abstract. The paper discusses issues related to solving the problem of irrational consumption of energy resources caused by uncontrolled heat supply to multi-apartment buildings. The proposed automated energy distribution system allows to significantly reduce the costs of consumers by optimizing the consumption of heat resources inside the house. The measures focused on the equipment (reequipment) of apartment buildings with a system with automatic regulation of heat supply, as well as on the equipment of houses with "smart" metering devices for automatic collection and transmission of information about consumed resources to settlement and cash centers are considered. As a result, a significant reduction in payment for energy resources is achieved due to their more efficient and economical use.

Ключевые слова: автоматизированная система, имитационная модель, оптимизация, энергоресурсы, тепловой пункт, приборы учёта, отопление.

Key words: automated system, simulation model, optimization, energy resources, heating point, metering devices, heating.

Введение

Исследования и разрешение проблем энергосбережения и энергоэффективности всегда были и остаются актуальными при рассмотрении вопросов создания и функционирования систем обеспечения различных объектов электрической, тепловой и другими видами энергией, что подтверждается, например, приоритетным направлением «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика» программы развития науки, техники и технологий в РФ, а также одним из компонентов перечня критических технологий РФ – "Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии", утвержденного Указом Президента РФ от 07.07.2011 № 899. Кроме того, рассматриваемая проблема требует учета тенденции непрерывного возрастания стоимости потребляемых энергоресурсов и связана с созданием современных энергоэффективных технологий по управлению потреблением энергетических ресурсов распределенными зданиями, энергохозяйством и инженерной инфраструктурой микрорайонов территориального образования на основе поисковых проблемно-ориентированных исследований.

В результате, рассматриваемая ниже инновационная автоматизированная система распределения энергоресурсов включает блок управления ресурсами, формирующий управляющие сигналы с учетом принятых данных с внутриквартирных датчиков, а также модуля Wi-fi для соединения с сетью интернет в целях последующей передачи данных. Одновременно, проект ориентирован на разработку системы индивидуальных приборов учёта с возможностью передачи данных на соответствующие серверы, состоящие из самих приборов учёта и модулей подключения к сети интернет.

В связи с этим, целью работы является проектирование и формирование мероприятий и предпосылок, ориентированных на переоборудование многоквартирных домов с последующим их включением в систему автоматически регулируемого оборудования подачи тепловой энергии, а также оборудование этих домов «умными» приборами учёта для автоматического сбора и передачи информации о потреблённых ресурсах в расчётные и расчётно-кассовые центры.

Обоснование, выбор и характеристика инновационного продукта

В работе в качестве продукта рассматриваются переоборудованные многоквартирные дома, включенные в систему автоматически регулируемого оборудования подачи тепловой энергии, а также оборудование этих домов «умными» приборами учёта для автоматического сбора и передачи информации о потреблённых ресурсах в расчётные и расчётно-кассовые центры.

Основные функциональные возможности продукта заключаются в том, что сформированная система, в отличие от ближайших аналогов, организует автоматическое распределение тепловых ресурсов среди квартир посредством установки в них датчиков температуры, что позволяет значительно снижать затраты потребителей за данный ресурс. Основным преимуществом рассматриваемой системы является установка счётчиков с автоматической передачей данных о потреблённых ресурсах и возможностью формирования QR-кода для удалённой оплаты. От ближайших аналогов [1] этот продукт отличается тем, что значительно упрощает сбор и обработку информации о потреблённых ресурсах и позволяет более достоверно отражать количество потреблённых ресурсов. Также в отличие от аналогов предлагаемый продукт является частью интернета вещей, то есть входит в сеть физических предметов, оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой. Данный продукт имеет название «Умные ресурсы».

Кроме того, отличия рассматриваемого продукта состоят в том, что он базируется на распределении и регулировании горячего водоснабжения без участия газа и многочисленных датчиков по его регулированию. Продукт также оборудован системой сбора данных по электроснабжению, что значительно расширяет его функциональные возможности. В отличие от автоматизированной системы «Умное теплоснабжение», система «Умные ресурсы», оборудована единым Wi-fi роутером, с максимальным охватом приёма и передачи сигнала, рассчитанным на 1 многоквартирный подъезд.

Основой современных автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) является электронный регулятор температуры с функцией погодной компенсации, предназначенной для автоматического определения температуры T^0 по значению температуры T^3 . Чем она меньше, тем больше температура теплоносителя в трубопроводах, и наоборот. Отсутствие этой функции приводит, как правило, к перерасходу тепловой энергии. Связь между расчетными температурами T^0 и T^3 определяется по температурным отопительным графикам (рисунок 1).

Структура и характеристика совокупности требований к инновационной системе распределения энергетических ресурсов

Основными элементами теплового пункта (ТП) являются теплообменное оборудование, циркуляционные насосы, при необходимости – система химводоподготовки, а также система автоматики и запорно-регулирующая арматура. Система автоматики ТП осуществляет местное качественное регулирование температуры горячей воды, идущей на системы отопления потребителей в соответствии с температурным графиком системы теплоснабжения. Регулирование температуры воды осуществляется на основании сигналов, поступающих от датчиков температуры окружающей среды и датчиков, находящихся в контрольных помещениях потребителя.

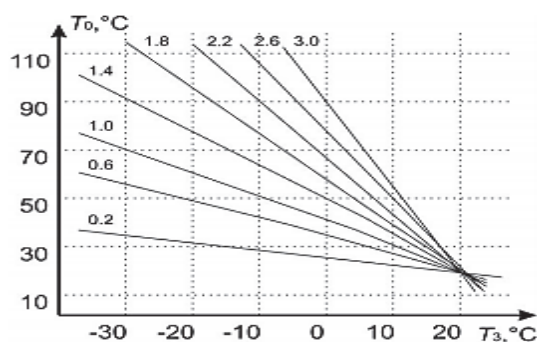


Рисунок 1 - Температурные отопительные графики с различными коэффициентами наклона

Приборы учета тепла, являющиеся составной частью системы теплоснабжения, позволяют определить фактический расход тепловой энергии, исходной холодной и химически подготовленной воды, необходимой потребителям. Оборудование системы имеет высокую надежность благодаря применению передового оборудования, многократно проверенного в реальных условиях. Автоматизированная система теплоснабжения потребителей за счет автоматизации технологического процесса теплоснабжения позволяет сократить эксплуатационные затраты. В структуре системы должны присутствовать теплообменное и насосное оборудование. Необходимы также контрольно-измерительные приборы и автоматика, запорно-регулирующая арматура, система химводоподготовки воды для системы отопления и технологических нужд, и комплекс узлов учета топливно-энергетических ресурсов.

Моделирование поведения автоматизированной системы распределения тепловых энергетических ресурсов

В ходе работы построена модель системы нечеткого выбора на примере интеллектуальной системы отопления помещения. Модель процесса построена в FIS Editor программы Matlab.

При описании и декомпозиции процесса отопления определены 4 входных параметра, на основании которых система принимает то или иное решение: температура, регистрируемая внутриквартирными датчиками; площадь отапливаемого помещения; количество установленных в помещении радиаторов; температура на улице. Для каждого из показателей задано несколько диапазонов значений, на основании которых система будет принимать решения (таблица 1).

Таблица 1 – Температурные показатели системы

	S помещения, м ²	Радиаторов, шт.		Температура помещения, С _о	Температура улицы, С _о
Мало	40 - 65	2 - 3,5	Холодно	18 - 22	(-40) - (-25)
Оптимально	60 - 120	2,7 - 6,2	Оптимально	21 - 28	(-30) - (-10)
Много	110 - 150	5,5 - 10	Тепло	27 - 35	(-15) - (+10)

Таким образом система входящих в систему показателей была задана для дальнейшего создания правил, на основании которых система и будет принимать решения.

После проверки поведения системы при тех или иных входящих условиях визуализировано поведение системы при помощи окна Surface Viewer и построены все возможные соотношения показателей из таблицы 1 (рисунок 2).

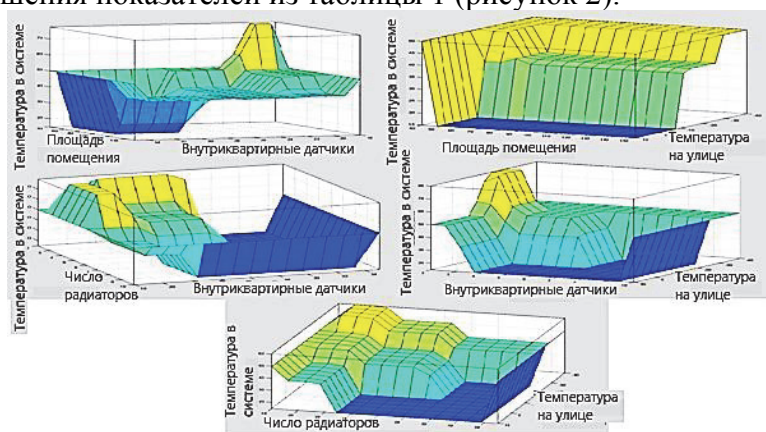


Рисунок 2 – Визуализация результатов моделирования системы

Таким образом можно утверждать, что поведение системы является адекватным при разных вариантах развития событий. При помощи заданных правил система даёт адекватную оценку входящим параметрам и правильно распределяет энергоресурсы.

Заключение

Рассмотренная и смоделированная автоматизированная система распределения энергоресурсов позволяет снять вынужденные «перетопы» в переходные межсезонные периоды, что позволяет достигнуть 30-40% экономии в эти периоды отопления. Также в ходе моделирования установлено снятие влияния на потери тепла инерции тепловой сети при перепадах между дневными и ночными температурами в пределах 5% от общего потребления ресурсов. Данная система позволяет корректировать температурный график, что формирует экономию до 15% от потребления ресурсов.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств ФГБОУ ВО КнАГУ № ВН11/2022.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Заявка на изобретение 2013127441/12 от 18.06.2013 // Сайт Федерального института промышленной собственности URL: <https://inlnk.ru/0QJewG> (дата обращения: 01.11.2022).

2. Потапенко А. Н. Автоматизированное управление процессом централизованного теплоснабжения распределенного комплекса зданий с учетом моделирования этих процессов / А. Н. Потапенко, Е. А. Потапенко, А. С. Солдатенков, А. О. Яковлев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2007. – № 7-8. – с. 120-134.

3. Алимкулова С.Р., Абдуллаязнова Э.Ю. Автоматизация индивидуальных тепловых пунктов // Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. - 78 с.

4. Ищенко А.С., Сафонов Н.Е., Колосова Н.В. Повышение энергоэффективности тепловых пунктов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. - 2021. - №3(24). - С. 6-10.

УДК 620.91

Куптлеуова Кенжесулу Турегалиевна, старший преподаватель, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана

Kupteleova Kenzheulu Trugaliynavna, Senior Learner, West Kazakhstan Agricultural and Technical University. Zhangir Khan

Нафикова Нурия Фаниловна, студент, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет

Nafikova Nuriya Fanilovna, student, West Kazakhstan Agricultural and Technical University

Лукманова Анель Айдархановна, студент, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет

Lukmanova Anel Aidarkhanovna, student, West Kazakhstan Agricultural and Technical University

Мукамбетжан Дана Нуржановна, студент, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет

Mukambetzhan Dana Nurzhanovna, student, West Kazakhstan Agricultural and Technical University

ОСВЕЩЕНИЕ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ И ПЕШЕХОДНЫХ ДОРОЖЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

LIGHTING OF THE CARRIAGEWAY AND PEDESTRIAN PATHS USING AN ALTERNATIVE ENERGY SOURCE

Аннотация. В настоящее время в мире наблюдается дефицит энергии. Из-за негативных последствий глобального потепления и парникового эффекта все более привлекательным становится использование возобновляемых источников энергии, к которым относится энергия солнца, ветра, рек, волн и океанских волн. Осветительные приборы, работающие на солнечных батареях, отличаются массой преимуществ. Монтаж энергосберегающих систем в городских парках, скверах, на игровых площадках служит верным способом повысить безопасность и попутно позаботиться об экологии города. Кроме того, автономное освещение – очевидная выгода для городского бюджета. В ближайшем будущем ожидается значительный рост использования возобновляемых источников энергии. У Казахстана большие перспективы в этом направлении. В данной статье мы рассмотрим освещение тротуаров светодиодными приборами за счет сбора энергии солнца и за счет извлечения электроэнергии из ветрогенератора с многолопастным ротором.

Abstract. Currently, there is a shortage of energy in the world. Due to the negative effects of global warming and the greenhouse effect, the use of renewable energy sources, which include the energy of the sun, wind, rivers, waves and ocean waves, is becoming increasingly attractive. Solar-powered lighting fixtures have many advantages. Installation of energy-saving systems in city parks, squares, playgrounds is a sure way to increase safety and take care of the city's ecology along the way. In addition, autonomous lighting is an obvious benefit for the city budget. A significant increase in the use of renewable energy sources is expected in the near future. Kazakhstan has great prospects in this direction. In this article, we

will consider lighting sidewalks with LED devices by collecting solar energy and by extracting electricity from a wind generator with a multi-blade rotor.

Ключевые слова: Солнечная батарея, пешеходная дорожка, многолопастной генератор, ветер, светодиод.

Key words: Solar battery, walking path, multi-blade generator, wind, LED.

Пешеходный переход – это специальное место на проезжей части, выделенное для перехода пешеходов на другую сторону улицы. По правилам дорожного движения пешеходные переходы обычно обозначаются специальными дорожными знаками или символами. Такая зона является очень опасной зоной для пешеходов в темное время суток, так как нередко случаи наезда на людей на пешеходной полосе. Причины такой небрежности могут быть разные, одна из них – отсутствие источников электроснабжения и прокладка кабелей требует значительных финансовых затрат.[1]



Рисунок - 1 Пешеходная дорожка с солнечным освещением

Во избежание больших затрат можно использовать светильники, работающие от солнечных батарей в светлое время суток. Использование таких источников света имеет очевидные преимущества: нет необходимости прокладывать электрические провода, а в яркий солнечный день эти осветительные приборы могут набрать достаточно энергии, чтобы освещать пространство более 10 часов без перерыва.[2] В пасмурную погоду лампы заряжаются от дневного света, но последующее время их работы несколько короче. Лампа включается и выключается автоматически. При необходимости свет можно включить или выключить с помощью дополнительного выключателя, которым оснащены все модели. На сегодняшний день самыми передовыми источниками света для наружных пространств являются светодиодные уличные фонари.[3]

К преимуществам светодиодных источников уличного типа можно отнести следующие свойства:

- Экономичное использование электроэнергии. Светодиодные приборы потребляют в 10 раз меньше электроэнергии, чем лампы накаливания, и в два раза экономичнее люминесцентных ламп.

- Длительный срок службы. Лампа, используемая только ночью, может прослужить четверть века и дольше.

- Стойкость к циклическим нагрузкам. Это означает, что светодиоды хорошо работают для частого включения и выключения устройства. К тому же общий ресурс не уменьшается, что выгодно отличает диодные приборы от ламп накаливания и других источников света.

- Стойкость к высоким и низким температурам, а также перепадам температуры. Устройства этого типа можно использовать при температуре от 50 до 50 градусов Цельсия.[4]

- Способность выдерживать механические нагрузки. Приборы уличного освещения сохраняют свои эксплуатационные характеристики даже после падения со значительной высоты на твердые основания.

- Отсутствие инерции. Это означает, что выход на полную мощность происходит бесперебойно – сразу после включения схемы.

- Отсутствие шума при работе.

- Светодиоды не мигают.

- Экологичность. Диоды изготовлены из экологически безопасных материалов.

Нет необходимости принимать специальные меры для уничтожения светодиодных светильников.

- Пожаровзрывобезопасность. [5]

Светодиодные светильники имеют как преимущества, так и недостатки. Самым большим его недостатком является высокая цена устройства. За прошедшие годы покупка светодиодного устройства окупилась во много раз. Однако не просто в финансовом и психологическом плане потратить за один раз большую сумму, превышающую стоимость покупки обычных ламп накаливания. [6]

Ветрогенератор – вид технического устройства, преобразующего кинетическую энергию ветра в электрическую энергию.

Мы хотим использовать роторы Савониуса, вертикальная ось вращения которых ветроколеса относятся к карусельному типу ветроколес. Вместо того, чтобы брать чистый ротор Савониуса, мы меняем его на многолопастной, причина изменения ротора таким образом заключается в том, что ветер проходит через первый ряд и достигает второго ряда, а скорость ветра увеличивается. По мере увеличения скорости ветра общая эффективность устройства увеличивается. [7]

Преимущество этого типа ветряков в том, что нет необходимости ориентироваться на ветер, то есть в ветряках положение ветряков в потоке более рациональное: независимо от того, в какую сторону дует ветер, он всегда в рабочее состояние. [8] К недостаткам этих конструкций можно отнести: поскольку рабочие лопасти движутся по направлению воздушного потока, ветровая нагрузка действует не на все лопасти одновременно, т.е. попеременно, что приводит к прерывистой нагрузке на флюгер [9].



Рисунок - 2 Многолопастный ветрогенератор

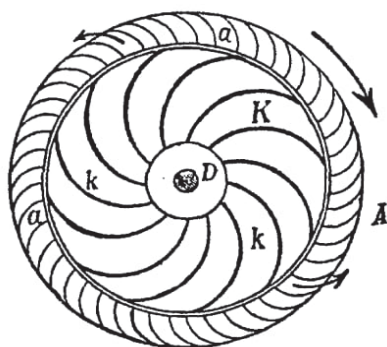


Рисунок – 3 Тротуарное освещение со смешанными возобновляемыми источниками энергии

С каждым годом в Казахстане наличные средства и резервы истощаются, и в то же время, вместе с увеличением спроса на электроэнергию, растет и ее цена. Специалисты ищут выход из сложившейся ситуации в использовании альтернативных источников энергии и энергосбережении [10]. По данным Агентства по регулированию естественных монополий РК, рост тарифов на электроэнергию в Казахстане может составить 15 процентов в ближайшие два года. Основное повышение тарифов

произошло в прошлом году: станции подняли тарифы до 70 процентов. В этом году он увеличился на 30 процентов. В 2009-2011 годах этот показатель колебался от 7 до 15 процентов на каждой станции. Ожидается, что к 2025 году спрос на электроэнергию вырастет еще на 50 процентов[11].

Потребление энергии является необходимым условием существования человека. Вот почему люди с древних времен рассматривали способы эффективного использования солнечной и ветровой энергии. В современном обществе уровень промышленного развития государств определяется не только их ресурсными возможностями и объемом производства низкоуровневых продуктов технологической переработки, но и уровнем развития передовых отраслей, требующих науки с технологической точки зрения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Малышев Е.А. Солнечная энергетика: состояние и перспективы [Электронный ресурс] <http://www.bestreferat.ru/> (дата обращения: 01.03.2016.)
2. Дизендорф А.В., Усков А.Е, Перспективы возобновляемой энергетики //, Научный журнал КубГАУ, №114(10), 2015 г.
3. Павлов Н. Солнечная энергия – энергия будущего, Электроника: наука, технология бизнес, №1(123), 2013г.
4. Стребков Д.С. Перспективы развития возобновляемой энергетики, журнал: Труды международной научно-технической конференции энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве, 2012 г.
5. Альтернативная энергетика без тайн: Стэн Гибилиско - Санкт-Петербург, Эксмо, 2010 г.– 368с.
6. Энергетика планеты Земля. Анализ и прогноз: В. Г. Васильев - Москва, Белые альвы, 2006 г. - 208 с.
7. Бухарбаев К.С., Возобновляемые источники энергии в Республике Казахстан, http://www.interelectro.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=117%3Akazakhstan1&catid=72%3Avozobn&Itemid=81&lang=ru
8. Ветрогенератор с вертикальной осью – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vetrogenerator-svertikalnoy-osyu/viewer>
9. Двухроторный ветрогенератор с управляемым углом атаки лопасти -URL: <http://ачии.рф/files/81c5b1e6-afaf-4b07-a4ff-d786c19182b6.pdf>
10. Еременко, В.Г. Разработка и исследование источника электроэнергии постоянной частоты с асинхронным генератором при переменной скорости вращения: автореф. дис. канд. техн. наук / Ерёменко В.Г. – Москва, 1967. – 28 с.
11. Никитенко, Г.В. Ветроэнергетические установки в системах автономного электроснабжения [Текст] / Г.В. Никитенко, Е.В. Коноплев. – Ставрополь: АГРУС, 2008. – 160 с.

Кучеров Вячеслав Антонович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuchеров Vyacheslav Antonovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, профессор, профессор, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kudelko Anatoly Romanovich, Candidate of Technical Sciences, Professor, Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

Пугачева Алина Игоревна, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pugacheva Alina Igorevna, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА

METHODS AND TECHNOLOGIES FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE INNOVATION SYSTEM OF AN ECONOMIC ENTITY

Аннотация. В настоящее время компаниям необходимо идти по пути инноваций и развития, осваивать новые технологии и продукты с ключевыми преимуществами, а также обновлять и модернизировать устаревшие производственные системы и механизмы управления. В рамках данной работы проводится анализ явления инновационной системы хозяйствующего субъекта, описание её функционирования и определение методов и технологий повышения её эффективности с учетом ориентированности на возможные проблемы и недостатки в функциональной структуре.

Abstract. Currently, companies need to follow the path of innovation and development, master new technologies and products with key benefits, as well as upgrade and modernize outdated production systems and management mechanisms. Within the framework of this work, an analysis of the phenomenon of the innovation system of an economic entity is carried out, a description of its functioning and the definition of methods and technologies for improving its efficiency, taking into account the focus on possible problems and shortcomings in the functional structure.

Ключевые слова: инновационная система хозяйствующего субъекта, методы, технологии, повышение эффективности, инновации

Key words: innovative system of an economic entity, methods, technologies, efficiency improvement, innovations.

Инновационная система хозяйствующего субъекта представляет собой совокупность внутренних и внешних по отношению к нему (при необходимости) компонентов, которые в их взаимодействии в инновационном процессе обеспечивают высокую эффективность процессов жизненного цикла инноваций и инновационной деятельности в целом, что в свою очередь ведет к повышению уровня эффективности функционирования предприятия и усовершенствованию ассоциативных связей между этими компонентами.

Инновационная система хозяйствующего субъекта, для достижения эффективных показателей, должна быть ориентирована и способна выполнять следующие основные функции:

-идентификация производственных, организационно-управленческих, маркетинговых, финансово-экономических и других проблем, генерация (или поиск во внешней среде) и отбор идей их эффективного разрешения;

-аналитическое исследование потребностей рынков сбыта, анализ и ориентация на приоритетные направления исследований;

-ориентироваться на инновационное развитие предприятия путем проведения стратегического планирования инновационной деятельности;

-внедрение процессов, повышающих эффективность инновационной деятельности и проведение НИОКР инновационных проектов и программ, ведущих к совершенствованию хозяйствующего субъекта;

-отслеживать показатели эффективности внедрения инновационных проектов и мониторинг состояния инновационной деятельности хозяйствующего субъекта в целом.

Сотрудничество хозяйствующего субъекта с организациями предоставляющие научно-исследовательские или проектные услуги, центрами трансфера технологий и научными ВУЗами для проведения этапов НИОКР, приобретение сторонних технологических инноваций и ориентация на высококвалифицированный штат сотрудников ведет к повышению эффективности работы инновационной системы в целом.

Также к достижению высоких показателей работы инновационной системы хозяйствующего субъекта ведет наличие качественных связей с компонентами внешней вспомогательной инфраструктуры, которая в свою очередь обеспечит организацию следующими видами поддержки:

Финансовая поддержка. Получение финансирования из государственных программ субсидирования, банковских кредитов, прибегать к рисковому финансированию или организовать личный инновационный фонд для обеспечения проектов собственными ресурсами.

Информационная поддержка. Обеспечение связи между всеми заинтересованными исполнителями процесса путем организации внутренней локальной сети, а также отладка каналов информационных потоков для сотрудничества с объектами инновационной структуры РИС и НИС путем автоматизации и развития процессов управления данными каналами.

Нормативно-правовая поддержка. Организация полного пакета нормативной документации и стандартов, ориентированных на бизнес-процессы инновационной системы, а также обеспечивающих контроль за всеми заинтересованными исполнителями.

Организационно-правовая поддержка. Структура, служащая для контроля информации передаваемой между имеющимися подразделениями, которая представляется в виде формального процесса организационной структуры инновационного подразделения.

Укомплектование. Организация поиска персонала из внешней и внутренней среды хозяйствующего субъекта и повышение их творческого потенциала путем проведения обучений и тренингов.

Организация научного (инновационного) отдела внутри хозяйствующего субъекта для организации взаимного сотрудничества с отделами разработки новой продукции (отдел маркетинга, отдел разработки и т.д.) может способствовать успешной работе инновационной системы.

В результате, в качестве основных перспективных направлений развития инновационных систем хозяйствующих субъектов можно предложить следующие:

а) Руководство компании должно понимать необходимость построения инновационной системы. Каждый бизнес-лидер должен понимать важность инноваций и способствовать развитию инновационной восприимчивости, инновационной активности, в целом инновационного мышления каждого сотрудника, формированию инновационной культуры хозяйствующего субъекта.

b) Развитие способностей людей и осознание, что люди - это главный ресурс компании. Люди являются источниками инноваций для любых компаний. В ходе работы каждый сотрудник может задуматься о том, что его рабочий процесс может быть улучшен тем или иным образом. Но такие идеи чаще всего остаются на уровне замысла, не воплощенного на практике. Для того, чтобы организовать эффективную инновационную систему нужно четко понимать источники генерации новых идей. К таким источникам, во-первых, относится персонал организации, который в силу прямого воздействия на рабочий процесс может генерировать идеи по его совершенствованию, также идеи возникают в результате исследований, анализа процессов конкретных и неконкурентных компаний, а также в ходе работы с бизнес-консультантами.

Но для значительного повышения эффективности работы организации такого рода идей недостаточно. Оно должно прорабатываться и перерастать в инновации. Для осуществления такого процесса необходимо на нормативном уровне определить мероприятия и внедрить систему премиального поощрения сотрудников за активность в инновационной деятельности для повышения интереса к работе в таком направлении. Также организация мероприятий по выявлению лучших инновационных разработок среди сотрудников с призовыми вознаграждениями что также повлечет повышения заинтересованности работы в сфере развития.

Обеспечение диверсифицированного финансирования инновационных предприятий. В организации эффективной инновационной системы важную роль играет обеспечение финансовой и информационной поддержки. Так, например, на основе стандартов компании могут быть созданы некоммерческие фонды. Ключевым фактором является прозрачность инновационной системы, обеспеченная формированием инструментом (базой) для сбора идей и результатов их внедрения к которому может иметь доступ каждый сотрудник организации, а также передавать или получать какую-либо информацию через него.

Разработка и внедрение информационной поддержки. Одной из составляющих конкурентоспособности предприятий в современной экономике являются информационные технологии (ИТ).

Повышение эффективности работы компании. Основной целью лежит повышение организационно-управленческой эффективности организации и получении дополнительных выгод от данного процесса. Такого эффекта можно достичь путем:

Повышением эффективности маркетинговой позиции, основываясь на ценообразовании, новых продуктах и распределении товаров, стимулировании и областях сбыта, а также сервисе и ориентации на покупателях;

Снижением структур затрат путем оптимизации финансовых и отчетных процессов, сокращением дефективности производства и общим повышением производительности труда;

Структурированием и оптимизацией потоков информации в организации;

Формированием и поддержкой инновационной культуры в рамках организации;

- Оптимизацией бизнес-процессов структуры организации.

f) Создать сетевую инновационную структуру. В условиях глобализации, формирования инновационных бизнес-систем для увеличения синергетического эффекта они могут быть объединены в сети и кластеры для тесного взаимодействия с научно-исследовательскими институтами, университетами и центрами трансфера технологий в контексте исследований и приобретения технологий, исследований и трудоустройства квалифицированного персонала и заказов на разработку. Кластер - это группа географически смежных взаимосвязанных предприятий и связанных с ними организаций, действующих в определенной области, включая общие предприятия и взаимодополняющие друг друга.

В заключении, в качестве дополнения к перечисленным направлениям привести перечень основных аспектов, на которых необходимо сосредоточить внимание при рассмотрении и совершенствовании корпоративной инновационной системы:

максимально полное использование энергии, опыта и знаний сотрудников компании, а, следовательно, работать более эффективнее;

иметь четкое понимание того, что сотрудник в рамках своего рабочего процесса более осведомлен о том, что необходимо улучшить чем кто-то другой;

необходимо разработать систему критериев для оценки инноваций, в целом инновационной деятельности компании;

сосредоточить внимание на развитии творческих, в том числе, изобретательских способностей персонала:

формирование и/или развитие и повышение эффективности функционирования обеспечивающих инновационную деятельность компонентов (подсистем), таких, как, например, подсистема «кайдзен», корпоративный венчурный фонд, корпоративный бизнес-инкубатор, корпоративный грантовый фонд, консалтинговый центр, центр трансфера технологий, образовательный центр (в сфере предпринимательства, маркетинга, продаж и т.п.) и другие.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта «Разработка принципов построения, моделей, поиск путей и методов повышения эффективности организационно-технологической инновационной системы в структуре АСУ хозяйствующего субъекта», финансируемого за счет средств ФГБОУ ВО КнАГУ № ВН11/2022.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гродинская, А.Н. Обеспечение эффективности инновационной деятельности промышленных предприятий при достижении ими устойчивого развития / А.Н. Гродинская // Экономика и управление: российский научный журнал. - 2015. - №5. - С.64-68.

2. Исхакова, Ф.Р. Механизм финансирования инновационного продукта: проблемы построения и реализации / Ф.Р. Исхакова // Экономические науки. - 2014. - №12 (121). - С.43-46.

3. Крылов, А.Г. Совокупность инновационных проектов предприятия как инструмент повышения эффективности инновационной деятельности // Экономика и менеджмент инновационных технологий. - 2015. - №2 [Электронный ресурс]. URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2015/02/7362>

4. Кулагина, Н.А. К вопросу об оценке экономической эффективности мероприятий по повышению уровня инновационного потенциала субъектов бизнеса / Н.А. Кулагина, Е.М. Козлова // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. - 2015. - №2. - С.41-45.

5. Фатхутдинов, Р.А. Инновационный менеджмент: учебник / Р.А. Фатхутдинов. - 6-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2014. - 448 с.

6. Куделько А.Р. Моделирование организационной культуры инновационного типа как инструмента повышения эффективности деятельности экономического агента / А.Р. Куделько, Финогеев М.А. // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы IV Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 16 – 26 февраля 2021 г. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – С. 451 – 454.

Мандрик Антон Викторович, ассистент Высшей школы «Киберфизические системы и управление», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Mandrik Anton Victorovich, Assistant of the “The Higher school of Cyber-Physical systems and control”, Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnical University

Голубев Сергей Аркадьевич, кандидат технических наук, доцент «Высшей школы Киберфизические системы и управление», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Golubev Sergey Arkadievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of “The Higher school of Cyber-Physical systems and control”, Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnical University

НАСТРОЙКА ТРЕКЕРА ЗАДАЧ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

ADJUSTING THE TASK PLANNER FOR INNOVATION PROJECTS

Аннотация. В статье рассматривается способ формирования и ведения задач, возникающих в научно-инженерной группе разработчиков робототехнических комплексов и производственного оборудования. Рассматриваются вопросы классификации возникающих задач. Представлено описание методов соответствующего планирования задач с применением системы Яндекс Трекер.

Abstract. The article discovers an approach of forming and maintaining tasks which appear in a scientific and engineering group of developers making robotic systems and industrial equipment. The questions of classification of the appearing tasks are discussed, the methods of adjustment of a planning system with usage of Yandex Tracker are described.

Ключевые слова: Яндекс Трекер, управление проектами, классификация задач.

Key words: Yandex Tracker, project management, classification of tasks.

Введение

Выполнение опытно-конструкторских, научно-исследовательских работ обычно сопровождается множеством наукоемких, мультидисциплинарных задач. При этом работа даже небольшого коллектива требует решения задач управленческого, не научного характера. Кроме этих двух групп могут возникать задачи логистической, экономической направленности. Необходимо правильно выработать правила формирования задач. После назначения задач и выявления первых существенных проблем их выполнения, необходимо принять своевременные решения по расширению или сокращению той или иной части кадрового состава, разграничению ответственности между участниками процесса разработки.

В области управления проектами использование программного обеспечения для планирования задач является направлением отдельных научных исследований. В [1] рассматриваются вопросы эргономики. В [2] рассматривается задача построения плана проекта.

Основная часть.

В небольшом отделе по разработке робототехнических комплексов и промышленного оборудования была проанализирована статистика по выполнению задач. Результаты проведенного анализа представлены в Таблице 1. Основная проблема заключается в существенной перегруженности сотрудников задачами, количество задач на одного сотрудника может достигать 20-30 задач. Несмотря на то, что ведение задач производится в Яндекс Трекер, при таком большом количестве задач становится сложно ориентироваться в построенном плане графике, описаниях задач, назначать приори-

теты задачам. Также была обнаружена проблема того, что многие задачи остаются не закрытыми, по причине спорного статуса, частичного выполнения задачи, частичной потери актуальности задачи. Поэтому было решено сформировать ряд правил, упрощающих создание задач и ведение отчетности по задачам. Описание предложенных правил представлено в Таблице 2.

Таблица 1 – Классификация задач научно-инженерного отдела

Тип задачи	Примеры	Цена потенциальной ошибки, тыс. руб.	Типовые ошибки
Конструкторские	Выпустить документацию	10 – 100	Ошибка простановки размеров
Программная инженерия	Реализовать новый функционал приложения, новые алгоритмы обработки данных	5 – 200	Высокие требования к квалификации исполнителей
Физические эксперименты	Испытания в реальных условиях, опыты с макетами	5 – 50	Требуют тщательной подготовки, планирования, протоколирования результатов
Технические	Разработать техническое задание, техническое предложение	5 – 1000	Требуют экспертного сопровождения или дополнительного времени на расчеты и построение концепции решения.
Юридические	Сформировать договор на поставку	10 – 1000	При формировании сроков и стоимости договора неточно учтена стоимость и сроки проектирования
Производственные	Изготовление сварных конструкций, монтаж электрических схем	10 – 200	Требуют своевременной закупки всех комплектующих
Маркетинговые	Ведение новостной ленты, участие в научных мероприятиях, сдача научной отчетности	10 – 5000	Часто возникают срочные задачи
Бытовые	купить канцелярские товары, воду, сделать ключи	5 – 20	Отдельного ответственного назначать нецелесообразно, поэтому задачи равномерно распределены между сотрудниками

Описание разработанной системы

Для своевременного решения задач было принято несколько решений, упрощающих работу:

При начале формирования задачи отображать закрывающие документы в описании задачи или в ее названии.

При наличии нескольких задач у одного исполнителя назначать одну приоритетную задачу.

В задачах, в которых требуется высокая квалификация исполнителей, добавить более опытных наблюдателей.

Проводить еженедельную подготовку научной отчетности.

Добавить промежуточные состояния задачи: «открыта», «в работе», «ожидание», «требуется актуализации», «нужно найти исполнителя» «нужны закрывающие документы», «закрота».

Заключение

В результате проведенного исследования проведен обзор научной литературы, посвященной настройке программного обеспечения для планирования задач. Существующие исследования отражают проблематику не в полной мере, отсутствуют измеримые критерии и экспериментальная составляющая исследований. В настоящей статье введены измеримые показатели качества настройки программного обеспечения для планирования задач.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Горячкин, Б. С. Эргономический анализ сервиса «Яндекс Трекер» / Б. С. Горячкин, А. А. Семенов // E-Scio. – 2020. – № 3(42). – С. 607-619. – EDN FGMNET.
2. Столяров, А. И. Опыт применения онлайн-платформы управления проектами «ПланФикс» / А. И. Столяров, А. В. Севостьянова // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – № 4(60). – С. 122-129. – EDN WCDVLF.

УДК 332.13

Маркова Варвара Евгеньевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Markova Varvara Evgenievna, student Komsomolsk-na-Amure State University

Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, профессор, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kudelko Anatoly Romanovich, Candidate of Technical Sciences, Professor Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ, НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТОР «СВОБОДНЫЙ»

ANALYSIS OF THE STATE, DIRECTIONS IMPROVING AND IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE SVOBODNY TOR

Аннотация: В работе представлены основные компоненты структуры территории опережающего развития «Свободный», проведен анализ и дана оценка состояния и возможности развития. Предложены варианты стратегий, ориентированных на совершенствование, повышение результативности и эффективности функционирования рассматриваемой территории опережающего развития.

Abstract: The paper presents the main components of the structure of the territory of advanced development "Svobodny", an analysis is carried out and an assessment of the state and possibilities of development is given. Variants of strategies aimed at improving, increasing the effectiveness and efficiency of the functioning of the considered territory of advanced development are proposed.

Ключевые слова: территория опережающего развития, потенциал территории опережающего развития, инновационные процессы, университетский инновационный научно-образовательный кластер.

Key words: territory of advanced development, potential of the territory of advanced development, innovative processes, university innovative scientific and educational cluster.

Территории опережающего развития (ТОР), как один из значимых компонентов инновационной инфраструктуры, способны оказывать существенное влияние на социально-экономическое состояние как соответствующих регионов, так и Российской Фе-

дерации в целом. Вопросы реализации стратегий и планов формирования, становления, развития и дальнейшего совершенствования функционирования конкретной ТОР всегда являются актуальными и требуют пристального внимания.

В связи с этим целью работы является анализ состояния и возможностей развития территории опережающего развития «Свободный», а также как главного фактора социально-экономического роста территории, конкретно – Амурской области что также является актуальность рассматриваемых в работе вопросов.

Одним из основных преимуществ рассматриваемой ТОР является то, что территория, на которой расположена ТОР «Свободный», находится в непосредственной близости к границам Китайской Народной Республики (рисунок 1) и других стран Азиатского-Тихоокеанского региона, в связи с чем ее создание может способствовать производственной кооперации и интеграции с бизнесом соседних стран, развитию малого и среднего бизнеса, привлечению инвесторов и инвестиций, созданию новых рабочих мест, а также позволит увеличить налоговые поступления в федеральный, региональный и местные бюджеты. Кроме того, предпосылками для формирования соответствующего кластера в Амурской области стали доступность сырья по газопроводу «Сила Сибири», а также высокий экспортный потенциал, определен выгодным географическим расположением.

ТОР «Свободный» нацелен на создание газохимического кластера после ввода в эксплуатацию Амурского газоперерабатывающего завода. Внутри проектов должны быть созданы кооперационные связи от производства мономеров до полимеров и продукции глубокой переработки.

Крупнейшими проектами в рамках территории являются (рисунок 2) Амурский газоперерабатывающий завод (АГПЗ) и Амурский газохимический комбинат (АГХК). Упомянутые проекты принадлежат двум крупным компаниям ООО «Газпром», а также СИБУР и Sinopres соответственно.

Будущее и основные возможности ТОР могут и должны быть связаны с повышением эффективности применением природных ресурсов и развитием промышленных производств. При этом, основными направлениями совершенствования и обеспечения эффективности функционирования, формирующейся ТОР должна быть деятельность, связанная с:

- использование федерального финансирования на формирование объектов как традиционной, так и инновационной инфраструктуры ТОР;
- повышение инвестиционной активности сотрудников и жителей области в целом;
- увеличение экономических связей с соседними областями и странами;
- формирование импортозамещающих производств на территории области;
- развитием отраслей экономики области на основе научных исследований и работ фундаментального и прикладного характера;
- повышением удельного веса высокотехнологичных типов продукции в объемах производства продукции (услуг, товаров и т.п.);
- созданием кооперативных связей внутри ТОР и с другими ТОР как ДФО, так и Российской Федерации в целом;
- проведением имиджевых мероприятий и бизнес-миссий в странах АТР, а также демонстрация области на площадках международных форумов.
- реализацией газификации (обеспечением природным газом) объектов энергетики, промышленности, а также населения территории, снижением топливно-энергетических и транспортных железнодорожных тарифов;
- реализацией политики закрепления населения на Дальнем Востоке России, активной работой с молодежью, повышением профессионализма трудовых ресурсов;
- привлечением сотрудников из других областей и городов региона и России в целом.



Рисунок 1 – Местоположение и структура основных компонентов TOP "Свободный"

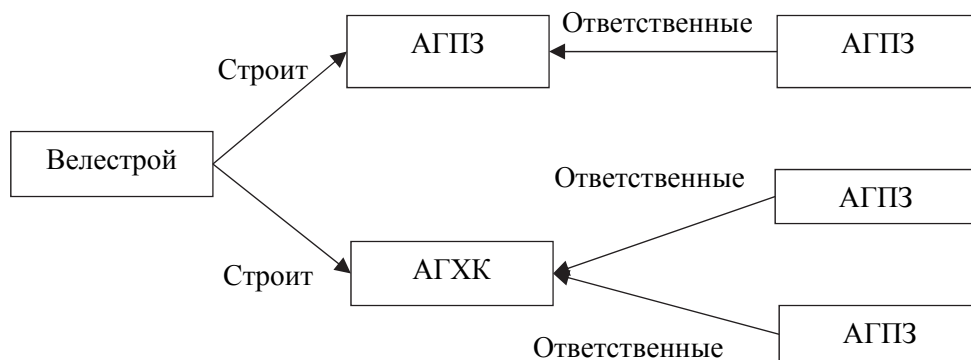


Рисунок 2 - Структура основных резидентов TOP "Свободный"

В нынешних условиях инновационные процессы являются одним из источников стабильного стратегического развития большинства резидентов TOP «Свободный». Следует отметить, что их успехи связаны, в том числе, с эффективностью применяемых методов и инструментов управления. А также, современные системы управления инновационными процессами дают возможность уменьшить как инновационный лаг (а в ряде случаев и управленческий лаг), так и длительность инновационного цикла в целом, а кроме того снизить отрицательное влияние на итоговые результаты рисков инновационной деятельности.

Важным аспектом для повышения эффективности территории является привлечение инвесторов. Благодаря этому у TOP может быть обеспечена стабильная финансовая поддержка для развития территории. С целью привлечения инвестиций необходимо: продвигать TOP в целом и работать с потенциальными инвесторами. Для этого нужно постоянно продвигать и совершенствовать продукцию и услуги резидентов, целесообразно участие, например, в форумах, где представляются новые или усовершенствованные результаты деятельности хозяйствующего субъекта. Также необходимо проводить конференции и открытые выставки, где будет представлена продукция TOP, выслушаны пожелания и претензии от будущих потенциальных потребителей и/или инвесторов.

Существует также потребность улучшения работы такого элемента, как университетский инновационный научно-образовательный кластер, который, по своей сути, обязан осуществлять функции системообразующего элемента инновационной системы территории. Одним из таких элементов может стать Амурский государственный университет. Резиденты могут предоставлять возможность целевого обучения, для дальнейшего трудоустройства студентов, а также способствовать прохождению практики непосредственно на предприятиях TOP.

Следует также отметить, что студентов, которые будут обучаться по новым программам, необходимо ориентировать и обучать технологиям идентификации проблем,

реализации процессов разработки и внедрения инноваций с целью повышения результативности и эффективности работы резидентов, а также повышение эффективности деятельности ТОР в целом. При этом, для заинтересованности молодого поколения оставаться работать на территории, а не переезжать в другие регионы и страны, необходимо реализовывать соответствующие проекты формирования комфортной городской среды, формирования социально-культурных условий обеспечения жизнедеятельности населения территории.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Маркова В.Е. Конференция: Анализ и оценка состояния и перспектив совершенствования функционирования инновационной системы Комсомольского-на-Амуре территориально-промышленного комплекса / Маркова В.Е. – Комсомольск-на-Амуре: 2021.

1. А.Р. Куделько. Технологии повышения эффективности инновационной деятельности предприятия / А.Р. Куделько. – Комсомольск-на-Амуре. – С. 1 – 75

2. М.В. Галушко, С.В. Горбачев. Оценка экономической эффективности мероприятий по повышению качества продукции и услуг / М.В. Галушко, С.В. Горбачев. – Оренбург: 2019. – С. 1-50

УДК 622.13.33

Печатнова Светлана Константиновна, студентка, ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Pechatnova Svetlana Konstantinovna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Александр Иванович, канд. тех. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Gorkavy Aleksandr Ivanovich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

Корневц Светлана Константиновна, студентка, ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Kornevets Svetlana Konstantinovna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление инновационными процессами и проектами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavyu Mikhail Alexandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Management of Innovative Processes and Projects, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСТРОЕК МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ANALYSIS AND EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE SETTING OF THE METATROPIC MODULE OF PRODUCTION EQUIPMENT

Аннотация. Статья посвящена исследованию робастной устойчивой системы управления мехатронным модулем. Рассмотрен подход к выбору робастных настроек модальных регуляторов исполнительных устройств производственного оборудования. Проанализирована устойчивость модальных регуляторов при различных настройках системы.

Abstract. The article is devoted to the study of a robust stable control system for a mechatronic module. An approach to the choice of robust settings for modal controllers of executive de-

VICES of production equipment is considered. The stability of modal controllers is analyzed for various system settings.

Ключевые слова: робастность, модальный регулятор, устойчивость.

Key words: robustness, modal controller, stability.

В процессе развития промышленного производства требуется совершенствование технологических процессов для повышения качества выпускаемой продукции. Одним из ключевых элементов современных технологических процессов является автоматизация, которая должна эффективно функционировать в условиях изменяющихся параметров и режимов работы. Исполнительными устройствами АСУ ТП, которыми являются мехатронные модули робототехнических систем, должны эффективно функционировать в определенных «коридорах» изменения параметров, как предметов труда, так и технологического оборудования [1].

Адаптивный подход к построению систем управления мехатронными модулями чрезвычайно затратный и требует четких знаний взаимосвязи режимов работы оборудования и изменяющихся параметров предметов труда. Робастный подход, выполняемый в полном объеме не всегда рационален из-за сложных расчетов. Широкая вариативность настроек модальных регуляторов позволяет выбрать наиболее эффективные настройки при известных «коридорах» изменения параметров, а фактических методов подбора (или какого-либо разработанного метода) формировать спектр робастных настроек регуляторов состояния [2].

В качестве исследуемого мехатронного модуля в работе рассмотрен модуль движения руки манипулятора вместе с грузом. Структурная схема которого в системе с модальным регулятором представлена на рисунке 1.

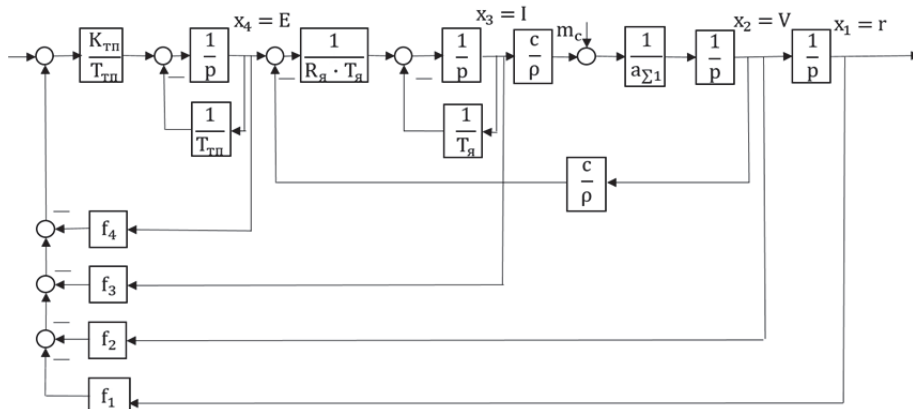


Рисунок 1 – Структурная схема модального регулятора

Предполагается, что номинальная масса переносимого груза 10 кг. Но она может в зависимости от ситуации изменяться в диапазоне 6-15 кг. В работе рассматривается 6 настроек модального регулятора: биномиальная, Баттерворта и четыре вариативные. Формы характеристических уравнений четвертого порядка указанных настроек имеют вид:

$$\begin{cases} 1) p^4 + 4\omega_0 p^3 + 6\omega_0^2 p^2 + 4\omega_0^3 p + \omega_0^4; \\ 2) p^4 + 2.6\omega_0 p^3 + 3.4\omega_0^2 p^2 + 2.6\omega_0^3 p + \omega_0^4; \\ 3) p^4 + 3\omega_0 p^3 + 4\omega_0^2 p^2 + 3\omega_0^3 p + \omega_0^4; \\ 4) p^4 + 3.2\omega_0 p^3 + 4.5\omega_0^2 p^2 + 3.2\omega_0^3 p + \omega_0^4; \\ 5) p^4 + 3.4\omega_0 p^3 + 5\omega_0^2 p^2 + 3.4\omega_0^3 p + \omega_0^4; \\ 6) p^4 + 3.5\omega_0 p^3 + 5.2\omega_0^2 p^2 + 3.5\omega_0^3 p + \omega_0^4. \end{cases} \quad (1)$$

На рисунках 2,3,4 представлены графики переходных процессов соответственно для грузов 10, 15 и 6 кг.

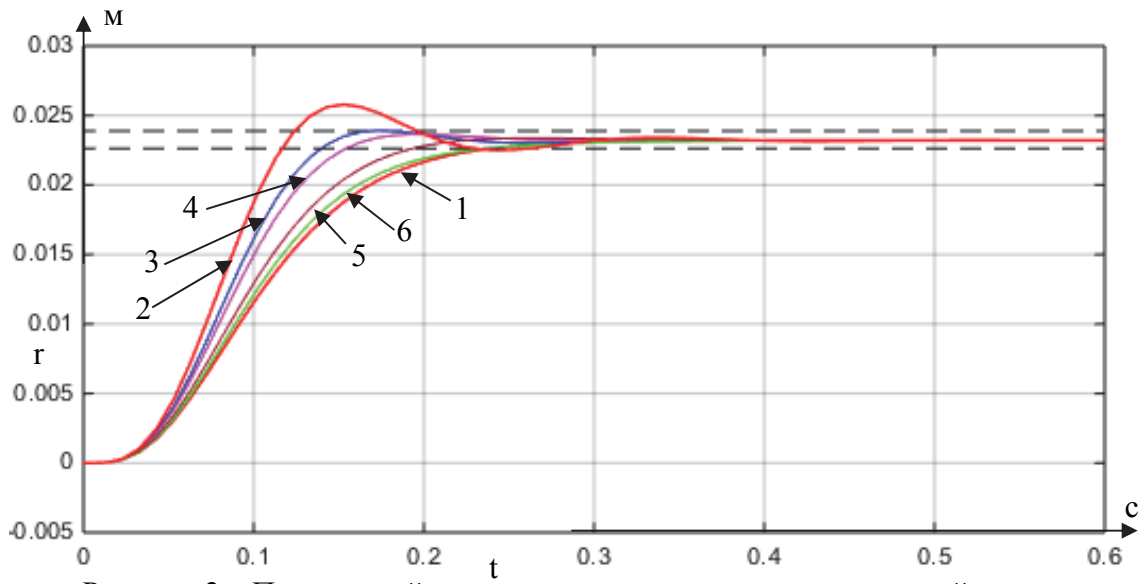


Рисунок 2 – Переходный процесс системы по задающему воздействию

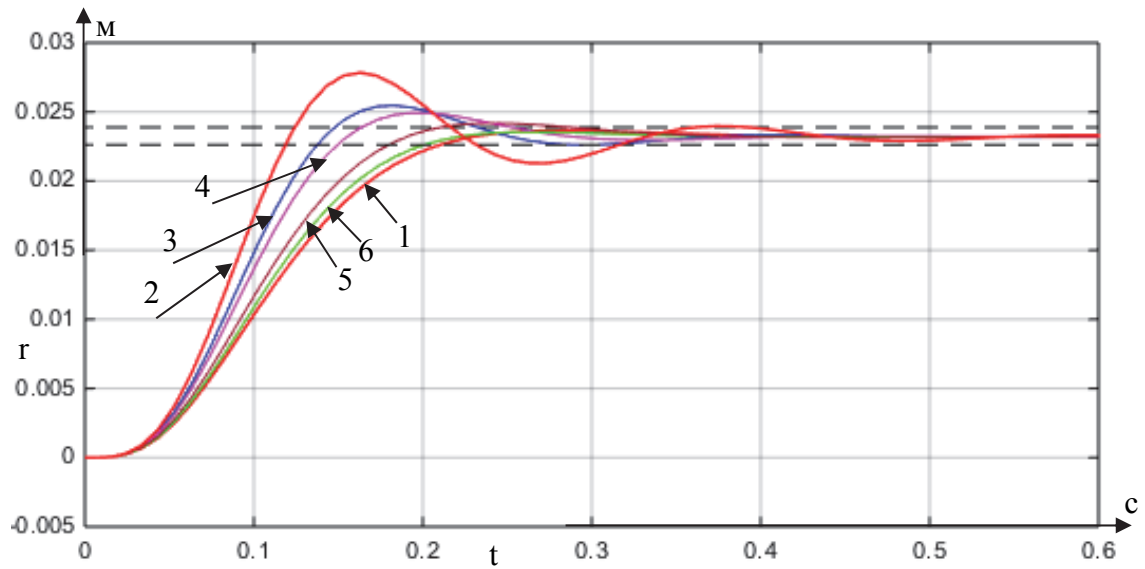


Рисунок 3 – Переходный процесс системы по задающему воздействию

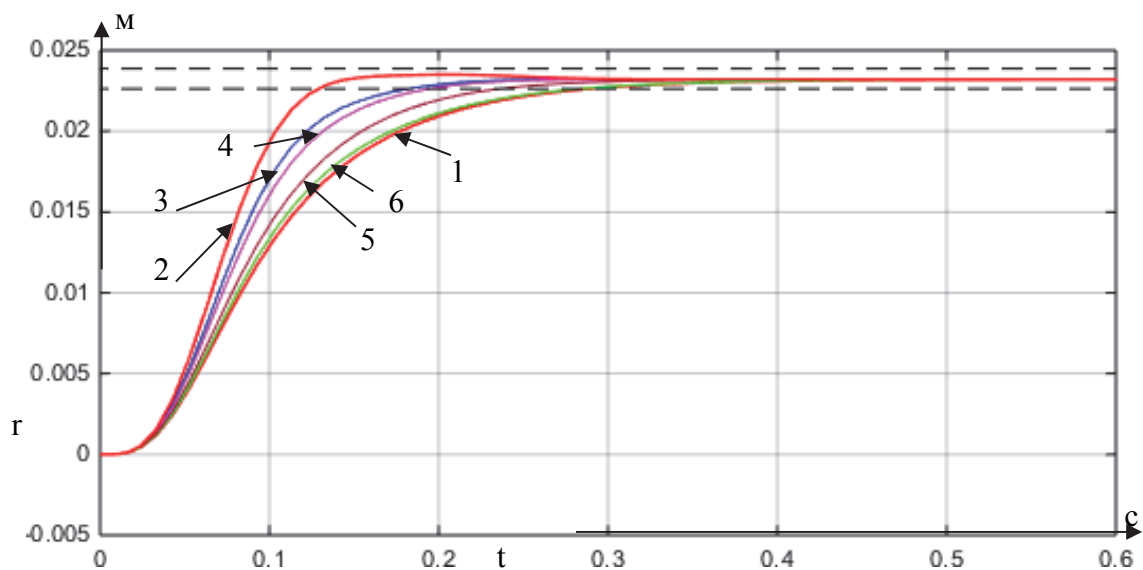


Рисунок 4 - Переходный процесс системы по задающему воздействию при уменьшенном суммарном моменте инерции координаты $x_1 = r$

Анализ полученных результатов показывает, что в диапазоне изменения массы груза от 6-10 кг наиболее эффективной является настройка, соответствующая 5 форме, от 10-15 кг 4 форма, а 6-15 кг 5 форме.

Таким образом, проведенные исследования показали возможности определения робастных настроек модальных регуляторов в известных «коридорах» изменения параметров для исполнительных устройств промышленного оборудования.

Благодарности. Работа выполнена научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ №ВН002/2020.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Егоров, О. Д., Подураев Ю. В. Мехатронные модули. Расчет и конструирование / О.Д. Егоров: учеб. пособие. М. : МГТУ «СТАНКИН», 2004. 360 с.
2. Кузовков, Н.Т Модальное управление и наблюдающие устройства / Н.Т. Кузовков. – М.: Машиностроение, 1976. – 184 с.

УДК 005

Прокофьев Геннадий Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры Робототехники и автоматизации производственных систем, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Prokofiev Gennady Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Robotics and Automation of Production Systems, St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI"

Шубин Роман Валерьевич, ассистент кафедры Робототехники и автоматизации производственных систем, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Shubin Roman Valerievich, Assistant of the Department of Robotics and Automation of Industrial Systems, St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI"

ПЛАТФОРМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СИНТЕЗА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ ОРГАНИЗАЦИИ

A PLATFORM FOR MANAGING THE PROCESS OF SYNTHESIS OF A CONCEPTUAL MODEL OF AN ORGANIZATION'S TECHNOLOGY SYSTEM

Аннотация. Обоснована актуальность и сформулированы основные положения системы решений, представляющей собой методологическую платформу концептуального моделирования системы технологий для организаций, обеспечивающих производство инновационных и наукоемких изделий. Результат концептуального моделирования – IDEF-модели системы процессов и системы технологий, дающие структуру и исходные данные для процесса технического проектирования гармонизированных автоматизированных и информационных систем организации.

Abstract. The relevance is substantiated and the main provisions of the decision system are formulated, which is a methodological platform for the conceptual modeling of the technology system for organizations providing the production of innovative and high-tech products. The result of conceptual modeling is IDEF–models of process systems and technology systems that provide the structure and initial data for the process of technical design of harmonized automated and information systems of the organization.

Ключевые слова: концептуальное моделирование, система технологий, платформа концептуального моделирования, IDEF.

Key words: conceptual modeling, technology system, conceptual modeling platform, IDEF.

Введение

Научно-производственные организации (НПО), обеспечивающие жизненный цикл (ЖЦ) наукоемких высокотехнологичных изделий, используют для поддержки своих процессов технологии различных классов: CAD/CAM/CAE, PDM/PLM, MDM, ERP, CRM, ECM, PPM, EAM, CAPP/MES, а также производственные и управленческие технологии. На текущем уровне развития и состояния автоматизации своих процессов они сталкиваются с рядом вызовов:

- рост объема портфеля заказов;
- жесткие требования к качеству наукоемких изделий;
- системное обоснование проектных решений;
- создание виртуальных производств и цифровых фабрик в рамках кооперации по обеспечению ЖЦ наукоемких изделий;
- технологические перевооружение в рамках импортозамещения;
- недостаточная эффективность использования пула автоматизированных технологий;
- «лоскутная», фрагментарная автоматизация отдельных процедур и задач.

Развитие промышленности в рамках национальных технологических инициатив (НТИ), переход к новой технологической структуре экономики, реиндустриализация, неосуществимы без новых подходов, научно-обоснованных идей, методик и платформенных системных решений, направленных на автоматизацию и реинжиниринг процессов ЖЦ инновационных изделий.

Основные положения

Успешно ответить на указанные выше вызовы невозможно без применения системного подхода к развитию технологий обеспечения ЖЦ наукоемких изделий – синтезу и развитию *системы технологий* как целеориентированной целостной совокупности интегрированных программно-аппаратных средств, оборудования, технологий, знаний и компетенций, обеспечивающей полный ЖЦ наукоемких, инновационных изделий промышленности (создание научно-технического задела, перспективные исследования, системный инжиниринг, разработку, испытания, производство, обслуживание, модернизацию, утилизацию).

Система технологий - система систем, в которой подсистемами являются связанные данными управленческие, проектные, производственные, сервисные технологии. Технологии применяются в организации для решения практических задач (преобразования сущностей и их свойств) и обеспечивают процессы организации и достижение их целей.

Особенности технического проектирования информационных систем и технологий описаны и апробированы рядом стандартов, концепций и методик [1]. Существуют также подходы и рекомендации к разработке концепции автоматизированных систем, однако, не определены рациональные методы разработки концепции системы технологий и особенности их применения. Предлагается проектировать требуемую систему технологий обеспечения ЖЦ на основе концептуальных моделей организации.

Проблемы ЖЦ наукоемких изделий возникают при отсутствии в организации разработанной *концепции системы технологий*. Результатом разработки концепции являются модели, полностью описывающие структуру всех используемых организацией технологий, включая информационные, управленческие и производственные технологии. Используемая система технологий должна обеспечивать достижение целей и соответствовать принципам и миссии организации. *Концептуальные модели* обеспечивают

взаимосвязь концептуального (предварительного) и технического проектирования систем (рисунок 1), формируя принципы, цели, требования, компетенции системы процессов и системы технологий как целого, так и отдельных элементов этих систем.

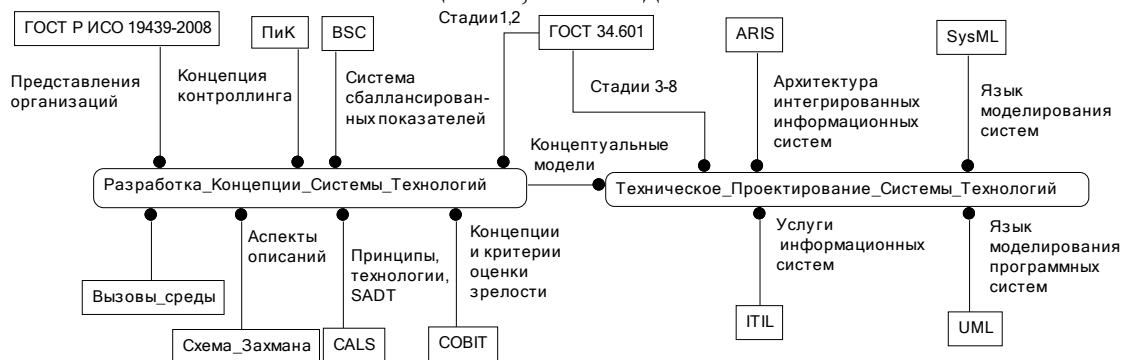


Рисунок 1 – концепции и принципы концептуального и технического проектирования системы технологий

Для успешного и эффективного синтеза концептуальных моделей, обоснованного выбора и использования организацией классов и компонентов системы технологий, целесообразно организовать существующие методики и лучшие практики разработки концепции организационно-технических систем в *специализированную методологическую платформу*.

Под *платформой управления процессом синтеза концептуальных моделей* понимается предложенная авторами система лучших практик, концепций, известных и дополненных методов и средств разработки концептуальных моделей систем технологий, требуемых различным организациям (предприятиям) для обеспечения ЖЦ продукции и организации. Платформа содержит новый фреймворк процесса моделирования - содержание и последовательность этапов концептуального моделирования:

1. Идентификация проблем организации. Определение миссии, целей, показателей, критериев оценки процессов
2. Концептуальное моделирование системы процессов организации с точки зрения ее руководства с целью построения системы технологий
3. Генерация системных требований к обеспечению процессов технологиями
4. Генерация требований к классам технологий, моделей классов системы технологий
5. Трансформация модели классов технологий в модель системы технологий
6. Передача результатов концептуального моделирования в процессы технического проектирования системы технологий

Платформа организует известные методы и лучшие практики, дополняет их с целью обоснованного выбора связанных технологий для эффективного и рационального обеспечения ими процессов организации. Платформу могут использовать организации на стадии разработки концепции при создании своей системы технологий.

Методология SADT и IDEF-методы включают в себя все требуемые аспекты концептуальных моделей (функционального, данных, ресурсного и организационного) и наиболее эффективны на стадии концептуального моделирования системы технологий менеджментом и персоналом организации [2]. Адекватность моделей обеспечивается технологией моделирования – их обсуждением и рецензированием заинтересованных сторон (экспертной оценкой).

SADT-модели системы процессов организации – результат познания и улучшения. Они определяют:

- Требования к организации как системе (включая цели и критерии оценки);
- Структуру деятельности и доминирование в ней требований, функций, контуров управления;

- Функции, которые использует (должна использовать) система и выполняемые задачи;
- Связи между функциями и внешней средой, характеристики связей;
- Используемые данные и атрибуты данных.

Концептуальное моделирование сталкивается с рядом трудностей и направлено на их преодоление. Организационные проблемы решает менеджмент организации, а методические проблемы можно решить путем реинжиниринга процессов, созданием моделей целевого состояния системы («как надо»).

Результат моделирования системы процессов организации для состояния «как есть» – многомерная и многосвязная иерархическая система децентрализованного управления, что затрудняет понимание, управление, а также выявление системных требований к классам технологий.

С целью преодоления многомерности и многосвязности системы процессов и лучшего понимания моделируемых сложных систем процессов, осуществления поэтапного реинжиниринга, генерации системных требований к технологиям, синтеза концептуальных моделей «как надо», предлагается использовать принцип подчиненного целям управления (рисунок 2), где:

- управляющее воздействие – цель процесса
- результат - степень достижения цели процесса;
- процесс - замкнутая система управления, имеющая внутренние и внешние подчиненные процессы;
- внешние данные – обеспечивают замыкание внешних контуров;
- внутренние данные – обеспечивают автономную работу процесса.

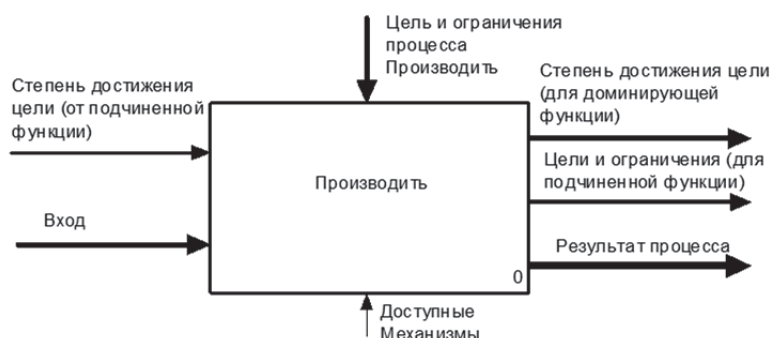


Рисунок 2 – контекстная IDEF-диаграмма примера процесса, подчиненного целям

В предложенной платформе концептуальная модель системы процессов ЖЦ трансформируется в модель системы классов технологий, которая при детализации в свою очередь преобразуется в модель классов технологий. При достижении необходимой степени детализации модели, можно сформулировать требования к конкретным технологиям, осуществить их сравнительный анализ и выбор, встроить выбранные технологии в разработанную концептуальную модель системы классов и получить таким образом модель системы технологий конкретной организации, определяющей функции, реализуемые каждой технологией, их связь с целями организации, интерфейсы, роли, используемые ресурсы, что в совокупности даёт обоснованную информацию, необходимую для технического проектирования системы технологий (в т.ч. ИТ-инфраструктуры, информационных систем, АСУТП и т.д.).

Заключение

В основу платформы управления синтезом концептуальных моделей положена система принципов:

- цель – конкурентоспособность системы технологий;
- системный и процессный подходы к разработке моделей;
- точка зрения моделей: высшего руководства организации;

- данные для системы технологий определяются из моделей системы процессов организации;
- детальность моделей: определены решаемые задачи, требования, технологии и компетенции, сущности и атрибуты связей;
- методы концептуального моделирования системы процессов организации - семейство IDEF-методов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Архитектурные решения информационных систем : учебник для вузов / А. И. Водяхо, Л. С. Выговский, В. А. Дубенецкий, В. В. Цехановский. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 356 с. : ил.
2. Прокофьев, Г. И. Методы IDEF в моделировании организаций / Г. И. Прокофьев, Р. В. Шубин // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2020. – № 6. – С. 37-43. – EDN RWHDCP.

УДК 004.891

Прохоров Кирилл Константинович, студент, Комсомольский-на-Амуре Государственный Университет

Prokhorov Kirill Konstantinovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Зайченко Илья Владимирович, кандидат технических наук, доцент Комсомольский-на-Амуре Государственный Университет

Zaychenko Ilya Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ СОТРУДНИКА

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT MANAGEMENT SYSTEM FOR THE PERSONNEL OF THE ENTERPRISE, BASED ON THE ASSESSMENT OF THE PSYCHOLOGICAL PROFILE OF THE EMPLOYEE

Аннотация. В работе рассматривается концепция интеллектуальной системы управления персоналом предприятия на основе оценивания психологического профиля сотрудника. Оценка производится специальным алгоритмом, который анализирует результаты тестирования и предпочтения сотрудника. По результатам работы, система выдает одно из возможных решений появившихся в коллективе проблем.

Abstract. The paper considers the concept of an intelligent system for managing the personnel of an enterprise based on the assessment of the psychological profile of an employee. The evaluation is carried out by a special algorithm that analyzes the test results and employee preferences. According to the results of the work, the system gives one of the possible solutions to the problems that have appeared in the team.

Ключевые слова: интеллектуальная система, оценка профиля сотрудника, алгоритм, структура, тест, концепция.

Key words: intellectual system, employee profile assessment, algorithm, structure, test, concept.

Успех любого предприятия всегда строится на управлении. Правильно выстроенная организационная структура, налаженные бизнес-процессы и эффективные работники - это ключевые компоненты для долгого и успешного функционирования пред-

приятия. Эффективность работника очень тяжело правильно оценить, и для решения этой проблемы были разработаны различные методики. Одной из таких методик является система KPI (key performance indicators) – это система показателей, на основе которой можно оценивать и отслеживать эффективность сотрудника. Помимо эффективности сотрудника также важно оценивать и его психологический профиль [1]. Психологический профиль – это набор чисел, определяющий, на сколько какой из параметров личности отклоняется от соответствующего базового значения. Психологическое состояние сотрудника очень важно, так как оно позволяет ему справляться со многими трудностями очень легко, а также придает сотруднику уверенность в своих действиях. Сотрудник со стабильным психологическим профилем, но при этом менее компетентный, будет гораздо эффективнее, чем более профессиональный сотрудник, но с менее стабильным психологическим профилем. Со временем на предприятии начинаются проблемы из-за снижения эффективности сотрудников. Такая проблема возникает по различным причинам. Основными причинами выступают нестабильное эмоциональное состояние сотрудника либо же негативный психологический климат на рабочем месте. Такие причины вызывают выгорание работника, которое ведет к снижению показателей эффективности работника и предприятия соответственно.

Для решения такой проблемы предлагается разработать концепцию интеллектуальной системы оценки психологического профиля сотрудника [2].

Цель – создание концепции интеллектуальной системы управления компетенциями персонала предприятия, на основе оценки психологического профиля сотрудника.

Задачи:

- разработать алгоритм работы системы, направленной на оценивание психологического профиля сотрудника;
- определить параметры для работы системы;
- определить основные элементы для работы системы.

Концепция работы системы будет заключаться в постоянном мониторинге состояния сотрудника и при снижении его производительности позволит проанализировать причины возникновения проблемы и быстро устранить ее. Структура системы указана на рисунке 1. Структура составлялась с учетом рекомендаций [3,4,5].



Рисунок 1 – Структура работы системы

Структура системы будет состоять из двух основных элементов. Первым элементом будет специализированный тест, по результатам которого будет формироваться текущий психологический профиль сотрудника. Вторым элементом будут выступать предпочтения самого сотрудника. Под предпочтениями сотрудника подразумеваются его желания в текущий момент времени. После внесения данных об основных элементах происходит расчет, по результатам которого система выдает результат. Алгоритм работы системы представлен на рисунке 2. Алгоритм был составлен с учетом рекомендаций.

Как видно из рисунка, при возникновении проблемы система сначала начинает анализировать результаты теста, когда состояние сотрудника было в норме. Далее система анализирует текущие результаты тестирования, когда состояние сотрудника ухудшилось, и сравнивает результаты обоих тестов.



Рисунок 2 – Алгоритм работы системы

После сравнения результатов система анализирует предпочтения сотрудника и на основе всего этого выдает перечень подходящих решений проблемы. По результатам используемого решения ожидается снижение нестабильности в психологическом профиле сотрудника, что в свою очередь повысит его эффективность.

В ходе статьи была описана проблематика выбранной области, в соответствии с проблематикой была поставлена цель, направленная на решение проблемы, был сформирован перечень задач, направленный на достижение цели. Были достигнуты все поставленные задачи, а именно определена концепция работы системы, определены основные параметры для работы системы и определены основные элементы для функционирования системы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Прохоров К. К. Разработка интеллектуальной системы оценки профиля пользователя / К. К. Прохоров, И. В. Зайченко // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А. В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 239-242. – EDN ZGOXLM.
2. Интеллектуальные системы в задачах управления техническими и организационно-технологическими процессами. Горькавый М. А., Горькавый А. И. Комсомольск-на-Амуре, 2016.
3. Гончарова С. А., Зайченко И. В. Оптимизация трудовой деятельности персонала предприятия, находящегося на рабочем месте в положении сидя // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. Сборник научных статей по итогам второй международной научной конференции. 2019. С. 120-122.
4. Соколова В. С., Зайченко И. В. Бизнес планирование инновационно-технологического проекта // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаменталь-

ных и прикладных исследований. Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях. 2021. С. 250-252.

5. Зайченко И. В., Гордин С. А., Егорова Ю. Г. Математическое моделирование и управление процессом повышения эффективности человеко-машинных систем с помощью комплексного критерия оценки эргономичности // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2020. Т. 1. № 1 (41). С. 45-50.

УДК 004.94

Рыбакова Кристина Валерьевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Rybakova Kristina Valerievna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Соколова Вера Сергеевна, преподаватель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sokolova Vera Sergeevna, lecturer at Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

ANALYSIS OF THE EXISTING SOLUTIONS TO IMPROVE THE MICROCLIMATE CONTROL SYSTEMS OF THE PRODUCTION PREMISES

Аннотация. В статье анализируются способы и современные технические решения в области управления микроклиматом, которые в настоящий момент реализованы на производственных предприятиях. Проанализированы различные способы и технические особенности контроля, определены сильные и слабые стороны рассмотренных решений.

Abstract. The article analyzes the methods and modern technical solutions in the field of microclimate control, which are currently implemented at manufacturing enterprises. Various methods and technical features of control are analyzed, the strengths and weaknesses of the considered solutions are determined.

Ключевые слова: микроклимат, система управления, производственное помещение.

Key words: microclimate, control system, production room.

Производственный микроклимат имеет важное значение в технологическом процессе производственного предприятия. Понятие производственного микроклимата широко: в него входит освещение, наличие в воздухе загрязнений и вредных химических веществ, показатель шума и вибрационное воздействие, а также излучение.

Особое значение микроклимат играет при поддержании его параметров локально на рабочих местах в заданных диапазонах. Микроклимат производственных помещений – это комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда. Обеспечивать заданный диапазон параметров микроклимата можно с помощью контроля значений соответствующих параметров. К этим параметрам относятся температура воздуха, относительная и абсолютная влажность воздуха в помещении, а также скорость движения воздуха и показатель теплового излучения от источников тепла.

Обеспечение и поддержание микроклимата в производственном помещении реализуется путем введения в эксплуатацию инженерных систем кондиционирования воздуха и отопления, а именно кондиционеров воздуха, приборов для отопления, осушителей и увлажнителей воздуха, очистителей и ионизаторов, климатических систем и так далее.

С ростом потребности в новых способах управления микроклиматом, появляется все больше решений в данной области. Характерная черта всех инновационных решений заключается в автоматизации и компьютеризации управления микроклиматом [3]. Для удовлетворения потребности современного высокотехнологичного производства в поддержании микроклимата производственных помещений сегодня существует достаточно много предложений, в том числе и наработок для развития направления управления производственным микроклиматом. Был проведен поиск и анализ таких решений, описание которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Решения в области совершенствования систем управления микроклиматом производственного помещения

Решение	Описание	Применение
Цифровой двойник	Цифровой двойник представляет собой виртуальную копию и воплощение процесса. Технология цифровых двойников уже зарекомендовала себя и нашла применение в области логистики, транспорта и производстве[1].	С помощью цифрового двойника можно смоделировать работу систем управления микроклиматом производственного помещения.
Интернет вещей	Интернет вещей представляет собой систему объектов с датчиками сенсорами и программными блоками для сбора, анализа и систематизации данных[4].	С целью повышения эффективности систем управления микроклиматом производственного помещения можно использовать интернет вещей путем взаимодействия с устройствами ввода и вывода, исполнительными механизмами, датчиками и сенсорами, анализаторами.
Искусственный интеллект	Основной искусственного интеллекта служит когнитивный анализ и моделирование. Суть системы управления на базе искусственного интеллекта заключается в помощи специалисту, работающему с системой управления. Решение позволяет сделать систему управления более эффективнее, основанной на опыте специалистов и баз знаний об объекте управления[2].	Данное решение можно использовать при управлении динамическими объектами. Одним из таких объектов является микроклимат производственного помещения, так как его показатели являются динамически изменяющимися параметрами.
Нечеткая логика	Нечеткая логика является одним из инструментов искусственного интеллекта.	С помощью принципов нечеткой логики возможно создать нечеткую систему управления динамически изменяющимися объектами, а именно параметрами температуры и влажности воздуха в производственном помещении.

По результатам анализа существующих решений в области совершенствования систем управления микроклиматом производственных помещений, можно сделать вывод о том, что современные подходы позволяют оптимизировать управление параметрами влажности и температуры воздуха в помещениях, усовершенствовать системы организации и поддержки микроклимата производственных помещений. Все это будет положительно влиять на эффективность технологического производственного процесса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кокорев Д.С., Посмаков Н.П. Применение «Цифровых двойников» в производственных процессах // Colloquium-journal. 2019. №26 (50). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tsifrovyyh-dvoynikov-v-proizvodstvennyh-protsessah> (дата обращения: 15.11.2022).
2. Болдырев, В. В. Разработка интеллектуального модуля управления автоматизированной автономной системой энергообеспечения / В. В. Болдырев, М. А. Горькавый // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – № 3(43). – С. 9-18. – EDN HMGNWQ.
3. Соколова, В. С. Анализ методов автоматического регулирования температурно-влажностных режимов производственных зданий и помещений / В. С. Соколова // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы V Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 06–11 декабря 2021 года / Редколлегия: С.И. Сухоруков (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 232-235. – EDN ОТОХХI.
4. Куприяновский В.П., Намиот Д.Е. Интернет Вещей на промышленных предприятиях // International Journal of Open Information Technologies. 2016. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/internet-veschey-na-promyshlennyh-predpriyatiyah> (дата обращения: 15.11.2022)

УДК 533.9

Сизинцева Анна Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sizintseva Anna Sergeevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

Бажеряну Виктория Васильевна, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bazheryanu Viktoriia Vasilevna, graduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Ильченко Валерий Юрьевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ichenko Valery Yurievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Севостьянов Илья Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sevostyanov Ilya Vladimirovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Сафарова Нуриносо Шералиевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Safarova Nuriniso Sheralievna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

INNOVATIVE METHODS FOR THE LOW-TEMPERATURE PLASMA APPLICATIONS IN INDUSTRY

Аннотация. В данной статье обсуждаются инновационные методы применения низкотемпературной плазмы в различных областях народного хозяйства. Применительно к инженерной области и биотехнологии холодная плазма используется для удаления бытовых отходов, управления сточными водами, модификации поверхности материалов,

для инактивации патогенов, заживления ран, обеззараживания медицинских инструментов, отбеливания зубов. Также в настоящее время активно исследуется возможность применения холодной плазмы для лечения рака.

Abstract. In this paper we discuss innovative methods of using low-temperature plasma in various areas of the national economy. With regard to engineering and biotechnology, cold plasma is used for household waste disposal, wastewater management, material surface modification, pathogen inactivation, wound healing, decontamination of medical instruments, and teeth whitening. Also, the possibility of using cold plasma for the treatment of cancer is currently being actively investigated.

Ключевые слова: низкотемпературная плазма, холодная плазма, активные радикалы, управление отходами, модификация материалов.

Key words: low-temperature plasma, cold plasma, reactive radicals, waste management, material modification.

Плазма – четвертое состояние вещества наряду с твердым, жидким и газообразным, состоящее из высокоэнергетических ионов, электронов и нейтралов (атомов, молекул и радикалов). В процессе генерации плазмы вводимый в систему газ ионизируется электрическим током. Это удельное электрическое сопротивление производит значительное количество тепла, которое отрывает электроны от молекул газа, образуя поток ионизированного газа, называемый плазмой. Плазменный метод можно разделить на два типа в зависимости от температуры образующихся ионов: высокотемпературная/горячая и низкотемпературная/холодная плазма. В первом случае плазма создается при высоком давлении, при котором все частицы газа сильно ионизированы, в результате чего ионы, атомы, электроны и нейтральные частицы сохраняют один и тот же высокотемпературный диапазон от 4000 до 20 000 К. Благодаря своей высокой температуре и плотности энергии термическая плазма обладает высокой разрушительной способностью и подходит для разложения различных типов отходов, таких как органические, медицинские, электронные и радиоактивные отходы. Однако применение высокотемпературной плазмы имеет достаточно низкую экономическую эффективность, поскольку потребление электроэнергии достаточно велико. В отличие от горячей плазмы, низкотемпературная плазма генерирует заряженные частицы и радикалы в атмосферных условиях и потребляет гораздо меньше электроэнергии. Следовательно, низкотемпературная плазма более энергоэффективна для уничтожения загрязняющих веществ по сравнению с горячей плазмой.

Таким образом, благодаря своей высокой эффективности в сочетании с низкой стоимостью эксплуатации, низкотемпературная плазма вызывает растущий интерес в других областях, таких как управление отходами, модификация материалов, медицина, пищевая промышленность и сельское хозяйство, поскольку она может способствовать безопасности, рабочему процессу и снижению затрат в этих секторах.

Низкотемпературную плазму можно применять для удаления бытовых отходов и управления сточными водами благодаря ее антимикробным свойствам и возможности химического разложения отходов. Павлат и др. [1] показали, что обработка низкотемпературной плазмой бытовых отходов может уменьшить количество микроорганизмов, таких как вегетативные бактерии и эндоспоры, плесневые грибы, актинобактерии *Escherichia coli* и патогены (стафилококк, сальмонелла, шигелла, энтерококк, клостридии). Согласно исследованию, холодная плазма в качестве стерильной предварительной обработки бытовых отходов может уменьшить загрязнение окружающей среды во время транспортировки и хранения отходов.

В настоящее время активно проводятся научные исследования в области применения низкотемпературной плазмы для удаления промышленных выбросов. Управление промышленными отходами представляет собой сложную задачу не только из-за

большого количества выбрасываемых материалов в различных отраслях промышленности, но и из-за комплексного состава самих отходов. Уже есть разработки по применению низкотемпературной плазмы для очистки выбросов текстильной, пищевой, сельскохозяйственной промышленности. В таблице 1 представлены основные направления управления отходами и виды низкотемпературной плазмы, наиболее эффективные для каждого направления [1-4].

Таблица 1 – Применение низкотемпературной плазмы в управлении отходами

Область применения	Вид низкотемпературной плазмы	Газовая среда	Время обработки, мин	Приложенное напряжение, кВ
Бытовые отходы	Скользкая дуговая плазма	Воздух	15-45	3,8
Промышленные солевые отходы	Диэлектрический барьерный разряд	Воздух и O ₂	20-25	12-16
Сточные воды оливкового завода	Плазменная струя	Воздух	15-30	0,2
Текстильные сточные воды	Диэлектрический барьерный разряд	O ₂	45-90	3
Отходы обработки азокрасителем	Диэлектрический барьерный разряд	Воздух, N ₂ и O ₂	10-15	20
Обработка пестицидами	Диэлектрический барьерный разряд	Воздух	2-5	70-90
Жмых сахарного тростника (гидролизатом)	Плазменная струя	Воздух	25	10
Отходы очистки ананасов	Плазменная струя	Воздух и Ar	60	5

Помимо промышленных сточных вод, сельскохозяйственные сточные воды также вызывают озабоченность из-за большого количества остатков пестицидов. Мутик и др. [2] выбрали три типа карбаматов с целью изучения эффективности низкотемпературной плазмы для разложения пестицидов. Результаты показали, что 50,5%, 99,6% и 99,3% карбарила, метиокарба и аминокарба соответственно, были удалены за 5 минут при приложенном напряжении 90 кВ. Эти данные свидетельствуют о том, что низкотемпературная плазма обладает высоким потенциалом в процессе очистки сточных вод, и зависит от взаимодействия между реактивными частицами и исходными субстратами.

В связи активным применением инноваций в современной промышленности, модификация поверхности материала важна как никогда. Обычно для модификации материалов используют химические процессы, которые могут быть высокотоксичными и дорогостоящими. Холодная плазма является неразрушающим и экологически безопасным методом модификации поверхности благодаря низкому потреблению электроэнергии и низкой температуре. Низкотемпературная плазма в среде аргона повышает шероховатость фотоанода из оксида олова для лучшей адгезии поверхности, что способствует повышению эффективности сенсibilизированных красителем солнечных элементов (СКСЭ) [3]. Холодная плазма также применяется для покрытия подложки из оксида алюминия диоксидом титана, которая является фотоанодом в СКСЭ.

В последнее время проводится множество исследований в области модификации полимеров, таких как целлюлоза, белки и полисахариды, из-за их широкого применения в медицинской, пищевой и текстильной промышленности. Например, холодная плазма используется для получения антибактериальной пленки из галловой кислоты на поверхности полиэтилена. Такие антибактериальные пленки эффективны в борьбе с различными бактериями. Низкотемпературная плазма может быть применена в технологии безводного окрашивания полиэтилентерефталата, хлопка и нейлона, так как обработанные плазмой ткани обладают большей связывающей способностью. Активные частицы плазмы обладают способностью травления поверхности, которая может быть

полезна при очистке и нанесении покрытий. В одном исследовании низкотемпературная плазма была объединена с эллипсометрией, чтобы помочь удалить человеческие отпечатки пальцев с поверхности, успешно выполняя бесконтактное обнаружение отпечатков пальцев путем перевода примеси в газовую фазу [4].

В медицине низкотемпературная плазма обычно используется для инактивации патогенов. Однако исследователи начали открывать другие полезные свойства, применяемые в терапии рака, заживлении ран и стоматологии. Наиболее широко в медицине плазма применяется как антибактериальное, противогрибковое, антипаразитарное и антивирусное средство. Многие исследования показывают, что холодная плазма может способствовать более быстрому заживлению ран благодаря своей способности деактивировать патогенный рост. Также в настоящее время активно исследуется возможность применения холодной плазмы для лечения рака. Хотя низкотемпературная плазма может эффективно убивать раковые клетки *in vitro* с использованием прямого или непрямого лечения во время терапии рака, необходимо правильно выбрать конфигурацию плазмодгенератора, чтобы избежать повреждения нормальных клеток. Проводились исследования глиобластомы в мышинном мозгу с применением аппарата микроразмерной низкотемпературной плазмы для лечения рака. Если аппарат микроразмерной низкотемпературной плазмы будет успешно разработан, это поможет онкологам улучшить лечение, получив доступ к труднодоступным областям, например внутри черепа человека [5,6].

В стоматологии холодная плазма в настоящее время применяется в нескольких направлениях, включая стерилизацию инструментов, лечение кариеса зубов, лечение инфекций корневых каналов и отбеливание зубов. Отсутствие вибрации позволяет использовать холодную плазму в качестве альтернативного метода обеззараживания для удаления некротических или нереминерализуемых тканей в инфицированной области. Кроме того, холодная плазма обладает хорошим отбеливающим эффектом, который можно применять для отбеливания зубов.

В заключении хочется отметить, что низкотемпературная плазма уже активно применяется во многих областях народного хозяйства, таких как промышленность, медицина, сельское хозяйство. Хотя воздействие низкотемпературной плазмы на продукты питания, микроорганизмы и полимерные материалы широко изучается в последние годы, проблемы, связанные с химическими процессами и промышленным дизайном, все еще не решены. Решение этих проблем может способствовать стандартизации процессов и другим исследовательским возможностям, в которые можно с пользой интегрировать низкотемпературную плазму.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Pawlat J, Terebun P, Kwiatkowski M, Wolny-Koładka K. Possibility of Humid Municipal Wastes Hygienisation Using Gliding Arc Plasma Reactor // *Water*. 2021. № 13(2). С. 194-200.
2. Moutiq R, Pankaj S, Wan Z, Mendonca A, Keener K, Misra N Atmospheric pressure cold plasma as a potential technology to degrade carbamate residues in water // *Plasma Chem Plasma Process*. 2020. №40. С. 1291–1309.
3. Weerasinghe J, Sen S, Kumari J, Dissanayake M, Senadeera G, Thotawatthage C, Ekanayake M, Zhou R, Cullen PJ, Sonar P. Efficiency enhancement of low-cost metal free dye sensitized solar cells via non-thermal atmospheric pressure plasma surface treatment // *Sol Energy*. 2021. № 215. С. 367–374.
4. Chen Z, Simonyan H, Cheng X, Gjika E, Lin L, Canady J, Sherman JH, Young C, Keidar M. A novel micro cold atmospheric plasma device for glioblastoma both *in vitro* and *in vivo* // *Cancers*. 2017. № 9(6). С. 61-66.

5. Красиков Н.А., Щелкунов Е.Б. Исследование процессов, происходящих при обработке отверстий в пакетах из разнородных материалов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2021. № 3(51). С. 95-97.

6. Попова О.В., Григорьев Я.Ю., Жарикова Е.П., Григорьева А.Л. Применение методов машинного обучения в задачах оценки технологических процессов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2021. № 7(55). С. 68-72.

УДК 665.6/.7

Сизинцева Анна Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sizintseva Anna Sergeevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

Бажеряну Виктория Васильевна, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bazheryanu Viktoriia Vasilevna, graduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Ильченко Валерий Юрьевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ilchenko Valeriy Yurievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Рыбакова Кристина Валерьевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Rybakova Kristina Valerievna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ МИРОВОГО ХОЗЯЙСТВА

MODERN TENDENCIES IN AREA OF NATIONAL ECONOMY DECARBONIZATION

Аннотация. В данной статье обсуждаются основные тенденции в области декарбонизации мирового хозяйства. Рассмотрены как уже широко используемые методы декарбонизации, так и новейшие технологии, направленные на сокращение углеродного следа. Среди операционных методов сокращения углеродсодержащих выбросов актуальна концепция переработки, утилизации вторичных энергетических ресурсов, или их повторного использования. В настоящее время во многих странах широко обсуждается переход на возобновляемые источники энергии, либо на низкоуглеродные источники энергоснабжения предприятий, что в значительной степени сократит выброс парниковых газов в атмосферу.

Abstract. This article discusses the main trends in the decarbonization of the world economy. The already widely used decarbonization methods and the latest technologies aimed at reducing the carbon footprint are both considered. Among the operational methods for reducing carbon emissions, the concept of recycling, utilization of secondary energy resources, or their reuse is relevant. Currently, many countries are widely discussing the transition to renewable energy sources, or to low-carbon sources of energy supply for enterprises, which will significantly reduce greenhouse gas emissions into the atmosphere.

Ключевые слова: декарбонизация, возобновляемые источники энергии, парниковые газы, энергоэффективность, сжигание попутных газов.

Key words: decarbonization, renewable energy sources, greenhouse gases, energy efficiency, associated gas flaring.

В данной статье рассматриваются возможные пути снижения выбросов углеродсодержащих соединений, а также особенности технологий декарбонизации, вследствие которых ожидается сокращение выбросов в атмосферу продуктов горения ископаемого топлива.

Мир давно начал проявлять интерес в отношении углекислого газа и метана в атмосферном воздухе, но в настоящее время, когда последствия глобального потепления стали очевидны, эта проблема стоит особо остро. Эта ситуация связана с повышенной концентрацией углерода в воздухе вследствие сжигания колоссальных объемов ископаемого топлива в течение нескольких последних десятилетий. В настоящее время многие города, поселки, даже целые страны страдают от грязного воздуха, что отражается на здоровье населения. Это и делает декарбонизацию необходимой.

Что же такое декарбонизация? Декарбонизация – это прежде всего комплекс мероприятий, направленных на сведение к минимуму количества выбросов парниковых газов, которые образуются во время сжигания ископаемого топлива [1].

С течением времени, мировая экономика совершила несколько энергетических переходов, начиная с древесного угля, переходила на каменный уголь, затем основным ископаемым топливом была нефть, а в настоящее время наблюдается преимущественное потребление природного газа.

Если до настоящего времени при переходах на новый энергоноситель руководствовались в основном удобством использования и конкурентоспособностью затрат, то сейчас при выборе энергоносителей приоритетными становятся экологические аспекты. Таким образом, в условиях глобального климатического кризиса мировая нефтегазовая отрасль развивается в направлении к низкоуглеродному будущему.

В настоящее время во всем мире можно наблюдать внушительный сдвиг по направлению к использованию возобновляемых источников энергии, которые являются хорошей альтернативой для создания энергии, будучи благоприятными для климата и экологически устойчивыми. В существующей реальности не только для мировых правительств, но и для бизнеса практически в каждом секторе экономики уменьшение выбросов парниковых газов становится важной задачей. Декарбонизация сегодня является методом обеспечения дифференциации выпускаемой продукции и гарантии конкурентоспособности глобальном масштабе, а не только способ решения климатических и экологических задач [2].

Крупнейшие международные компании занимаются разработкой разнообразных способов сокращения выбросов, а некоторые компании уже их активно внедряют и применяют. Отказ от сжигания попутного нефтяного газа – это шаг на пути к декарбонизации, который нефтяные компании уже сделали. Он логичный, нужный, но пассивный, так как не открывает перед нефтяной промышленностью никаких новых перспектив. Но если нефтяные компании не будут принимать активного участия в грядущем переделе энергетического рынка, рано или поздно они окажутся на дне мировой экономики.

Количество выбросов парниковых газов антропогенного происхождения можно рассчитать по формуле:

$$TC = G \cdot P \cdot (E \cdot C_{EN} + C_{NE})$$

где:

TC – антропогенные выбросы парниковых газов, т CO_2 -экв.,

G – потребление материальных благ на душу населения, ед./чел.,

P – численность населения, чел.,

E – энергоемкость производства и потребления материальных благ, ГДж/ед.,

C_{EN} – количество выбросов парниковых газов на единицу энергии, которая затрачивается на производство и потребление материальных благ, а также на добычу, транспортировку и переработку топлива для производства энергии, т CO_2 -экв./ГДж,

C_{NE} – количество неэнергетических выбросов природного газа на единицу потребленного материального блага, CO_2 -экв/ед [3].

Из этой формулы видно, что для сокращения выбросов парниковых газов нужно идти по пути снижения энергоемкости производства и потребления энергетических благ, либо увеличения эффективности использования ископаемого топлива для производства энергии. Еще один способ – снижение выбросов парниковых газов, которые образуются в процессе производства топлива и энергии.

На сегодняшний день существует огромный спектр различных методов декарбонизации, из которых компании могут составить для себя оптимальный набор.

Среди операционных методов сокращения выбросов актуальна концепция переработки, утилизации вторичных энергетических ресурсов, или их повторного использования. Данная концепция предполагает повторное использование и переработку того, что не может быть использовано повторно. Компании нефтегазового сектора все активнее следуют принципам циркулярной углеродной экономики: используют и перерабатывают CO_2 , занимаются преобразованием выбросов в продукты с меньшим углеродным следом и уменьшают углеродный след за счет повторного использования материалов и ресурсов.

В настоящее время разрабатываются стратегии по улавливанию и последующей утилизации CO_2 , либо по его хранению. Технология предполагает улавливание CO_2 непосредственно на производственных предприятиях, являющихся источником выбросов. В процессе улавливания углекислый газ можно преобразовать в новый продукт с возможностью дальнейшего использования. Также после улавливания углекислый газ возможно транспортировать для дальнейшего хранения в специализированных геологических формациях [4].

Энергоэффективность — это рациональное использование энергетических ресурсов предприятиями нефтегазового сектора. Он является одним из наиболее простых и дешевых способов сократить выбросы парниковых газов. В краткосрочной перспективе большинство нефтегазовых компаний фокусируют свои усилия по декарбонизации именно на различных методах эффективного использования энергии и ресурсов. Смотря оценки некоторых компаний, участвовавших в данном исследовании, до 40% всех связанных с эффективностью возможностей для декарбонизации являются коммерчески привлекательными даже без дополнительного финансирования.

Повышение операционной эффективности в основном нацелено на снижение производственных издержек, во многих случаях эти инициативы также приводят к сокращению углеродного следа, причем для получения быстрых результатов не требуется значительного финансирования.

Самым предпочтительным методом с точки зрения экологии является переход на возобновляемые источники энергии, либо на низкоуглеродные источники энергообеспечения предприятий отрасли и отказ от прямых выбросов парниковых газов при сжигании попутного нефтяного газа. Возможно внедрение возобновляемых источников энергии в структуру энергообеспечения различных предприятий. Стоит учитывать регулярность и объем потребления электроэнергии на отдельных объектах. Применение ВИЭ позволит значительно сократить выбросы парниковых газов благодаря использованию ископаемого топлива. Кроме того, использование ВИЭ обеспечивает сокращение операционных затрат, в частности, расходов на традиционные виды топлива. К счастью, стали преобладать нефтегазовые компании, которые сосредотачиваются на использовании в своих производственных процессах ВИЭ и накопителей электроэнергии, биотоплива, а также низкоуглеродного топлива. Крупные нефтегазовые компании уже имеют опыт реализации гибридных систем с применением возобновляемых источников энергии, они используют ветровую, солнечную, геотермальную энергию, а также находят применение отходы в качестве источника энергии для поддержки работы нефтяных скважин, и при эксплуатации морских платформ [5].

В заключение хочется сказать, что данные Всемирного фонда дикой природы свидетельствуют о том, что экологический ущерб от факельного сжигания 1 млрд м^3 попутного нефтяного газа достигает более 7 млн тонн в эквиваленте CO_2 . У многих

нефтегазовых компаний есть планы по глубокой декарбонизации, в которые входит внедрение технологий улавливания, утилизации и хранения углерода и использование водорода в качестве топлива. Трансформация компаний нефтегазового сектора в связи с новыми требованиями экологической безопасности уже становится неизбежна. Это длительный процесс, поэтому компаниям необходимо разработать четкие стратегии декарбонизации, учитывая все имеющиеся и разрабатываемые методы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шматко А.Д., Ивченко Б.П. Декарбонизация экономики: анализ проблематики с учетом региональной специфики и необходимости развития системы образования // Экономика и управление. 2022. Т. 28. № 3. С. 219-225.
2. Бережной С.А., Кудрякова Н.В. Анализ эффективности управления материальными ресурсами на предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2022. № 6 (62). С. 108-113.
3. Makarov I.A., Chen Y.-H.H., Paltsev S.V. Finding itself in the post-Paris world: Russia in the new global energy landscape // MIT, Joint Program Report Series, December 2017.
4. Челухин В.А., Кружаев М.А., Пьей З.А., Абрамсон Е.В. Теоретическая оценка величины отклонения разности между минимальным и максимальным значениями температуры окружающей среды // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2020. № 3 (43). С. 81-93.
5. Гринкруг М.С., Новгородов Н.А. Разработка алгоритма работы системы управления дизельными электростанциями с учётом неравномерности её нагрузки // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2020. № 7 (47). С. 42-47.

УДК 006.86

Терешков Виталий Олегович, студент, Московский энергетический институт
Tereshkov Vitaly Olegovich, student, Moscow Power Engineering Institute

«НІС» КАК КРИТЕРИЙ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ИГРОВЫХ ПЛОЩАДОК

«НІС» AS CRITERION FOR ATTESTATION OF PLAYGROUNDS

Аннотация. Цель данной работы заключается в рассмотрении критерия НІС, описанного в ГОСТ 34615-2019, как основного критерия для аттестации покрытий игровых площадок, а также оценка его применимости для выполнения процедур аттестации. Предметом данной работы является процесс аттестации и оценивания покрытий игровых площадок. Результатом работы должны стать: характеристика критерия НІС; общее описание процедуры аттестации покрытий игровых площадок и расчёта критерия; выводы о применимости данного критерия для выполнения аттестационных мероприятий. Abstract. The purpose of this work is to consider the НІС criterion, described in GOST 34615-2019, as the main criterion for attesting playground surfaces, as well as to assess its applicability for performing certification procedures. The subject of this work is the process of certification and evaluation of playground surfaces. The result of the work should be: characterization of the НІС criterion; a general description of the procedure for attesting playground surfaces and calculating the criterion; conclusions about the applicability of this criterion for the performance of certification activities.

Ключевые слова: аттестация, безопасность, покрытия игровых площадок, критерий травмы головы.

Key words: attestation, safety, playground coverings, head injury criterion.

Статистика показывает, что ежегодно около десяти миллионов человек во всём мире страдают от черепно-мозговой травмы (далее ЧМТ) различной степени тяжести. Высокий уровень смертности и инвалидности при инцидентах ЧМТ стали всемирной проблемой здравоохранения, которая является актуальной и по сей день.

К сожалению, подобные случаи не обходят стороной и детей. Например, ещё в 2015 году Министерство здравоохранения и социальных дел Швеции обнародовало следующие данные: ежегодно около трёх тысяч шведских детей получают серьёзные ушибы и раны в области головы. При чём чаще всего это происходит на игровых площадках при падении с игрового оборудования на наземное покрытие.

Известно, что к постоянной инвалидности и повреждениям костей могут привести длительные импульсы ускорения [2]. На основании этого был разработан критерий, который должен применяться для оценки эффективности покрытий игровых площадок по способности уменьшать вероятность повреждения головы ребёнка. Таким критерием стал НИС.

НИС – критерий травмы головы (англ. Head Injury Criterion), который представляет собой меру вероятности травмы головы в результате удара. Помимо оценки покрытия игровых площадок применяется также для оценки безопасности транспортных средств, средств индивидуальной защиты и спортивного инвентаря [1].

Критическим значением критерия является 1000 (безразмерная величина). Данное значение допускает для взрослого мужчины [2]:

Вероятность 3% критической травмы головы (MAIS 5);

Вероятность 18% тяжёлой травмы головы (MAIS 4);

Вероятность 55% серьёзной травмы головы (MAIS 3);

Вероятность 89% травмы головы средней тяжести (MAIS 2);

Вероятность 99,5% легкой травмы головы (MAIS 1).

MAIS – сокращённая шкала предельных повреждений (классификация тяжести травм), разработана «Ассоциацией содействия развитию медицины» и широко применяется в автомобильной промышленности как индикатор травм головы [3].

Чтобы определить этот критерий для покрытия игровой площадки проводят специальный эксперимент, схема которого изображена на рисунке 1. В модель головы (рис.1, п.2) из алюминиевого сплава, представляющей собой шар или цилиндр с полусферической головкой (ударной частью), помещается трёх-осевой акселерометр (рис.1, п.5). Далее модель головы через усилитель сигнала (чаще всего не используется; см. рис.1, п.3) связывается с регистрирующим устройством (рис.1, п.4), которым может выступать компьютер или мобильное устройство. Способ связи может быть как проводным, так и беспроводным с применением технологий Wi-Fi или Bluetooth, коим сейчас отдаётся наибольшее предпочтение в виду их несомненного удобства. Регистрирующее устройство должно быть оснащено специальным программным обеспечением, позволяющим записывать импульсы ударов модели головы об испытываемое покрытие (рис.1, п.1).

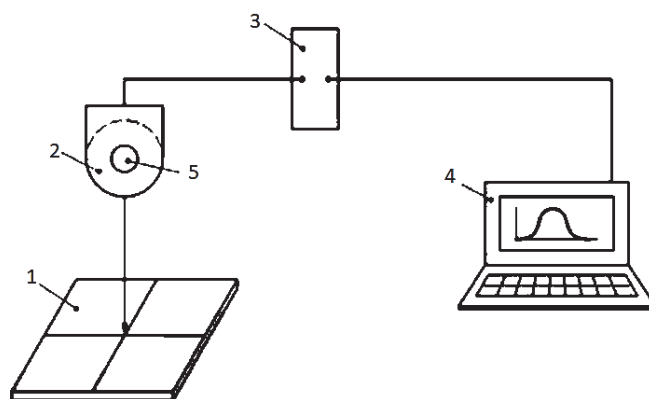


Рисунок 1 – Схема НИС-эксперимента

Допускается сброс макета головы как с рук, так и со специального устройства сброса. В первом случае важно следить за тем, чтобы акселерометр находился в центре масс, иначе форма удара может быть искажена.

Устройство сброса в большинстве случаев представляет собой штатив с подвесом, на конце которого располагается электромагнит, удерживающий модель головы. Когда оператор готов выполнить запись удара, электромагнит отсоединяется от питания (либо цепь размыкается по команде некоторого устройства), и происходит сброс. Количество производимых ударов зависит от проводимой процедуры оценки покрытия, которые описаны в ГОСТ 34615-2019 [2]. Основная задача – определение высоты, при которой НИС будет равен критическому значению.

Следом за записью формы удара следует расчёт критерия НИС. Формула получения значения представлена ниже:

$$НИС = \max \left((t_2 - t_1) \cdot \left(\frac{\int_{t_1}^{t_2} a \cdot dt}{t_2 - t_1} \right)^{2.5} \right), \quad (1)$$

где a – ускорение, которому подвергается модель головы, выраженное в g (ускорение свободного падения);

t_1, t_2 – два любых промежуточных значения t между $t_{start(начало)}$ и $t_{end(окончание)}$, где t – время, мс.

Частота дискретизации сигнала регистратора от $t_{start(начало)}$ до $t_{end(окончание)}$ должна составлять не менее 20 кГц. Необходимая продолжительность удара не менее 3 мс, а максимальная амплитуда не более 200g. Более короткое время удара соответствует ударам с более высоким значением максимального ускорения, которое увеличивает вероятность риска повреждения головы. Соответственно, такое покрытие считают недопустимым при испытании.

В виду того, что удар представляет собой сигнал, записанный по трём осям, чтобы получить a , нужное для вычисления НИС, необходимо выполнить усреднение за вычетом математического ожидания.

Пусть имеются наборы x, y, z – точки записанного удара по соответствующим плоскостям. Тогда общее ускорение будет вычисляться по формуле:

$$a_i = \sqrt{(x_i - E_x)^2 + (y_i - E_y)^2 + (z_i - E_z)^2}, \quad (2)$$

где E – математическое ожидание по соответствующей оси. Полученный набор точек a используется в формуле 1. На основании полученных результатов формируется отчёт и выносится заключение о пригодности применения данного типа покрытия для использования на испытываемой игровой площадке.

В заключении стоит отметить, что аттестация игровых площадок на основе НИС – небольшой, но значительный шаг в сторону уменьшения детского травматизма в нашей стране. Однако, для получения наилучшего результата необходимо объединить усилия всех сторон: проектировщиков, заказчиков, родителей и, конечно же, их детей.

Инженерам и разработчикам необходимо ещё на этапе проектирования исключить возможность падения ребёнка с высоты. Для оборудования площадок использовать покрытия не с предельно разрешимым, а с оптимальным уровнем НИС. Основная же задача родителей – научить ребёнка правильному поведению на игровых площадках и объяснить, какие действия безопасны для их здоровья, а от каких лучше отказаться.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Head Injury Criterion [Электронный ресурс]: https://en.wikipedia.org/wiki/Head_injury_criterion (дата обращения 25.09.2022);
2. Покрытия ударопоглощающие игровых площадок [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200170145> (дата обращения 25.09.2022);

3. Association for the Advancement Automotive Medicine (2005). The Abbreviated Injury Scale—Copyright 2005. Barrington, IL: Association for the Advancement of Automotive Medicine, 60011.

УДК 657

Хохлова Диана Александровна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Khokhlova Diana Alexandrovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Прохоров Кирилл Константинович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Prokhorov Kirill Konstantinovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Бажеряну Виктория Васильевна, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bazheryanu Viktoriia Vasilevna, graduate student of Komsomolsk-na-Amure State University

Зайченко Илья Владимирович, кандидат технических наук, доцент,

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Zaychenko Ilya Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СЕРВИСЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

MODERN AUTOMATED ENTERPRISE MANAGEMENT SERVICES

Аннотация. В работе дана оценка динамике развития индустриальной промышленности в Российской Федерации. Выполнен анализ влияния систем управления персоналом на общие показатели эффективности производства. Определены текущие тренды в развитии современных сервисов управления предприятием. Проанализирован функционал современных систем управления предприятием в области управления персоналом. Сформулированы рекомендации по внедрению наиболее эффективных систем управления предприятием, представленных на российском рынке.

Abstract. The paper gives an assessment of the dynamics of the development of the industrial industry in the Russian Federation. The analysis of the influence of personnel management systems on the overall performance indicators of production has been carried out. The current trends in the development of modern enterprise management services are determined. The functionality of modern enterprise management systems in the field of personnel management is analyzed. Recommendations are formulated for the implementation of the most effective enterprise management systems presented on the Russian market.

Ключевые слова: управление предприятием, управление персоналом, показатели производительности, методы, сотрудник.

Key words: enterprise management, personnel management, performance indicators, methods, employee.

Введение

В условиях возрастающих информационного объёма управленческой информации, принятия эффективных решений, не возможно без использования автоматизированных сервисов управления предприятием охватывающие все сферы деятельности, в том числе и управлением персонала.

Цель исследования провести анализ представленных инструментов автоматизированных сервисах на Российском рынке, выделить их особенности, описать их функционал и определить какие из этих средств наилучшим образом подходят для оценки персонала и управления персоналом

Основная часть

В современной России основным вектором развития является индустриальная промышленность. На текущий момент Российская Федерация является одной из ведущих держав мира в промышленном развитии. По своему потенциалу промышленность страны способна наладить выпуск товаров широкого спектра, обеспечивающих как важные области жизнедеятельность населения, так и для других различных нужд. Наиболее развитыми отраслями Российской промышленности являются черная и цветная металлургия, машиностроение и нефтегазовый сектор. В связи с этим важно отметить и количество различных компаний, которые появились по соответствующим направления развития индустрии в России [4].

Но для успешной работы любого предприятия как промышленного, так и информационного необходимо эффективно управлять персоналом предприятия, потому что персонал, это ключевое звено в системе любого бизнеса которое оказывает прямое воздействие на все процессы работы, существующие в предприятии. Но, к сожалению, большинство руководителей не могут эффективно использовать весь потенциал своего персонала по различным причинам. Для решения этой проблемы были созданы различные сервисы по управлению персоналом, которые отвечают за различные функции от расчета зарплаты до вычисления коэффициента персональной эффективности сотрудника. Одна часть существующих на данный момент сервисов похожа между собой, а другая наоборот существенно различается [5]. Какие – то из сервисов напрямую связаны с работой персонала, а другие отвечают за документооборот. Ниже представлен пример существующих сервисов:

Универсальный сервис СБИС сервис включает в себя различный спектр услуг начиная от оценки персонала по КРІ и заканчивая документооборотом сервис считается многофункциональным и очень популярным. Клиентами СБИС является большинство компаний находящихся в России, а также несколько за рубежом. Одним из недостатков сервиса можно назвать, неудобный интерфейс, который к тому же очень часто изменяется с выходом новых обновлений из-за этого приходится постоянно связываться со службой поддержки.

Популярный в России сервис 1С. Особенностью сервиса является его универсальная особенность сервис можно адаптировать и настроить под абсолютно любое предприятия и значительно упростить документооборот. Большинство крупных Российских компаний очень давно пользуются данным сервисом. Из недостатков данной системы можно выделить проблему с предоставлением отчета с красочными и понятными картинками и графиками.

AMBER HRMS – сервис направленный на рекрутинг основная идея сервиса заключается в повышении эффективности подбора персонала. Отлично подходит для компаний, которые только начинают свое развитие и находятся на начальном этапе развития.

Галактика HCM – сервис которые предоставляет комплексное решение для автоматизации процессов кадрового учета в организациях, а также, ведение кадровой документации, учёт персонала, управление штатным расписанием, учёт рабочего времени, подбор сотрудников и работа с кандидатами, управление обучением работников и прочее.

SAP SuccessFactors – это комплексное решение для управления персоналом, объединяющая функционал системы корпоративного уровня с облачными возможностями.

Но также важно отметить большой и существенный недостаток всех выше, перечисленных сервисов, они отлично позволяют эффективно использовать профессио-

нальные навыки персонала, но не учитывают самый главный фактор эффективности, это фактор личности сотрудника. Под фактором личности подразумевается ментальное и психологическое состояние сотрудника, а именно то, как он ведет себя в состоянии стресса или насколько он эффективно будет себя показывать на другой должности. Психологическая составляющая важная часть при работе с персоналом, к сожалению, не все сервисы, которые сейчас существуют не обладают данным функционалом, что является значительным упущением [2].

Заключение

Таким образом, наиболее универсальными инструментами для эффективного управления персоналом являются:

1. Сервис СБИС, он включает в себя большой спектр услуг, начиная от оценки персонала, заканчивая документооборотом;
2. Сервис 1С, его можно адаптировать и настроить под любое предприятие;
3. AMBER HRMS, повышает эффективность подбора персонала;
4. Галактика HCM;
5. SAP SuccessFactors, позволяет объединять функционал системы корпоративного уровня с возможностями.

Можно сделать вывод, что все эти сервисы отлично подходят для эффективного управления персоналом на любом предприятии, каждый сервис эффективен по-своему, но при этом значительно улучшает показатели работы персонала и соответственно показатели предприятия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сизинцева, А. С. Особенности анализа и описания производственного конфликта как результата некорректного коммуникативного взаимодействия в русскоязычном коллективе / А. С. Сизинцева, И. В. Зайченко, В. В. Бажеряну // Казанская наука. – 2022. – № 6. – С. 66-69. – EDN BNYDIV.

2. Прохоров, К. К. Разработка интеллектуальной системы оценки профиля пользователя / К. К. Прохоров, И. В. Зайченко // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 239-242. – EDN ZGOXLM.

3. Гончарова, С. А. Оптимизация трудовой деятельности персонала предприятия находящегося на рабочем месте в положении сидя / С. А. Гончарова, И. В. Зайченко // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство : сборник научных статей по итогам второй международной научной конференции, Казань, 30 марта 2019 года. – Казань: ООО «Конверт», 2019. – С. 120-122. – EDN ITBUZK.

4. Сизинцева, А. С. Финансовые и нефинансовые выгоды от использования информационных систем / А. С. Сизинцева, В. В. Бажеряну // Географические исследования в контексте социально-экономического развития регионов : Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвящённой 75-летию кандидата географических наук, доцента, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Ахмеда Лечаевича Устаева, Грозный, 01–02 июня 2022 года. – Грозный: Чеченский государственный университет имени Ахмата Абдулхамидовича Кадырова, 2022. – С. 584-586. – DOI 10.36684/68-2022-1-584-586. – EDN MLLFGZ.

5. Соколова, В. С. Бизнес планирование инновационно-технологического проекта / В. С. Соколова, И. В. Зайченко // Молодежь и наука: актуальные проблемы фун-

даментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 250-252. – EDN JDIWMA.

УДК 004.021

Щербаков Алексей Максимович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shcherbakov Aleksey Maksimovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление инновационными проектами и процессами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavyy Mikhail Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Management of Innovative Processes by Projects and Us", Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТРАЕКТОРИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РОБОТА

STUDY OF INTELLIGENT ALGORITHMS FOR FORMING OPTIMAL COMPLEXES OF ROBOT MOVEMENT TRAJECTORIES

Аннотация. В работе проводится исследование интеллектуальных алгоритмов формирования оптимальных траекторий перемещения в роботизированных процессах. В ходе исследования существующие методы были разделены на две глобальные группы по наличию исходных данных для формирования траектории. При анализе существующих методов оптимизации было выявлено, что наибольшей популярностью пользуются эвристические подходы и алгоритмы нейронных сетей.

Abstract. The paper studies intelligent algorithms for the formation of optimal movement trajectories in robotic processes. In the course of the study, the existing methods were divided into two global groups according to the availability of initial data for the formation of the trajectory. When analyzing existing optimization methods, it was found that heuristic approaches and neural network algorithms are the most popular.

Ключевые слова: интеллектуальные алгоритмы, роботизированное производство, эвристические алгоритмы, робототехника, оптимальная траектория перемещения робота, классификация.

Key words: intelligent algorithms, robotic production, heuristic algorithms, robotics, optimal robot trajectory, classification.

Одной из ключевых тенденций развития современной промышленности является создание производства на основе киберфизических систем с использованием промышленных роботов [1] и коллаборативных человеко-машинных систем, функционирующих в производственных условиях [2,3]. Важным аспектом реализации таких систем выступает необходимость анализировать большой объем информации и обрабатывать множество различных данных [3,4]. Актуальным направлением оптимизации систем «машина-машина» и «человек-машина» служит формирование наиболее эффективного комплекса траекторий перемещения робота в рабочем пространстве, так как энергопотребление в роботизированном производстве является важным параметром

повышения экономической эффективности [5]. Для обеспечения анализа и обработки различных параметров роботизированного процесса используют интеллектуальные алгоритмы [6].

В настоящее время не решена проблема классификации алгоритмов формирования оптимальных маршрутов в роботизированных процессах в связи с чем, предлагается исследовать существующие интеллектуальные методы нахождения наилучшего пути перемещения робота и разделить их по группам.

На сегодняшний день существует множество интеллектуальных алгоритмов, позволяющих оптимизировать траектории передвижения робота [7]. Существующие способы можно разделить на две большие группы: методы статического планирования траекторий и алгоритмы, предназначенные для применения в динамической среде.

Первая группа применяется для роботизированных процессов с изначально известными исходными данными (например, известны объекты, окружающие робота, энергопотребление до каждой точки перемещения). В таком случае решение задачи сводится к поиску локального минимума, где нецелесообразно применять, например, эвристические алгоритмы, так как они расходуют большое количество вычислительных мощностей. Эффективным инструментом статического планирования комплекса траекторий перемещения робота, является интеллектуальный алгоритм, основанный на детерминированном отжиге [7,8]. В статье [8] на основе метода отжига был разработан алгоритм, позволяющий мобильному роботу находить оптимальный путь до конечной цели.

Ко второй группе оптимизационных алгоритмов относятся методы, позволяющие в условиях неопределенности получить приемлемый результат. Такие алгоритмы требуют больших вычислительных мощностей и используются в роботизированных процессах, где требуется постоянный анализ и сбор данных. В зависимости от типа роботизированного процесса для решения задач в условиях неопределенности применяют эвристические методы и алгоритмы нейронных сетей.

Например, в статье [9] при помощи нейронной сети решалась задача планирования траектории перемещения мобильного робота, оборудованного камерой. В исследовании [10] при помощи нейронной сети решалась задача планирования траектории роботом-ассистентом.

Эвристические алгоритмы, в свою очередь состоят из роевых и эволюционных методов, где первая группа, чаще всего, применяется для планирования траекторий перемещения в групповой робототехнике (с использованием нескольких роботов в роботизированном процессе). В работе [11] при помощи модернизации алгоритма роя частиц удалось разработать эффективный метод формирования траекторий движения в роевой робототехнике. С помощью роя частиц в статье [12] показано, как роевые спасательные роботы находят оптимальные траектории перемещения, избегая препятствий. В [13] на основе роевого пчелиного алгоритма разработаны различные стратегии управления движениями группой роботов-уборщиков, а также роботом внутри группы. Исходя из результатов исследования, пчелиный алгоритм можно применять для эффективного планирования траектории перемещения, например, для сбора урожая или очистки территории от радиации.

Также роевые алгоритмы применяются для формирования оптимальных траекторий перемещения мобильных роботов и манипуляторов. Так, например, при помощи модернизированных роевых алгоритмов (алгоритм кукушки[14], роя частиц[15] и муравьиный[16,17]), осуществлялось планирование оптимальной траектории движения мобильным роботом. В работе [18] описан модернизированный алгоритм роя частиц, сочетающий в себе методы отжига и эволюционные алгоритмы, разработанный для манипулятора по сбору фруктов. В [19] поиск оптимальных движений манипулятора осуществляется при помощи модернизированного бактериального алгоритма. Реже все-

го среди роевых алгоритмов в формировании оптимальных траекторий движения встречаются алгоритмы гравитационного поиска и интеллектуальных капель.

Среди второй группы эвристических методов, наибольшую популярность в формировании оптимальных траекторий движения получил генетический алгоритм, который послужил основой для разработок методов оптимизации перемещений, описанный в работах [20,21,22]. При помощи применения эволюционных стратегий в [23] решалась задача планирования траектории перемещения мобильного робота. Реже всего для нахождения оптимальных траекторий перемещения используют алгоритмы иммунных систем.

Дерево алгоритмов, формирования комплексов траекторий перемещения робота представлено на рисунке 1.

Исходя из того, что больший интерес для исследователей представляет динамическое планирование траекторий, где роботизированный процесс протекает в условиях неопределенности, наибольшей популярностью пользуется группа эвристических алгоритмов. Алгоритмы нейронных сетей чаще используются в коллаборативной робототехнике. Стоит отметить, что результаты обозреваемых в работе исследований эвристических алгоритмов, можно использовать в промышленной робототехнике в составе сенсорно оснащенных промышленных роботов, а также в роботизированных системах с наличием машинного зрения, дополнительного аппаратного обеспечения, либо же на роботизированных линиях.

Методы статического планирования представляют собой алгоритмы, решающие задачу обработки уже известных данных и чаще всего, используются для планирования траекторий по изначально заданным критериям (энергоэффективность, поиск кратчайшего пути известной местности).

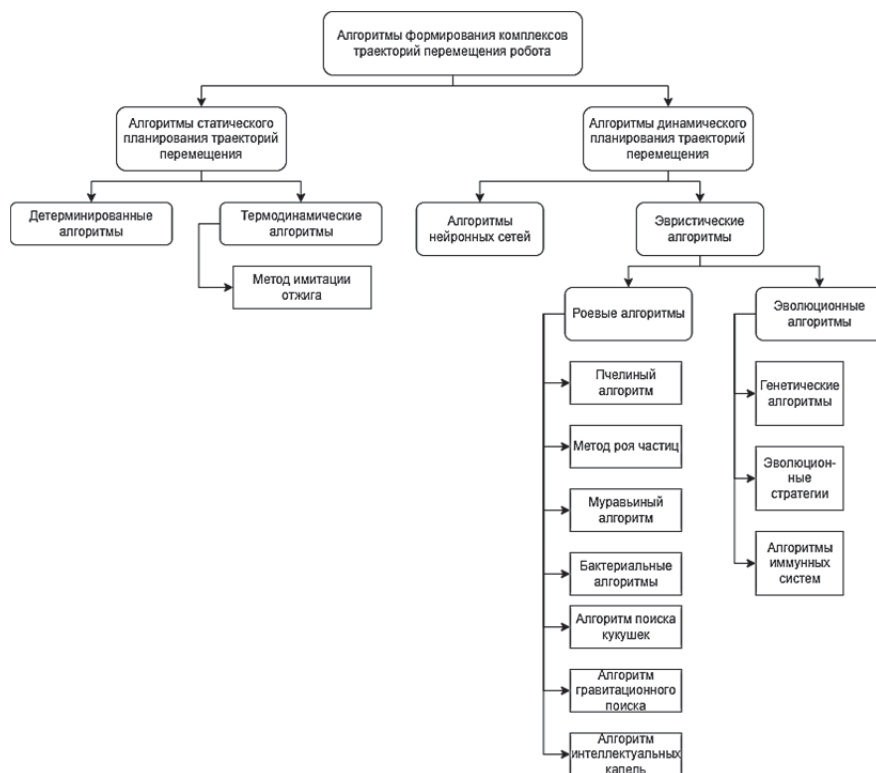


Рисунок 1 – Классификация интеллектуальных алгоритмов для формирования оптимальных комплексов траекторий перемещения

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КнАГУ №ВН002/2020.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тарасов И.В., Индустрия 4.0: понятие, концепции, тенденции развития. Стратегии бизнеса. 2018;(5): С. 43-49. <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2018-5-43-49>
2. Бабкин А.В., Федоров А.А., Либерман И.В., Клачек П.М. Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие. Экономика промышленности / Russian Journal of Industrial Economics. 2021;14(4):375-395. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-4-375-395>
3. Горькавый М. А., Горькавый А. И., Соловьев В. А. Специфика архитектуры цифрового двойника коллаборативного роботизированного процесса на базе мультиагентных систем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 4. – С. 147-156.
4. Егорова, В. П. Идентификация и моделирование роботизированных производственных процессов / В. П. Егорова, М. А. Горькавый // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы V Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 06–11 декабря 2021 года / Редколлегия: С.И. Сухоруков (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 196-199.
5. Горькавый М. А., Ефимов А. Ю., Егорова В. П., Соловьев В. А., Алгоритмы поиска энергоэффективного положения комплекса траекторий движения промышленного робота в составе технологического процесса // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2021. – Т. 64. – № 1. – С. 84-91.
6. Щербаков, А. М. Интеллектуальный модуль оптимизации и управления эффективностью производственного процесса роботизированной механообработки на базе имитационной модели / А. М. Щербаков, В. П. Егорова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 262-264.
7. Almasri, E.; Uyguroğlu, M.K. Trajectory Optimization in Robotic Applications, Survey of Recent Developments. Preprints 2021, 2021050281 (doi: 10.20944/preprints202105.0281.v1).
8. Dai J, Qiu J, Yu H, Zhang C, Wu Z, Gao Q. Robot Static Path Planning Method Based on Deterministic Annealing Machines. 2022; 10(8):600. <https://doi.org/10.3390/machines10080600>
9. Białek Marcin, Nowak Patryk, Rybarczyk Dominik. (2020). Application of an Artificial Neural Network for Planning the Trajectory of a Mobile Robot. Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems. 14. 13-23. 10.14313/JAMRIS/1-2020/2.
10. De Momi Elena, Kranendonk Laurens, Valenti Marta, Enayati Nima, Ferrigno Giancarlo. (2016). A Neural Network-Based Approach for Trajectory Planning in Robot–Human Handover Tasks. Frontiers in Robotics and AI. 3. 10.3389/frobt.2016.00034.
11. Rossides G, Metcalfe B, Hunter A. Particle Swarm Optimization—An Adaptation for the Control of Robotic Swarms. Robotics. 2021; 10(2):58. <https://doi.org/10.3390/robotics10020058>
12. Páez Ramírez, David, Romero Juan, Noriega Brian, Cardona Gustavo, Calderon Juan. (2021). Distributed Particle Swarm Optimization for Multi-Robot System in Search and Rescue Operations. IFAC-PapersOnLine. 54. 1-6. 10.1016/j.ifacol.2021.10.001.
13. Maryasin, O.Y. (2021). Bee-Inspired Algorithm for Groups of Cyber-Physical Robotic Cleaners with Swarm Intelligence. In: Kravets, A.G., Bolshakov, A.A., Shcherbakov,

- M. (eds) *Cyber-Physical Systems: Modelling and Intelligent Control*. Studies in Systems, Decision and Control, vol 338. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66077-2_13
14. Sharma K, Singh S, Doriya R. Optimized cuckoo search algorithm using tournament selection function for robot path planning. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2021;18(3). doi:10.1177/1729881421996136
 15. Xun Li, Dandan Wu, Jingjing He, Muhammad Bashir, Ma Liping, "An Improved Method of Particle Swarm Optimization for Path Planning of Mobile Robot", *Journal of Control Science and Engineering*, vol. 2020, Article ID 3857894, 12 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/3857894>
 16. Dai Xiaolin, Long Shuai, Zhang Zhiwen, Gong Dawei. (2019). Mobile Robot Path Planning Based on Ant Colony Algorithm With A* Heuristic Method. *Frontiers in Neurorobotics*. 13. 10.3389/fnbot.2019.00015.
 17. Hong-Jun Wang, Yong Fu, Zhuo-Qun Zhao, You-Jun Yue, "An Improved Ant Colony Algorithm of Robot Path Planning for Obstacle Avoidance", *Journal of Robotics*, vol. 2019, Article ID 6097591, 8 pages, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/6097591>
 18. Cao X, Yan H, Huang Z, Ai S, Xu Y, Fu R, Zou X. A Multi-Objective Particle Swarm Optimization for Trajectory Planning of Fruit Picking Manipulator. *Agronomy*. 2021; 11(11):2286. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112286>
 19. Zhiqiang Wang, Jinzhu Peng, Shuai Ding. A Bio-inspired trajectory planning method for robotic manipulators based on improved bacteria foraging optimization algorithm and tau theory[J]. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 2022, 19(1): 643-662. doi: 10.3934/mbe.2022029
 20. Xue Yang. (2018). Mobile Robot Path Planning with a Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm. *Applied Sciences*. 8. 2253. 10.3390/app8112253.
 21. Zhang Jie, Kang Man, Li Xiaojuan, Liu Geng-yang. (2017). Bio-Inspired Genetic Algorithms with Formalized Crossover Operators for Robotic Applications. *Frontiers in Neurorobotics*. 11. 10.3389/fnbot.2017.00056.
 22. Benhlima Said, Chaymaa Lamini, Bekri Ali. (2018). Genetic Algorithm Based Approach for Autonomous Mobile Robot Path Planning. *Procedia Computer Science*. 127. 10.1016/j.procs.2018.01.113/
 23. Xue Y, Sun J-Q. Solving the Path Planning Problem in Mobile Robotics with the Multi-Objective Evolutionary Algorithm. *Applied Sciences*. 2018; 8(9):1425. <https://doi.org/10.3390/app8091425>

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. АВТОМАТИКА, ЭЛЕКТРОПРИВОД И РОБОТОТЕХНИКА.....	3
Азимов Х.Х., Мешков А.С. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ГИСТЕРЕЗИСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ SIMPOWERSYS.....	3
Биткина А.А., Бабушкин В.П, Киба Д.А. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ МЕЖСИСТЕМНОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ДЕВИАЦИОННЫХ РАБОТ И ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	6
Бузикаева А.В., Зенченко А.С., Павлов В.В. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ С ДВУХЗОННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОДХОДА.....	9
Бузикаева А.В., Павлов В.В., Зенченко А.С. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВОДОГРЕЙНЫМ КОТЛОМ ДКВР.....	12
Герашенко В.В., Сухоруков С.И. РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОДУЛЯ ОТРЕЗАНИЯ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СТАНЦИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ СВАРОЧНОЙ ГОРЕЛКИ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА.....	15
Горькавый А.И., Дербенев А.А. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПО ТРАЕКТОРНОЙ ТОЧНОСТИ МАНИПУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.....	18
Горькавый А.И., Поздняков В.С. МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ С ГИБКО ИЗМЕНЯЕМОЙ СИСТЕМОЙ ОПТИМАЛЬНОГО АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	21
Дерюжкова Н.Е., Горохов А.В. ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ.....	24
Емельянов К.А., Кобозев Д.А., Черный С.П. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ.....	27
Жаныбаев Н.С., Попова В.С. О ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.....	31
Клопов А.Н., Муравьев Е.М., Заплутаев А.М. РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	33
Клопов А.Н., Федь Я.Ю., Савельев Д.О. СИСТЕМА ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ.....	36
Коробчук М.В., Саенко С.С., Веригин А.Н. СТРУКТУРА МЕХАТРОННЫХ УСТАНОВОК ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	39
Лебединский В.Е., Веппер Л.В. ПОГРУЖНОЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ С ЗАЗОРОМ С ФЕРРОМАГНИТНОЙ ЖИДКОСТЬЮ.....	42
Лепехина С.Ю., Сухоруков С.И., Громыко Г.А. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ ПЛАСТИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	44

Мешков А.С., Ненюк В.Ю. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ДВИГАТЕЛЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО ЭДС.....	48
Муравьев Е.М., Савельев Д.О., Черный С.П. ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАФИКА В ГОРОДЕ.....	53
Сбитнев Н.Р., Григореев Р.Д., Носаченко Р.А., Сухоруков С.И. СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА.....	55
Сбитнев Н.Р., Савельев Д.О. НАСТРОЙКА НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕССЕТОЧНОГО РАЗБИЕНИЯ.....	58
Семенецкий И.С., Савельев В.А. СИСТЕМА ОЦЕНКИ ПОЛОЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	61
Свиридович И.В., Логвин В.В. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	64
Соловьев В.А., Садовский Д.Д. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА ТРАКТА ТОПЛИВОПОДАЧИ.....	66
Соловьев В.А., Шелковников В.Ю., Ляпин В.В. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АСИНХРОНИЗИРОВАННОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА.....	69
Стельмашук С.В., Корендясов В.В. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ «НАСОС-СЕТЬ» ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСА.....	71
Стельмашук С.В. Салмин А.И. ТРАНСПОРТНЫЕ ТРУБЫ И ЭЛЕКТРОПРИВОД ТРУБ.....	74
Стельмашук С.В., Курбатов В.В. МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОВОРОТА БАШНИ КРАНА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИЕМ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	76
Стельмашук С.В., Пудов А.И. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГО-ВЯЗКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	80
Сухоруков С.И., Григореев Р.Д., Сбитнев Н.Р., Носаченко Р.А. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА.....	83
Сухоруков С.И., Лямин М.А. АНАЛИЗ СТАНДАРТНЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	86
Сухоруков С.И., Лямин М.А., Демидов И.А. ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ СТОЛКНОВЕНИЯ КОЛЛАБОРАТИВНОГО РОБОТА С ЧЕЛОВЕКОМ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	89
Сухоруков С.И., Носаченко Р.А., Григореев Р.Д., Сбитнев Н.Р. ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ДАТЧИКОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА.....	92

Сухоруков С.И., Овсянников А.Р. ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ СТРУКТУРЫ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ.....	95
Тодарев В.В., Бурачёнок И.Н. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД НАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА.....	99
Томских А.А., Савельев Д.О., Гудим А.С. ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА.....	101
Фаткуллина Л.Ф., Каляшина А.В. РАЗРАБОТКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КАК СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ПО ОСНОВАМ РОБОТОТЕХНИКИ.....	105
Хрульков В.Н, Иванова И.А. РАЗРАБОТКА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУЗОВ В ПРОСТРАНСТВЕ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА.....	109
Черный С.П. Духнов Н.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ МНОГОКАСКАДНОЙ СИСТЕМЫ С ДВУХЗОННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ.....	112
Черный С.П., Лямин М.А. РАСЧЁТ ИСТОЧНИКА НЕЗАВИСИМОГО ПИТАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ПЛАТФОРМЫ.....	116
Черный С.П., Лямин М.А., Милютин И.В. АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИЕЙ СОРТИРОВКИ ЗАГОТОВОК ПО ИХ ФИЗИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ.....	119
Черный С.П., Молокоедов М.А., Лямин М.А. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ РАЗВИТЫХ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ.....	122
Черный С.П., Облогин Д.Ю. ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТЫХ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ.....	125
Черный С.П., Охотников А.В. ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ ПРИ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ КРЕНАХ.....	128
Черный С.П., Сотников И.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТОЙ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ ПИРОЛИЗА ДРЕВЕСИНЫ.....	130
Шарифов Б.Н., Каримзода Ч.Х. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ С ВЕКТОРНОЙ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ.....	134
Шушарин Н.С., Савельев Д.О. ПОДВОДНЫЙ РОБОТ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ В ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЯХ.....	138
СЕКЦИЯ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ, ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ.....	141
Ашуров Б.К., Иванов С.Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	141

Белоусова С.А., Фролов А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ НАГРУЗКИ ВЫПРЯМИТЕЛЯ ОТ ЁМКОСТИ СГЛАЖИВАЮЩЕГО ФИЛЬТРА В СИМУЛЯТОРЕ SIMINTESCH.....	143
Бельский К.О., Иванов С.Н. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ЭКРАНИРОВАННОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	147
Бирюков А.Р., Шибeko P.В. ЗАЩИТА АЭРОДРОМОВ ОТ ПТИЦ.....	150
Бобков С.В., Кузьмин P.В. РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	152
Борисов М.И., Кузьмин P.В. СТРОИТЕЛЬСТВО ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ.....	155
Босхонджеев С.А., Копытов С.М. ЭКОНОМИЧНЫЙ ДИММИРУЕМЫЙ ДРАЙВЕР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫМИ СВЕТИЛЬНИКАМИ.....	157
Боцманов А.В., Фролов А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ SIMINTESCH ВЛИЯНИЯ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ ЦЕПИ НАГРУЗКИ ВЫПРЯМИТЕЛЯ НА МИНИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ.....	161
Бутко В.П., Кузьмин P.В. СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА В СОСТАВЕ МИКРОГЭС.....	164
Бутко В.П., Кузьмин P.В. БЕСПЛОТИННАЯ МИКРОГЭС ДЛЯ РАВНИННЫХ РЕК.....	167
Васильев В.В., Копытов С.М. СХЕМНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВИЗОРА НА БАЗЕ ПИРОМЕТРА.....	170
Васильев В.В., Круговой P.Н. ИМПУЛЬСНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРЯМОХОДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ.....	173
Дружинин В.А., Сухоруков С.И., Иванов С.Н. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ КРЫШИ ОТ СОСУЛЕК.....	177
Елистратова Л.А., Скрипилев А.А. ПОВЫШЕНИЕ СОСТОЯНИЯ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.....	180
Енилиев P.Р., Денисов Е.С. РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ЛИТИЕВОГО АККУМУЛЯТОРА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ РЕЛАКСАЦИОННОГО ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ.....	183
Епанчинов А.Н., Круговой P.Н. РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ НАГРУЗКИ.....	186
Ермилов А.О., Мешков А.С. АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ МАТЛАВ ПРИ РАСЧЕТЕ СИСТЕМ НА БАЗЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ.....	190

Ефремов М.А., Ким К.К., Иванов С.Н. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРИВОДА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	193
Иванов В.В., Сериков А.В., Чулибин А.А. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ТРАНСФОРМАТОРА.....	197
Извекова Э.Ф., Киба Д.А., Биткина А.А. ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИНЕРЦИАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО БЛОКА ДЕВИАЦИОННОЙ ПЛАТФОРМЫ.....	200
Ильченко Е.С., Любушкина Н.Н. РАЗРАБОТКА ЭКЗОСКЕЛЕТА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ С РЕКУПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ.....	203
Ислюмов И.И., Насуллов У.У. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАСЧЁТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧИСЛА ЧАСОВ СОЛНЕЧНЫХ ДНЕЙ.....	206
Кликно Д.Д., Буравлева М.Э., Иванов Н.Д., Гладышев А.Б. МОДУЛЬ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХКООРДИНАТНЫМ ОПОРНО-ПОВОРОТНЫМ УСТРОЙСТВОМ.....	210
Козырь Д.Р., Шибeko P.В. УСТРОЙСТВО МЯГКОГО ПУСКА КОРОТКОЗАМКНУТОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	213
Колесник М.Б., Ким К.К., Иванов С.Н. РАЗРАБОТКА ПРИВОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ.....	217
Куйругашев Д.М., Ким К.К., Иванов С.Н. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТОПЛИВНЫХ ГРАНУЛ.....	220
Липаткина А.А., Марущенко С.Г. АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ.....	223
Маланин Р.А., Круговой Р.Н. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И УСТРОЙСТВ КОРРЕКЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ.....	226
Нефедов Н.А., Шибeko P.В. КОНВЕЙЕРНЫЕ ВЕСЫ.....	231
Палков К.А., Кузьмин Р.В. ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА.....	233
Пухова А.И., Игнатенко И.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТА ВЕЛИЧИНЫ АВАРИЙНО-ДОПУСТИМЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗОК РАЗНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ.....	236
Реков С.С., Марущенко С.Г. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКОВ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ NATIONAL INSTRUMENTS.....	239
Рогатова Е.А., Фролов А.В. ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ПУЛЬСАЦИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ВЫПРЯМИТЕЛЯ ОТ ХАРАКТЕРА НАГРУЗКИ.....	242

Рубцов Н.Р., Янченко А.В. РАЗРАБОТКА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАДИАТОРОВ ОТОПЛЕНИЯ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ.....	245
Рябков М.В., Погуляев М.Н. ПРИМЕНЕНИЕ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ В УСТРОЙСТВЕ НАГРУЖЕНИЯ РЕЗЕРВНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЫХОДНОГО ТОКА.....	248
Самандари Асо, Азимов Х.Х., Иванов С.Н. ВЫРАВНИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ.....	250
Саяпина П.О., Ким К.К. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА.....	253
Секалин А.В., Алексеева Н.А. МЕТОДЫ БУРЕНИЯ БОКОВЫХ СТВОЛОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН.....	257
Семикаленный Д.В., Марущенко С.Г. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВЕЛОСИПЕДИСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ NI MYRIO.....	260
Середа Н.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ.....	263
Со Хтайк ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ.....	266
Сочнева П.К., Марущенко С.Г. СИСТЕМЫ СВЯЗИ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	270
Степаненко А.А., Сериков А.В. АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В СИЛОВОМ МАСЛЯНОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ С НАГРЕВАТЕЛЬНЫМ БЛОКОМ.....	273
Столяров А.А., Столярова С.В., Низий М.В., Скрипилев А.А. СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЧАСТКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	277
Суханова А.Н., Киба Д.А РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОДНОФАЗНОГО УПРАВЛЯЕМОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ В ПРОГРАММАХ MATLAB И SIMINTECH.....	280
Сырбу И.В., Иванов Д.В., Ким К.К. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	283
Тимохин П.А., Копытов С.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В СРЕДЕ LABVIEW.....	286
Троеглазов Е.Г., Недоедко А.О., Любушкина Н.Н. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ МАТРИЧНОГО ИНДИКАТОРА.....	289
Тураков И.А., Янченко А.В. ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬСТВА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ДАЛЬНОМ ВОСТОКЕ.....	292
Файзибаев Ш.С., Хисматулин М.И. ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ.....	295
Филимонов В.Е., Любушкина Н.Н. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ НИТРАТОВ.....	298

Цыкунова А.А., Сериков А.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА.....	301
Чирков Н.Н., Любушкина Н.Н. ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИММИРУЕМЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕЛЯХ.....	304
Штейнле П.М., Любушкина Н.Н. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА.....	307
Юманова Л.А., Денисов Е.С. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОРЕЗОНАНСНЫХ ДАТЧИКОВ.....	310
Ярошенко С.С., Шибeko P.В. ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ АППАРАТ.....	313
СЕКЦИЯ 3. УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ.....	316
Башков Д.А., Егорова В.П. ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ».....	316
Болдырев В.В., Мурзин Н.А. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗАКАЗЧИКА И ИСПОЛНИТЕЛЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ.....	319
Болдырев В.В., Рудов А.В. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ РАСПОЗНОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПРОЕКТА ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗАКАЗЧИКА И ИСПОЛНИТЕЛЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ.....	321
Болдырев В.В., Самар К.А. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЛИДОГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТА ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗАКАЗЧИКА И ИСПОЛНИТЕЛЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА БАЗЕ СЕТЕВОГО РЕСУРСА.....	325
Буровская О.М., Горькавый М.А., Горькавый А.И. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В СОЦИО-КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ.....	328
Ворощенко В.Д., Горькавый М.А., Горькавый А.И. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ КОЛЛАБОРАТИВНЫМ РОБОТОМ В РАМКАХ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	333
Воскобойникова А.А., Зайченко И.В. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГЕКТАР» В ЦЕЛЯХ СТИМУЛИРОВАНИЯ ЭКО-ФЕРМЕРСКОГО ДВИЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ.....	336
Горькавый А.И., Берх А.В., Кузнецова А.А., Горькавый М.А. ОПТИМАЛЬНЫЙ ПИД-РЕГУЛЯТОР В СТРУКТУРЕ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	339
Горькавый А.И., Кузнецов А.А., Баталова О.С., Горькавый М.А. ОПТИМАЛЬНО-МОДАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР В МЕХАТРОННОМ МОДУЛЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	342

Гнатик Д.Е., Пугачева А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	345
Грабарь Д.М., Иванов Ю.С. УПРАВЛЕНИЕ КОЛЛАБОРАТИВНЫМ РОБОТОМ ПОСРЕДСТВОМ ГОЛОСОВОГО УПРАВЛЕНИЯ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	348
Грачев Р.А., Пугачева А.И. АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СЕКТОРА.....	352
Гресева М.А., Егорова В.П., Грабарь Д.М. СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ В ЗАДАЧАХ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА.....	355
Дмитриева Е.А., Прохоров К.К., Бажеряну В.В., Сизинцева А.С. ОТСЛЕЖИВАНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО КЛИМАТА В КОЛЛЕКТИВЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИИ.....	358
Долгов Н.В., Егорова В.П. СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРОГРАММИРОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА.....	360
Егорова В.П., Трегубов Е.А. СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРОВЕРКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА.....	362
Егорова В.П., Юрганова Д.С., Грабарь Д.М. СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ В ЗАДАЧАХ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА В РОБОТИЗИРОВАННОМ ПРОЦЕССЕ.....	364
Ильченко В.Ю., Соколова В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	367
Куделько А.Р., Маслов В.И. ИННОВАЦИОННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ С ПОДСИСТЕМОЙ РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ ПО ПОТРЕБЛЁННЫМ КОММУНАЛЬНЫМ РЕСУРСАМ.....	369
Куптлеуова К.Т., Нафикова Н.Ф., Лукманова А.А., Мукамбетжан Д.Н. ОСВЕЩЕНИЕ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ И ПЕШЕХОДНЫХ ДОРОЖЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ.....	373
Кучеров В.А., Куделько А.Р., Пугачева А.И. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА.....	377
Мандрик А.В, Голубев С.А. НАСТРОЙКА ТРЕКЕРА ЗАДАЧ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ.....	381
Маркова В.Е., Куделько А.Р. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ, НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТОР «СВОБОДНЫЙ».....	383
Печатнова С.К., Горькавый А.И., Корневцев С.К., Горькавый М.А. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСТРОЕК МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	386

Прокофьев Г.И., Шубин Р.В. ПЛАТФОРМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СИНТЕЗА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ ОРГАНИЗАЦИИ.....	389
Прохоров К.К., Зайченко И.В. РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ СОТРУДНИКА.....	393
Рыбакова К.В., Соколова В.С. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ.....	396
Сизинцева А.С., Бажеряну В.В., Ильченко В.Ю., Севостьянов И.В., Сафарова Н.Ш. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	398
Сизинцева А.С., Бажеряну В.В., Ильченко В.Ю., Рыбакова К.В. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ МИРОВОГО ХОЗЯЙСТВА.....	402
Терешков В.О. «НС» КАК КРИТЕРИЙ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ИГРОВЫХ ПЛОЩАДОК.....	405
Хохлова Д.А., Прохоров К.К., Бажеряну В.В., Зайченко И.В. СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СЕРВИСЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ.....	408
Щербаков А.М., Горькавый М.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТРАЕКТОРИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РОБОТА.....	411

Научное издание

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО:
ОТ СОЗДАНИЯ К ВНЕДРЕНИЮ**

Часть 1

Материалы VI Международной научно-практической конференции
молодых ученых Комсомольск-на-Амуре, 5-11 декабря 2022 г.

Ответственный редактор С. И. Сухоруков

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 11.01.2023.

Формат 60×84 1/16. Бумага 65 г/м². Ризограф RISO EZ 570E.
Усл. печ. л. 24,70. Уч.-изд. л. 24,00. Тираж 22 экз. Заказ 30765.

Полиграфическая лаборатория
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.