

**МОЛОДЕЖЬ И НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Часть 2

Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апреля 2021 г.



Комсомольск-на-Амуре
2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

**МОЛОДЕЖЬ И НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Часть 2

Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апреля 2021 г.

Комсомольск-на-Амуре
2021

УДК 001
ББК 95.4
М754

Рецензент – В. М. Козин, главный научный сотрудник,
доктор технических наук, профессор
(Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН)

Редакционная коллегия:

Э. А. Дмитриев, доктор технических наук, отв. ред.;
А. В. Космынин, доктор технических наук, профессор, зам. отв. ред.
(г. Комсомольск-на-Амуре, КнАГУ)

**Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных
и прикладных исследований** : материалы IV Всерос. нац. науч.
конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-
Амуре, 12-16 апреля 2021 г. : в 4 частях / редкол. : Э. А. Дмитриев
(отв. ред.), А. В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-
Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – Ч. 2. – 382 с.

ISBN 978-5-7765-1478-4 (Ч. 2)
ISBN 978-5-7765-1476-0

Материалы сборника посвящены актуальным проблемам развития науки и техники.

Приводимые материалы могут быть полезны преподавателям вузов, руководителям предприятий, а также студентам и аспирантам.

Материалы публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

УДК 001
ББК 95.4

ISBN 978-5-7765-1478-4 (Ч. 2)
ISBN 978-5-7765-1476-0

© ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021

СЕКЦИЯ

**АВТОМАТИКА, ЭЛЕКТРОПРИВОД
И РОБОТОТЕХНИКА**

УДК 681.5

Автомонов Сергей Александрович, студент; Avtomonov Sergey Aleksandrovich
Стельмашук Сергей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент;
Stelmashchuk Sergey Valerievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

WINDUP-ЯВЛЕНИЯ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

WINDUP-PHENOMENA AND METHODS OF THEIR ELIMINATION

Аннотация. В данной статье дано определение виндап-эффекта и рассмотрены основные способы AW-коррекции.

Abstract. In this article, the definition of the windup effect is given and the main methods of AW correction are considered.

Ключевые слова: анти-виндап, система управления.

Keywords: anti - windup, control system.

Введение

Для того чтобы получить представление о сути виндап-эффекта, обратимся к общей теории автоматического управления. Классическая система автоматического управления (САУ) представлена на рисунке 1:

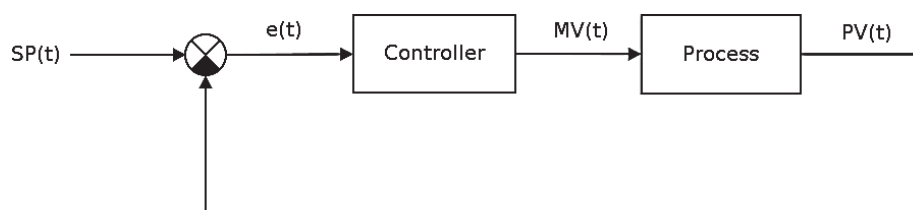


Рисунок 1 – классическая система автоматического управления

Ключевым элементом САУ является регулятор Controller, представляющий устройство, которое следит за состоянием объекта управления Process и обеспечивает требуемый закон управления. Процесс управления включает в себя: вычисление ошибки управления или сигнала рассогласования $e(t)$ как разницы между уставкой (set point или SP) и текущей величиной процесса (process value или PV), после чего регулятор вырабатывает управляющие сигналы (manipulated value или MV) [1].

Одной из разновидностью регуляторов является пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор, который формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых: пропорционального, интегрального и дифференциального.

Рассмотрим интегральную составляющую, которая накапливает (интегрирует) ошибку регулирования, что позволяет ПИД-регулятору устранять статическую ошибку. Ключевым недостатком интегрального закона управления является эффект насыщения интегратора, который приводит к различным нежелательным последствиям.

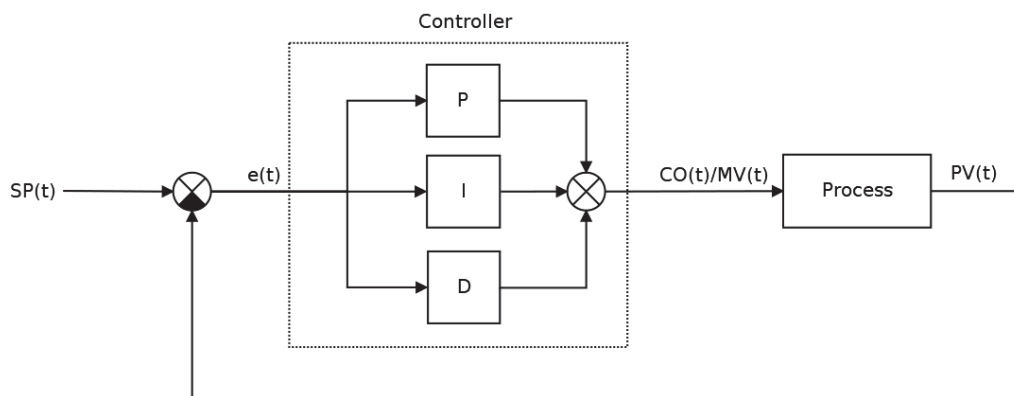


Рисунок 2 – схема САУ с ПИД регулятором

Возникновение нежелательных ситуаций видно при описании системы управления с объектом управления в виде «чистого» интегратора с ограничением типа насыщения по входу, охваченного отрицательной обратной связью с ПИ- или ПИД-регулятором. В этом случае, ошибка управления интегрируется регулятором, но при больших рассогласованиях она не может варьироваться из-за наличия насыщения. Это приводит к появлению колебательных процессов с максимально возможной амплитудой на входе объекта. В англоязычной литературе это нежелательное явление получило название «виндап» (от англ. «wind up» – заводить, приводить в возбужденное состояние). Способы устранения виндап-явления называются «антивиндап» (англ. anti-windup, AW) [2].

Способы AW-коррекции.

Одна из первых попыток теоретического обоснования известных к тому времени методов подавления возбуждения интегратора в регуляторе при насыщении управляющего воздействия представлена в работе [5]. Основная идея подавления возбуждения интегратора заключалась в ограничении выходного сигнала линейного регулятора с помощью дополнительных обратных связей так, чтобы переменная не выходила за заданные пределы. С этой целью использовались нелинейные сумматоры, умножители, или селекторы минимального и максимального значений.

Среди современных методов AW-коррекции можно выделить следующие виды: условная интеграция (Conditional integration), метод обратного расчета (Back-calculation), инкрементальный алгоритм (incremental algorithm) и наблюдательный подход (Observer approach) [2].

Метод условной интеграции заключается в том, что если сигнал управления достигает предельного значения, интегратор отключается и интегрирование останавливается [4]. Этот метод прост в реализации, но достаточно трудно определить момент переключения. Это приводит к низкой надежности системы. Если время переключения выбрано некорректно, то это может вызвать разбалансировку системы и выход ее из строя.

Метод обратного расчета заключается в том, что из входа интегратора вычитается сигнал, который поступает с блока компенсации насыщения, делая разницу между выходом управляющего устройства и ограниченным входом установки в качестве отрицательной обратной связи для сдерживания АW-эффекта [3].

Преимущество метода обратного расчета заключается в том, что конструкция компенсатора проще, а компенсационная конструкция имеет более высокую надежность. Для использования данного метода необходима настройка только одного параметра – постоянной времени компенсатора. Однако этот метод относится только к ПИД – регулированию.

Метод инкрементного алгоритма заключается в вычислении управляющего приращения $\Delta MV(kT)$ на каждом периоде дискретизации и добавлении к предыдущему управляющему сигналу $MV((k-1)T)$ только той величины, которая не насыщает объект:

$$MV(kT) = MV((k-1)T) + \Delta MV(kT).$$

Добавление $\Delta MV(kT)$ не осуществляется, если новое значение $MV(kT)$ не приводит к нарушению границ насыщения [4].

Подход наблюдателя является наиболее общим и не требует какой-либо настройки дополнительных параметров [4]. Он наиболее применим к одномерным системам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Лазарева Т. Я., Мартемьянов Ю. Ф. Основы теории автоматического управления: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. И доп. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. 352 с.

2 Г.А. Леонов, Б.Р. Андриевский, Н.В. Кузнецов, А.Ю. Погромский. Управление летательными аппаратами с АW-коррекцией. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ И ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ N 3, 2012 Электронный журнал, рег. Эл. N ФС77-39410 от 15.04.2010 ISSN 1817-2172

3 YANG Ming, NIU Li, XU Dian-guo, A Novel Piecewise Anti-Windup Design for Speed. Loop PI Controller of PMSM Servo System. 15th International Power Electronics and Motion Control Conference, EPE-PEMC 2012 ECCE Europe, Novi Sad, Serbia

4 Alberto Bemporad Optimal control and estimation, University of Trento, Academic year 2010-2011

5 A. Glattfelder and W.Scaufelberger, “Stability analysis of single loop control systems with saturation and antireset-windup circuits,” IEEE Trans. Automat. Contr., vol. 28, no. 12, pp. 1074–1081, Dec. 1983.

УДК 681.5.042

Азимов Хурсандмурод Хакимович, студент;

Azimov Khursandmurod Hakimovich

Мешков Александр Сергеевич, канд. техн. наук, доцент;

Meshkov Alexander Sergeevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЯНУЩЕ-ПРАВИЛЬНОЙ МАШИНЫ

SIMULATION OF THE ELECTRIC DRIVE OF A PULL-RIGHT MACHINE

Аннотация. В статье представлено усовершенствование подхода к настройке контура скорости частотного электропривода со скалярным управлением, для использования в усовершенствованном методе настройки на модульный оптимум, рассматриваемый в известных источниках. Математические модели использованы в среде MATLAB Simulink, представлены графики переходных процессов.

Abstract. The article presents an improvement of the approach to tuning the speed loop of a frequency electric drive with scalar control, for use in an improved method of tuning to the modular optimum, considered in well-known sources. Mathematical models are used in the MATLAB Simulink environment, and graphs of transients are presented.

Ключевые слова: частотный электропривод, скалярного управления.

Keywords: frequency electric drive, scalar control.

В большинстве отечественных и зарубежных систем машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) для привода тянуще-правильных машин все чаще внедряются асинхронные электроприводы на базе скалярной системы управления [2].

Принцип скалярного управления частотного асинхронного электропривода основывается на процессе регулирования частоты питающей сети и текущих значений модулей координат двигателя (напряжений, магнитных потоков, потокосцеплений и токов).

Выбор применения конкретных методов и принципов управления зависит от динамических и статических, а также энергетических требований к асинхронному электроприводу [1].

Для моделирования электропривода тянуще-правильной машины примем за основу структурную схему системы «Частотный преобразователь – асинхронный двигатель (АД) с обратной связью по скорости», которая представлена на рис.1 [1].

Метод настройки на приведённой схеме определяет выходную частоту ПЧ, а величина напряжения настраивается по закону функционального преобразователя (ФП).

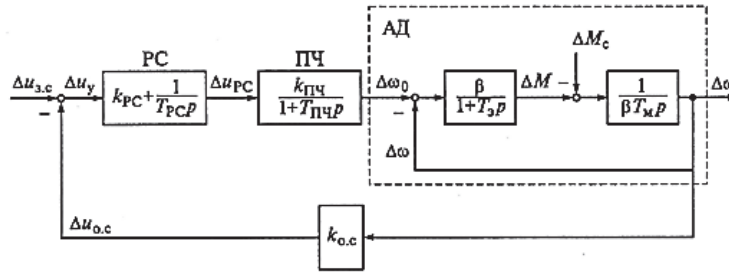


Рисунок 1 – Структурная схема системы скалярного управления частотного электропривода

В данной схеме $\Delta u_{з.с}$ – сигнал задания скорости, Δu_y – напряжение управления на РС – регулятор скорости, $k_{рс}$ – коэффициент передачи РС, $T_{рс}$ – постоянная времени РС, определяемая по формуле 11, $\Delta u_{рс}$ – напряжение на входе ПЧ, $k_{пч}$ – коэффициент передачи ПЧ, $T_{пч}$ – постоянная времени преобразователя частоты (принимается равной $= 0,007$ с), β – модуль жёсткости механической характеристики АД, $T_э$ – электромагнитная постоянная времени двигателя, ΔM_c – статическая нагрузка на валу двигателя, T_m – электромеханическая постоянная времени двигателя и $k_{ос}$ – коэффициент обратной связи по скорости, определяемый по формуле 6 [1].

В рамках моделирования системы выбран асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии 4А100С2У3. Двигатель предназначен для работы от трехфазной сети переменного тока частотой 50 Гц. Номинальные параметры двигателя: мощность 4 кВт, $\cos\phi$ (до 0,89), напряжение от 220 до 660 В, скорость 3000 об / мин.

Будем считать, что система работает с активным и реактивным моментом на валу двигателя, регулирование скорости будет происходить вниз от номинального значения ($f_{max} = f_n$).

Коэффициент передачи преобразователя частоты определяется:

$$k_{пч} = \Delta\omega_0 / \Delta u_{рс} = 2 \cdot \pi \cdot \Delta f_1 / p_n \cdot \Delta u_{рс}; \quad (1)$$

где Δf_1 – частота питающей сети.

Модуль жесткости механической характеристики АД может быть определен:

$$\beta = 2 \cdot M_{крит} / \omega_{0ном} \cdot s_{крит}; \quad (2)$$

где $M_{крит}$ – критический момент АД; $\omega_{0ном}$ – номинальная угловая частота вращения поля статора, c^{-1} ; $s_{крит}$ – критическое скольжение.

Электромеханическая постоянная времени двигателя:

$$T_m = J_{пр} / \beta; \quad (3)$$

где $J_{пр}$ – момент инерции электропривода;

Электромагнитная постоянная времени двигателя:

$$T_э = 1 / \omega_{0эл.ном} \cdot s_{крит}; \quad (4)$$

где $\omega_{0эл.ном}$ – угловая скорость АД (рад/с) при его номинальной мощности частотой $f_{1ном}$ Гц.

Передаточная функция обратной связи по частоте вращения двигателя представляет собой пропорциональное звено:

$$W_{oc}(p) = \Delta u_{oc} / \Delta \omega = k_{oc}; \quad (5)$$

Коэффициент передачи обратной связи по скорости определяется отношением:

$$k_{oc} = u_{3.c.max} / \omega_{ном}; \quad (6)$$

где $\omega_{ном}$ – номинальная скорость АД; $u_{3.c.max}$ – максимальное напряжение задания ($u_{3.c.max} = 10$).

Передаточная функция регулятора скорости имеет вид ПИ-регулятора:

$$W_{pc}(p) = \Delta u_{pc} / \Delta u_y = k_{pc} + 1/T_{pc} \cdot p; \quad (7)$$

В данной структурной схеме системы ПЧ-АД, его передаточная функция по отношению к отклонению $\Delta \omega_0$ имеет вид:

$$W_d(p) = \Delta \omega / \Delta \omega_0 = 1/T_3 \cdot T_M \cdot p^2 + T_M \cdot p + 1; \quad (8)$$

При $T_M \geq 4 \cdot T_3$

$$W_d(p) = 1/(T_{01} \cdot p + 1) \cdot (T_{02} \cdot p + 1); \quad (9)$$

где

$$T_{01} = 2 \cdot T_3 / \sqrt{1 - (4 \cdot T_3 / T_M) + 1}; \quad T_{02} = 2 \cdot T_3 / \sqrt{1 - (4 \cdot T_3 / T_M) - 1}; \quad (10)$$

Если принять постоянные времени T_{01} и $T_{пч}$ за малые некомпенсированные постоянные времени, а также оценивать влияние этих постоянных времени через $T_\mu = T_{02} + T_{пч}$, то в таком случае при настройке системы на модульный оптимум параметры ПИ – регулятора скорости могут быть рассчитаны: [1].

$$T_{pc} = k_{oc} \cdot k_{пч} \cdot a_\mu \cdot T_\mu; \quad k_{pc} = T_{02} / T_{pc}; \quad (11)$$

Принимаем коэффициент $a_\mu = 2$ (для модульного оптимума).

Произведем моделирование такой системы регулирования в среде MATLAB и проанализируем полученные переходные процессы скорости и момента электропривода. Структурная схема электропривода, разработанная в пакете Simulink представлена на рис. 2. [3]:

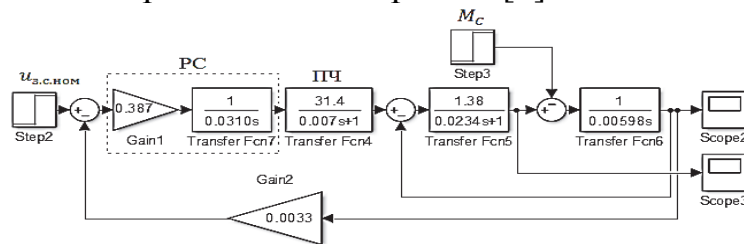


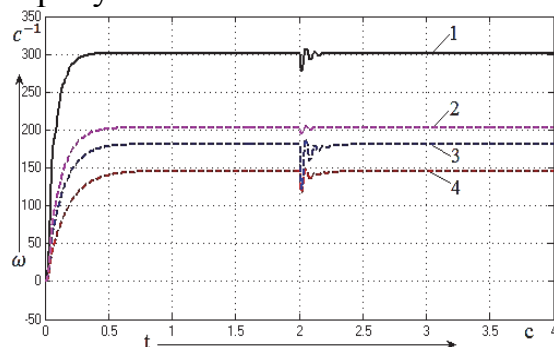
Рисунок 2 – Структурная схема системы ПЧ – АД с обратной связью по скорости в Simulink MATLAB

В процессе работы тянуще-правильной машины можно выделить 4 основных режима работы:

– Режим при номинальной нагрузке (характеризуется тем, что заготовка уже поступила в кристаллизатор, привод тянуще-правильной машины захватил заготовку и транспортирует ее).

- Режим при заведении затравки (доставка затравки к кристаллизатору, для начала процесса разливки).
- Режим при максимальной нагрузке (работа в условиях длительных повышенных нагрузок).
- Режим при минимальной нагрузке (работа при отсутствии нагрузки).

Графики переходных процессов скорости электропривода представлены на рисунке 3. Графики переходных процессов момента электропривода представлены на рисунке 4.



- 1 – График переходного процесса скорости при номинальной нагрузке;
- 2 – График переходного процесса скорости при заведении затравки;
- 3 – График переходного процесса скорости при максимальной нагрузке;
- 4 – График переходного процесса скорости при минимальной нагрузке;

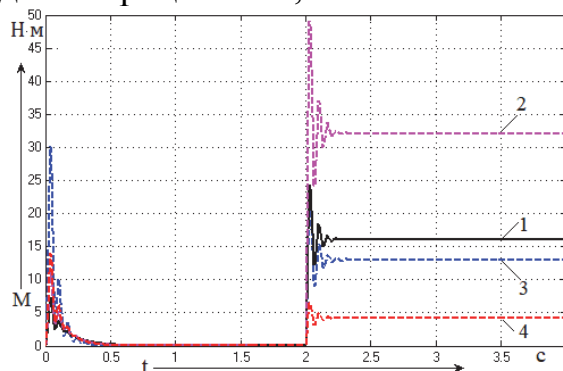
Рисунок 3 – Переходный процесс скорости замкнутой системы скалярного управления ПЧ – АД

Полученные графики скорости характеризуются следующими качественными показателями:

Перерегулирование составляет – не более 5%;

Время установившегося скорость - 0,384 сек.;

Время переходного процесса - 0,7 сек.



- 1 – График момента при номинальной нагрузке;
- 2 – График момента при максимальной нагрузке;
- 3 – График момента при минимальной нагрузке;
- 4 – График момента при заведении затравки;

Рисунок 4 – Переходные процессы момента двигателя

Таким образом, нами получена модель, с помощью которой можно исследовать работу электропривода тянущей машины МНЛЗ в разных ре-

жимах работы. С использованием этого можно оптимизировать работу комплекса в разных условиях: получить максимальную скорость при задании качества на выходе заготовки, а именно оптимизировать работу по разливке разных видов стали.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Терехов, В. М. Система управления электроприводов / В. М. Терехов. – М.: Машиностроение, 2005. – 299 с.
- 2 Электропривод машин непрерывного литья заготовок. Марголин Ш.М. - М.: Металлургия, 1987, 279с - (с. 71 - 73).
- 3 Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / И.В. Черных. – СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
- 4 Сандлер А.С., Сарбатов Р.С. Частотное управление асинхронным двигателями. М: Энергия, 1966. 144 с.
- 5 Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. Л.: Энергоиздат, 1982. - 334 с.
- 6 Бурулько Л.К. Математическое моделирование частотно-регулируемых электроприводов. / Л.К. Бурулько, Л.А. Паюк // Известия томского политехнического университета. – 2006. - №2. – с. 200-203.

УДК 62-531.6

Берх Александр Владимирович, студент; Berkh Alexander Vladimirovich
Горькавый Александр Иванович, канд. техн. наук, доцент;
Gorkavy Aleksandr Ivanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ФОРМИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМ МОДУЛЕМ

FORMATION OF DESIGN TOOLS FOR EFFECTIVE MECHATRONIC MODULE CONTROL SYSTEMS

Аннотация. В работе рассматриваются элементы формирования высокоэффективных систем управления мехатронными модулями промышленных роботов и робототехнических систем с возможностью дальнейшей алгоритмизации проектирования на основе принципов модального управления.
Abstract. The paper considers the elements of the formation of highly efficient control systems for mechatronic modules of industrial robots and robotic systems with the possibility of further algorithmization of design based on the principles of modal control.

Ключевые слова: электропривод, мехатронный модуль, модальный ПИД-регулятор, быстродействие.

Keywords: electric drive, mechatronic module, modal PID controller, speed.

Повышение производительности и качества функционирования роботизированных технологических комплексов является одним из требований при формировании структур управления мехатронными модулями. Один из вариантов синтеза систем предложен в работе [0], который формирует пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор, который формирует эффективное функционирование систем управления.

В представленной работе показан вариант синтеза системы управления мехатронным модулем на основе модального управления с возможностью формирования различных динамических и статических характеристик в астатической системе четвертого порядка. Данный метод позволяет в перспективе алгоритмизировать процесс настройки регуляторов, что в свою очередь повышает эффективность функционирования мехатронных модулей.

В качестве примера системы представлен двигатель постоянного тока мехатронного модуля с модальным пропорционально-интегрально-дифференциальным регулятором.

Матрицы системы с модальным ПИД-регулятором [Рисунок 1] имеют вид:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & \frac{R}{c \cdot T_{эм}} & 0 & 0 \\ \frac{c}{R \cdot T_{я}} & -\frac{1}{T_{я}} & \frac{1}{R \cdot T_{я}} & 0 \\ \frac{k_{ин} \cdot f_1}{T_{ин}} & \frac{k_{ин} \cdot \left(f_2 - \frac{k_d \cdot R}{c \cdot T_{эм}}\right)}{T_{ин}} & -\frac{1 + f_3 \cdot k_{ин}}{T_{ин}} & \frac{k_{ин}}{T_{ин}} \\ -f_4 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad Bu = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{k_d \cdot k_{ин}}{T_{ин} \cdot R \cdot T_{я}} \\ \frac{k_{ин} \cdot k_{ин}}{T_{ин}} - \frac{k_d \cdot k_{ин} \cdot (1 + f_3 \cdot k_{ин})}{(T_{ин})^2} \\ f_4 \end{bmatrix} \quad C = [1 \ 0 \ 0 \ 0]$$

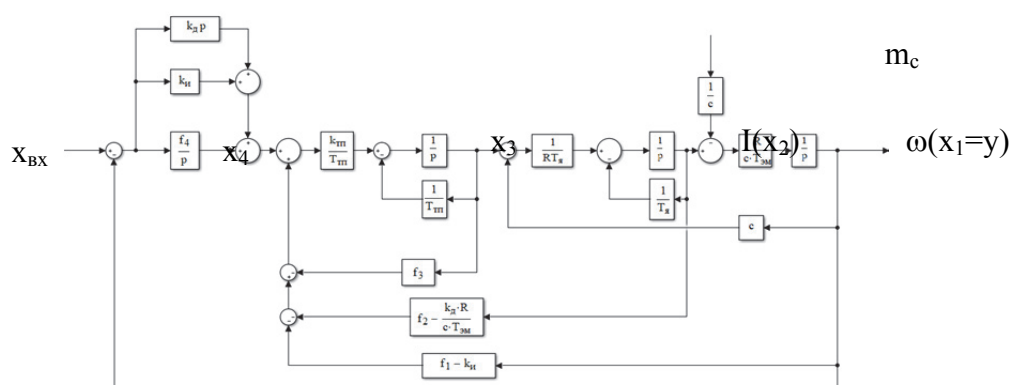


Рисунок 1 - Структурная схема электропривода мехатронного модуля с модальным ПИД-регулятором

Произведя настройку динамики системы на биномиальную форму [0] четвертого порядка и произведя сокращение нулей и полюсов определяется передаточная функция системы (1):

$$\frac{y(p)}{x_{\text{вх}}(p)} = C(pI - A)^{-1}Bu = \frac{k_d k_{\text{тп}}}{T_{\text{тп}} T_{\text{я}} T_{\text{эм}} R c} \frac{1}{(p + \omega_0)^2} \quad (1)$$

После настройки регулятора производим моделирования системы [Рисунок 1]

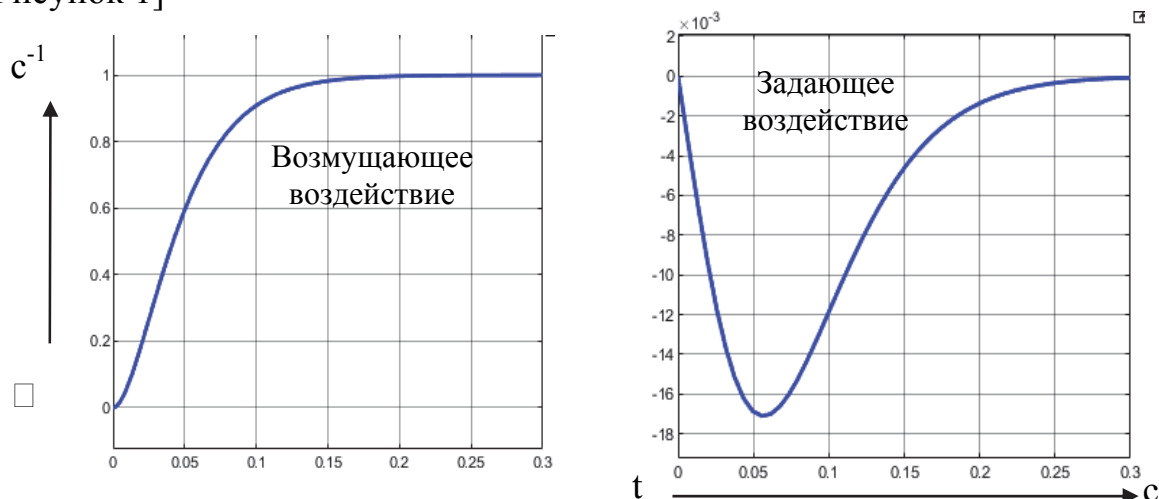


Рисунок 2 - переходные характеристики мехатронного модуля с модальным ПИД-регулятором

Графики переходных процессов показывают, что предложенный инструмент синтеза позволяет формировать желаемые динамические и статические характеристики системы. Анализируя передаточную функцию (1) синтезированной системы и переходные характеристики [Рисунок 2] можно отметить основное преимущество предложенной методики – астатическая система четвертого порядка имеет передаточную функцию и переходную характеристику по задающему воздействию, соответствующую системе второго порядка, что позволяет значительно повысить точность функционирования в следящем режиме работы системы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

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.

УДК 681.5

Герасимов Владислав Романович, студент; Gerasimov Vladislav Romanovich

Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент;

Egorov Vladislav Alekseevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРТОВ ВВОДА/ВЫВОДА ОДНОКРИСТАЛЬНОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32F407 ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

USING STM32F407 SINGLE CRYSTAL MICROCONTROLLER INPUT / OUTPUT PORTS FOR PROCESS EQUIPMENT CONTROL

Аннотация. Приводится краткое описание портов ввода / вывода микроконтроллера STM32F407, пример использования портов ввода / вывода для управления технологическим оборудованием.

Abstract. A brief description of the input / output ports of the STM32F407 microcontroller is given, an example of using the input / output ports for controlling technological equipment.

Ключевые слова: регистры, порты ввода/вывода, микроконтроллер, STM32F407.

Keywords: registers, I/O ports, microcontroller, STM32F407.

Порты ввода/вывода (GPIO) — это неотъемлемая часть любого микроконтроллера, независимо от его архитектуры. Они предназначены для ввода исходных данных в контроллер и вывода результатов вычислений наружу. Таким образом, порты ввода/вывода являются мостом между контроллером и внешним миром.

В микроконтроллерах STM32 порты 16-разрядные. В модели STM32F407VG их 5. Обозначаются они буквами от А до Е: PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, PORTE.

Порты могут быть сконфигурированы на ввод или вывод. Если порт настроен на ввод данных, возможны следующие режимы: - аналоговый вход; - цифровой вход.

Если порт настроен на вывод данных, то необходимо задать: - максимальное быстродействие (2, 25, 50 и 100 MHz); - режим выхода.

Режим выхода может быть следующим: - двухтактный выход общего назначения; - выход с открытым стоком общего назначения; - двухтактный выход с альтернативной функцией; - выход с альтернативной функцией с открытым стоком.

Для конфигурирования портов и работы с ними на каждый порт выделено по десять 32-х разрядных регистров: GPIOx_MODER- задание ре-

жимов работы каждого вывода порта; GPIOx_OTYPER – задание типа выхода; GPIOx_OSPEEDR - задание скорости передачи через порт; GPIOx_PUPDR - задание подключения подтягивающих резисторов; GPIOx_IDR – регистр чтения входных линий порта; GPIOx_ODR - регистр записи в порт; GPIOx_BSRR- атомарное управление выходами; GPIOx_LCKR - блокировка выбранной конфигурации порта; GPIOx_AFRH и GPIOx_AFRL – регистры управления альтернативными функциями линий ввода/вывода микроконтроллера; Подробное описание назначения битов управляющих регистров, описанных выше, приведено в [1], [3].

Пример использования портов ввода / вывода для управления технологическим оборудованием:

; STM32F4-Assembler I/O ports project

AREA |.text|, CODE, READONLY

; Объявление констант

RCC_AHB1ENR EQU 0x40023830

RCC_AHB1ENR_GPIODEN EQU 0x00000008 ; 3 бит

GPIO_BASE EQU 0x40020C00

GPIO_MODER_OFFSET EQU 0x00000000

GPIO_MODER_MODER12_0 EQU 0x01000000

GPIO_PUPDR_OFFSET EQU 0x0000000C

GPIO_PUPDR_PUPDR12_0 EQU 0x01000000

GPIO_BSRR_OFFSET EQU 0x00000018

GPIO_BSRRH_OFFSET EQU 0x0000001A

DELAY_COUNTER EQU 0x001E8480 ; 2000000UL

GPIO_BSSR_PIN12 EQU 0x00001000 ; 12 бит

; Инициализация МК

EXPORT SystemInit

SystemInit PROC

BX LR ; Выход

ENDP

;Подпрограмма задержки

;R0 - величина задержки

delay PROC

SUBS R0, R0, #1 ; Вычитание единицы

BNE delay ; Возврат к началу, пока не ноль

BX LR

ENDP

;Главная программа

EXPORT __main

__main PROC

NOP

; Включение тактирования порта D

LDR R0, =RCC_AHB1ENR; Загрузка в регистр R0 адреса регистра RCC_AHB1ENR

LDR R1, [R0] ; Чтение в регистр R1 содержимого регистра RCC_AHB1ENR

ORR R1, R1, #RCC_AHB1ENR_GPIODEN; Установка бита тактирования порта D

STR R1, [R0] ; Запись содержимого R1 в память по адресу RCC_AHB1ENR

;Установка режимов работы порта D

LDR R0, =GPIO_BASE ; Загрузить в R0 базовый адрес порта D

```

LDR R1, [R0, #GPIO_MODER_OFFSET] ;Чтение содерж. GPIO_MODER в R1
ORR R1, R1, #GPIO_MODER_MODER12_0; Установка режима GPIOD_12 на вывод
STR R1, [R0, #GPIO_MODER_OFFSET] ; Запись содерж. R1 в GPIO_MODER
; Подтягивание к плюсу линии GPIOD_12
LDR R0, =GPIOD_BASE; Загрузить в R0 базовый адрес порта D
LDR R1, [R0, #GPIO_PUPDR_OFFSET] ;Чтение содерж. GPIO_PUPDR в R1
ORR R1, R1, #GPIO_PUPDR_PUPDR12_0; Установка необходимого бита для линии 12
STR R1, [R0, #GPIO_PUPDR_OFFSET] ; Запись содерж. R1 в GPIO_PUPDR

LDR R1, =GPIOD_BASE; Запись адреса GPIOD в регистр R1
LDR R2, =DELAY_COUNTER; Запись в регистр R2 величины задержки

```

```

__mainloop
MOV R4, #GPIO_BSSR_PIN12
STR R4, [R1, #GPIO_BSRR_L_OFFSET] ; Включение линии 12
MOV R0, R2; Задержка
BL delay
STR R4, [R1, #GPIO_BSRR_H_OFFSET] ; Выключение линии 12
MOV R0, R2 ; Задержка
BL delay
B __mainloop; Возврат на метку __mainloop
ENDP
END

```

Как следует из примера, алгоритм использования портов ввода / вывода для управления технологическим оборудованием состоит в следующем: инициализировать МК; включить тактирование порта; установить режимы работы порта (направление передачи, тип выхода, подтягивание и др.); управлять логическим уровнем линии в соответствии с заданным алгоритмом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 RM0090. Справочное руководство по использованию 32 битных микроконтроллеров STM32F405/415, STM32F407/417, STM32F427/437, STM32F429/439, их памяти и периферийных устройств. – 2016. – 1748 с.

2 Козаченко, В.Ф. Практический курс микропроцессорной техники на базе процессорных ядер ARM-Cortex-M3/M4/M4F: учебное пособие / В.Ф. Козаченко, Д.И. Алямкин, А.С. Анучин [и др.] – Москва : Издательство МЭИ, 2019 – 543 с.

3 Егоров, В.А. Основы микропроцессорной техники: учебное пособие / В.А. Егоров. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2017. – 137 с.

УДК 681.5

Громыко Глеб Аркадьевич, студент; Gromyko Gleb Arkadievich

Гурьянов Илья Дмитриевич, студент; Guryanov Ilya Dmitrievich

Сухоруков Сергей Иванович, канд. техн. наук; Sukhorukov Sergei Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСЕКЦИОННЫМ ТЕРМОСТОЛОМ ДЛЯ 3Д-ПЕЧАТИ

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR A MULTI-SECTION THERMOTABLE FOR 3D PRINTING

Аннотация. Данная работа посвящена разработке системы управления многосекционным термостолом для комплекса трехмерной печати. В ходе работы была описана существующая проблема и рассмотрено решение данной проблемы, была разработана конфигурация и функциональная схема системы управления с подбором оборудования.

Abstract. This work is devoted to the development of a multi-section control system for a three-dimensional printing complex thermotable. In the course of the work has been described problem and the solution to this problem was developed by configuration and functional diagram of the control system equipment selection.

Ключевые слова: роботизированный комплекс, 3D печать, термостол, система управления.

Keywords: robotic complex, 3D printing, thermotable, control system.

На сегодняшний день самой распространенной технологией трехмерной печати является технология послойного наплавления. В данной технологии для изготовления модели печатающий материал расплавляется в экструдере и при помощи печатающей головки послойно по координатам наносится в виде необходимой конфигурации. В технологиях трехмерной печати, использующих пластики, одним из особенностей является то, что печать осуществляется на поверхности с подогревом (термостол) [1]. Это необходимо для снижения рисков деформации и отрыва заготовки в результате усадки материала.

На сегодняшний день трехмерные принтеры имеют ограниченную область печати. Габариты настольных моделей обычно составляют около $200 \times 200 \times 200$ мм, габариты промышленных моделей могут достигать $1000 \times 1000 \times 1000$ мм. Кроме того, сегодня печать ведется вертикально расположенным экструдером, что приводит к необходимости печатать поддерживающие конструкции для нависающих элементов модели.

Для того чтобы расширить область печати и обеспечить возможность печати под различными углами сегодня в мире разрабатываются комплексы трехмерной печати на базе промышленных роботов-манипуляторов. Такой подход к построению механики комплекса трехмерной печати позволяет значительно расширить зону печати (радиус рабочей сферы современных промышленных роботов варьируется между 0,7 м и 3,5 м, причем робот может устанавливаться на линейную направляющую длиной до 15 м).

Соответственно, габариты термостолы при этом могут достигать 3 м в ширину и более 10 м в длину.

К недостаткам существующих термостолов можно отнести:

- отсутствие возможности зонного управления нагревом;
- невозможность контролировать температуру по всей площади стола
- классическим на сегодня подходом является наличие одного нагревательного элемента на весь стол и одного датчика температуры;
- низкая энергоэффективность стола, связанная с тем, что распечатываемые модели зачастую имеют габариты значительно меньше, чем площадь стола, следовательно, часть тепла, выделяемого столом, идет на нагрев окружающей среды. Следует учесть, что вопросы энергосбережения в роботизации производственных процессов имеют важное значение и на их решение направлены усилия многих ученых и инженеров [2, 3];
- при сложной конфигурации основания печатаемого изделия охлаждение стола происходит неравномерно. В связи с этим возможны неравномерная усадка материала изделия, изменения его формы, либо локальные перегревы материала.

В качестве одного из вариантов решения вышеописанных проблем может быть предложено применение многосекционного стола, состоящего из большого количества независимых нагревателей и датчиков температуры. Примерный вид конфигурации такого стола приведен на рис.1.

В рамках данной работы будет осуществляться разработка системы управления таким типом стола.

В ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» ведутся работы по разработке опытного образца роботизированного комплекса трехмерной печати. Рассмотрим вопрос разработки термостолы для разрабатываемого комплекса. Комплекс строится на базе промышленного робота-манипулятора KUKA KR6 R700 sixx. Технические характеристики робота:

- грузоподъемность 6 кг;
- кол-во осей 6;
- радиус рабочей сферы 706,7 мм;
- повторяемость позиционирования +/- 0,03 мм.

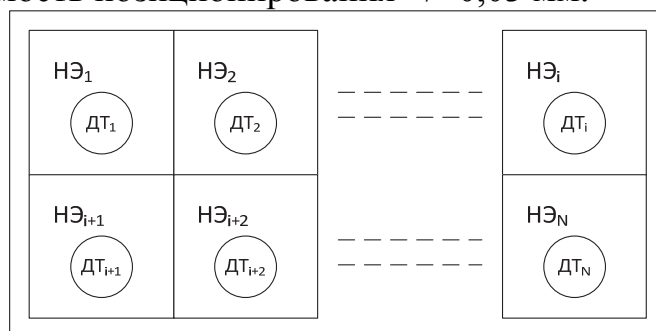


Рисунок 1 – Ориентировочная конфигурация многосекционного термостолы

При таком радиусе рабочей сферы робота примерные габариты нагреваемого поля термостолы составляют 800x500 мм.

На данном этапе предполагается построение стола из стандартных односекционных столов, примерные габариты которых для наиболее распространенных моделей находятся в пределах 250*250 мм.

Таким образом, для рассматриваемого примера стола необходимо два ряда по три секции (итого – шесть секций).

Для предлагаемой концепции построения термостолла была разработана функциональная схема системы управления, представленная на рисунке 2.

Система управления состоит из следующих элементов:

- Нагревательные сегменты, осуществляющие нагрев частей стола. Каждому сегменту присвоен некоторый номер (адрес), по которому происходит управление его работой;
- Силовые коммутирующие устройства (СКУ) – реле или транзисторы, осуществляющие подачу силового питания на нагревательные сегменты;
- Датчики температуры (ДТ), осуществляющие измерение текущей температуры в зоне нагрева сегмента;
- Блок питания (БП), необходимый для обеспечения нагревательных сегментов и контроллера питанием;
- Контроллер системы управления термостоллом, который получает сигналы задания от контроллера робота и сигналы с датчиков температуры, на основании которых формирует управляющие сигналы для СКУ. При этом контроллер формирует информационные сигналы о состоянии процесса нагрева для контроллера робота.

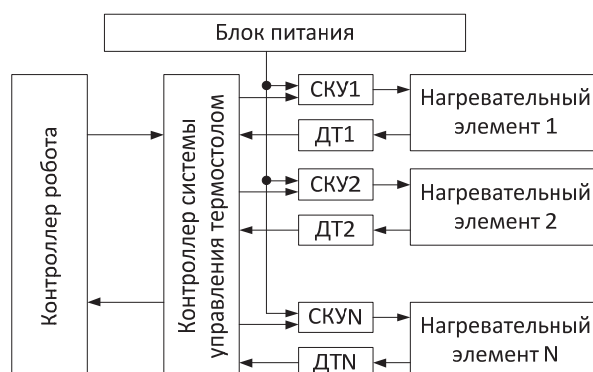


Рисунок 2 – Функциональная схема системы управления многосекционным термостоллом

С точки зрения передачи сигналов с датчиков температуры на контроллер системы управления термостоллом, для каждого из ДТ необходим отдельный канал аналого-цифрового преобразователя, так как абсолютное большинство датчиков температуры дают сигнал в аналоговом виде. АЦП может использоваться как встроенный в контроллер, так и внешний (на рис.2 не показан).

С точки зрения алгоритма работы системы управления термостоллом следует выделить следующие этапы функционирования и варианты реализации системы:

1) При включении питания системы осуществляется работа в режиме ожидания – в данном случае включения нагрева какого-либо сегмента стола не происходит до получения команд от контроллера робота.

2) При начале выполнения программы печати некоторого изделия контроллер робота пересылает на контроллер управления термостолом требуемую температуру нагрева стола (задается при составлении программы технологом) и матрица, описывающая, какие из сегментов должны быть задействованы в процессе печати. В матрице содержатся логические величины (нули и единицы), при этом логический ноль означает, что данный сегмент не активен, а единица – что данный сегмент должен нагреваться.

3) После получения всех данных на этапе 2 контроллер управления нагревом ожидает от контроллера робота сигнал начала нагрева. После получения сигнала начала нагрева запускается таймер для периодической проверки наличия сигнала начала нагрева от контроллера робота и запускается необходимое количество экземпляров алгоритма управления сегментом стола (по одному экземпляру на каждый сегмент).

На данном этапе при достижении необходимой температуры всех сегментов стола контроллер отправляет сигнал контроллеру робота о возможности начала процесса печати.

Упомянутый алгоритм управления сегментом стола может быть реализован двумя способами в зависимости от типа СКУ: релейное управление и непрерывное управление. В первом случае контроллер отслеживает выход температуры сегмента стола за допустимые пределы и соответственно включает или выключает нагрев. Во втором случае необходим расчет передаточной функции регулятора температуры, который требуется для поддержания температуры сегмента стабильной на заданном уровне с последующей реализацией полученной передаточной функции в виде вычислительного алгоритма на контроллере. В отличие от первого случая, где в качестве СКУ можно использовать практически любые элементы, для реализации второго подхода необходимо применение широтно-импульсной модуляции. Это означает, что для реализации второго подхода в качестве СКУ необходимо применять силовые транзисторы.

Периодическая проверка наличия сигнала начала нагрева от контроллера робота реализуется через механизм прерываний по таймеру. При этом подпрограмма обработки прерывания проверяет наличие такого входного сигнала и в случае его отсутствия (завершение программы печати изделия, либо возникновение аварийной ситуации), останавливает процессы нагрева всех сегментов стола и переводит систему на первый этап (режим ожидания).

В рамках данной работы была разработана система управления многосекционным термостолом для роботизированного комплекса трехмерной печати с применением пластиковых материалов. Представлен общий вид структуры стола и функциональная схема системы управления. Разработан и описан алгоритм работы системы управления. Особенность разработанной структуры системы управления в том, что при увеличении количества сегментов стола можно легко масштабировать систему управления без значительного изменения алгоритмов работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Горьков, Д.Е. 3D- печать с нуля. / Д.Е. Горьков. – СПб.: БХВ- Петер-бург, 2020- 256 с.

2 Predicting power consumption of robotic complex based on neuro-fuzzy system / Efimov A., Gorkavyu M., Gorkavyu A. // В сборнике: Proceedings - 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2020. 2020. С. 9112066.

3 Идентификация нелинейных зависимостей энергопотребления промышленного робота в задачах повышения эффективности управления автоматизированным технологическим процессом / Ефимов А.Ю., Горькавый М.А., Соловьев В.А. // Электротехнические системы и комплексы. 2020. № 2 (47). С. 64-71.

УДК 681.511.4

Королёв Герман Валерьевич, студент; Korolev German Valerivich

Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент;

Egorov Vladislav Aleksevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

НЕЛИНЕЙНЫЙ МОДАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР

NON-LINEAR MODAL REGULATOR

Аннотация. Данная статья посвящена описанию синтеза нелинейного модального регулятора и сферы его применения.

Abstract. This article is devoted to the description of the synthesis of a nonlinear modal regulator and its scope.

Ключевые слова: модальный регулятор, сухое трение, нелинейность.

Keywords: modal regulator, dry friction, nonlinearity.

В настоящее время особое применение получили автоматические и автоматизированные системы управления. Но в некоторых органах управления существуют нелинейности, которые мешают корректной работе и усложняют управление системой. Существует огромное количество решений по компенсации большинства нелинейностей. Но если осуществляется оптимальное управление по какому-либо закону, то существуют необходимость интеграции компенсации нелинейности в модальный регулятор.

Любой объект управления может описываться следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \dot{X}(t) = AX(t) + BU; \\ Y(t) = CX(t), \end{cases} \quad (1)$$

где A – матрица объекта;

$X(t)$ – вектор состояния;

B – матрица входа;
 U – матрица управления;
 C – матрица выхода;
 $Y(t)$ – матрица выходных координат.

Согласно системе уравнений 1 может быть получена структурная схема объекта управления в матричной форме, что изображено на рисунке 1.

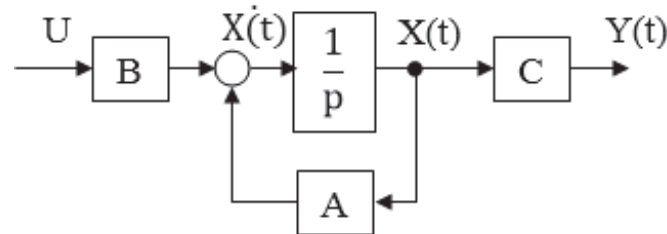


Рисунок 1 – Структурная схема объекта управления в матричной форме

Матрица нелинейностей системы будет иметь следующий вид:

$$f(X(t)) = \begin{pmatrix} f_1(x_1(t)) \\ f_2(x_2(t)) \\ \dots \\ f_n(x_n(t)) \end{pmatrix}.$$

Тогда нелинейный модальный регулятор будет описываться следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \dot{X}(t) = AX(t) + f(X(t)) + B(U' + B^{-1}f^{-1}(X(t)) + kX(t)); \\ Y(t) = CX(t), \end{cases} \quad (2)$$

где $f^{-1}(t)$ – обратная матрица нелинейностей системы;

B^{-1} – обратная матрица входа;

U' – матрица управления;

k – матрица коэффициентов модального регулятора.

Согласно системе уравнений 2 может быть получена структурная схема нелинейного модального регулятора и объекта управления в матричной форме, как показано на рисунке 2.

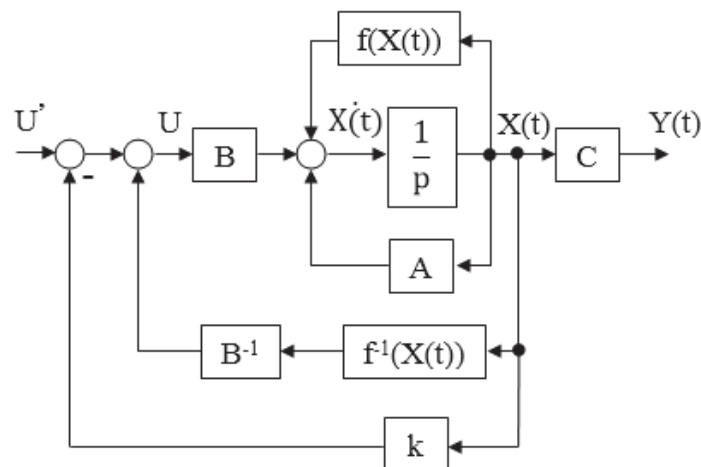


Рисунок 2 – Структурная схема нелинейного модального регулятора и объекта управления в матричной форме

Основной сложностью в данном методе синтеза модального регулятора является нахождение матрицы обратных нелинейностей.

Данный подход может найти место при регулировании многих координат различных объектов управления с естественными нелинейностями. Например, частота вращения вала электродвигателя, где имеется нелинейность типа «сухое трение».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кузовков, Н. Т. Модальное управление и наблюдающие устройства / Н. Т. Кузовков. – М. : Машиностроение, 1976. – 184 с.

2 Мирошник, И. В. Теория автоматического управления. Линейные системы / И. В. Мирошник. – СПб. : Питер, 2005. – 336 с.

3 Теория автоматического регулирования / Глазырин Г.В. - Новосибир.:НГТУ, 2014. - 168 с.

УДК 658.512

Кудин Сергей Игоревич, студент; Kudin Sergey Igorevich

Дерюжкова Нелли Егоровна, кандидат технических наук, доцент;

Deryuzhkova Nelly Egorovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ

EXTREME METALWORKING PROCESS CONTROL SYSTEM

Аннотация. Данная статья посвящена математической модели экстремальной системы регулирования величиной подачи и скорости резания.

Abstract. This article is devoted to mathematical model of extreme control system of feed and cutting speed.

Ключевые слова: целевая функция, экстремальный регулятор.

Keywords: objective function, extreme regulator.

В современном промышленном производстве особое значение имеет развитие автоматизированных систем управления технологическими процессами. Такие автоматизированные системы должны обладать исключительно высокой точностью, минимальной сложностью и высокой эффективностью процесса. В связи с этим дальнейшее развитие теории и практики автоматического управления связано с выявлением предельных возможностей систем и построением систем наилучших (оптимальных) по какому-либо технико-экономическому показателю. К классу оптимальных систем относятся экстремальные системы регулирования.

Металлорежущие станки являются основным оборудованием машиностроительных заводов, поэтому особое внимание уделено повышению их производительности, надежности и точности.

В качестве объекта исследования выбран вертикально-фрезерный станок. Для такого станка основным показателем качества является его производительность. В общем случае задача оптимизации состоит в поддержании такой подачи и скорости резания, при которых производительность станка достигает максимального значения. Показатель производительности станка при черновом фрезеровании определяется следующим выражением целевой функции (1):

$$J_{\text{фп}} = (B \cdot S_z \cdot t_p \cdot n_{\text{ш}} \cdot T \cdot z_{\text{ф}}) / (T + t_{\text{см}}), \quad (1)$$

где T – стойкость режущего инструмента;

B – ширина фрезерования;

$t_{\text{см}}$ – время смены инструмента;

S_z – подача на зуб фрезы;

t_p – глубина резания;

$n_{\text{ш}}$ – частота вращения фрезы;

$z_{\text{ф}}$ – число зубьев фрезы.

Экстремальная зависимость показателя производительности позволяет построить систему с самонастраивающейся на оптимальный режим работы. Для исследования переходных процессов была разработана модель экстремальной системы регулирования величиной подачи и скоростью резания. Математическая модель данной системы приведена на рисунке 1. Для компактности схемы используем subsystem в simulink.

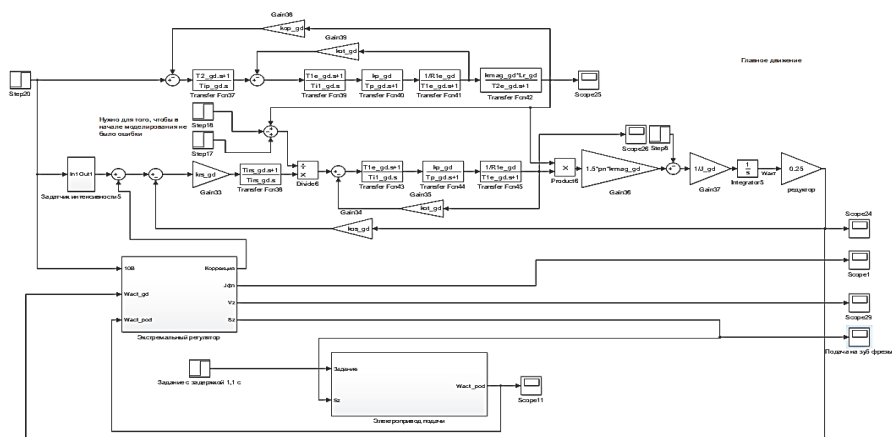


Рисунок 1 – Математическая модель экстремальной системы регулирования

Экстремальный регулятор состоит из следующих блоков: блок расчета целевой функции; блок запоминания экстремума; блок коррекции задающего воздействия; блок расчета подачи на зуб фрезы с введенным ограничением равным $s_z = (0,1 \div 0,3)$ мм/зуб. Модель экстремального регулятора приведена на рисунке 2.



Графики переходных процессов приведены на рисунке 3.



25

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шапарев, Н. К. Автоматизация типовых технологических процессов металлообработки. Расчет и проектирование / Н. К. Шапарев. – Киев. : Главное издательство, 1984. – 312 с.

2 Антонов, В. Н. Адаптивные системы автоматического управления: учебное пособие / В. Н. Антонов, А. М. Пришвин, В. А. Терехов, А. Э. Янчевский. – Ленинград. : Издательство Ленинград, 1984. – 204 с.

3 Либерзон, Л. М. Системы экстремального регулирования / Л. М. Либерзон, А. Б. Родов. – Москва. : Энергия, 1965. – 157 с.

УДК 62-523.2

Кузнецов Алексей Андреевич, студент; Kuznetsov Alexey Andreevich

Горькавый Александр Иванович, канд. техн. наук, доцент;

Gorkavy Aleksandr Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ФОРМИРОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ НАСТРОЙКАМИ И ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ РЕАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

FORMATION OF A SIMULATION MODEL WITH CHANGING SETTINGS AND CHARACTERISTICS FOR PROTOTYPING REAL CONTROL SYSTEMS FOR THE ELECTRIC DRIVE OF MECHATRONIC MODULES

Аннотация. В работе решается задача построения структуры системы электропривода с подчиненными и отдельно настраиваемыми контурами тока и скорости, с широкими возможностями их перестроения.

Abstract. The paper solves the problem of constructing the structure of an electric drive system with subordinate and separately adjustable current and speed circuits, with wide possibilities for their reconstruction.

Ключевые слова: электропривод, имитационная модель, мехатронный модуль, промышленный робот, модальный ПИ регулятор.

Keywords: electric drive, simulation model, mechatronic module, industrial robot, modal PI controller.

Опыт показал, что существует проблема формирования имитационной модели системы управления мехатронного модуля из-за отсутствия полной информации о регуляторах и параметрах системы электропривода. Инструменты модального управления в отличие от подчинённого регулирования позволяют осуществить гибкие перенастройки вне зависимости от физических параметров электропривода (ЭП). В предлагаемой имитационной модели (Рисунок 3) были осуществлены настройки модальных ПИ регуляторов тока и скорости с широким диапазоном изменения характеристик.

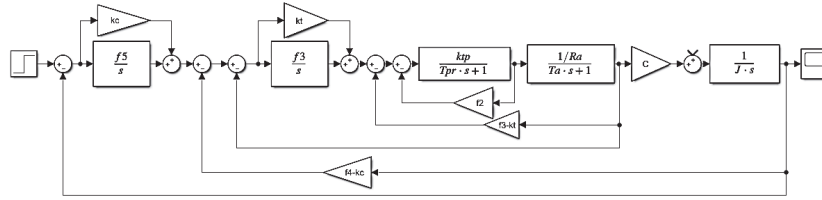


Рисунок 3 – Структурная схема ЭП с модальным ПИ регулятором

Контур тока с модальным ПИ регулятором, в результате соответствующего выбора пропорциональной составляющей он будет иметь передаточную функцию (1) по задающему воздействию знаменатель которой, в общем виде соответствует стандартной форме второго порядка.

$$I_{\text{я}}(p)/U_{\text{рс}}(p) = w_{\text{от}}^2 / (p^2 + hw_{\text{от}} + w_{\text{от}}^2). \quad (1)$$

Произведены расчёты коэффициентов контура тока в общем виде:

$$f1 = \left(\left((h+1) * w_{\text{от}}^2 - \frac{1 + k_{\text{ТП}} * f2}{T_{\text{я}} * T_{\text{ТП}}} \right) * R_{\text{я}} * T_{\text{я}} * T_{\text{ТП}} \right) / k_{\text{ТП}},$$

$$f2 = \left(\left((h+1) * w_{\text{от}} - \frac{1}{T_{\text{я}}} \right) T_{\text{ТП}} - 1 \right) / k_{\text{ТП}},$$

$$f3 = (w_{\text{от}}^3 * R_{\text{я}} * T_{\text{я}} * T_{\text{ТП}}) / k_{\text{ТП}},$$

$$k_{\text{т}} = f3 / w_{\text{от}}.$$

При настройке контура скорости на стандартную форму:

$$(p^3 + 3w_{\text{ос}}p^2 + 3w_{\text{ос}}p + w_{\text{ос}}^3)(p + dw_{\text{ос}}) = 0,$$

включающую в себя биномиальную форму третьего порядка умноженную на форму первого порядка, в которой корень может изменяться в d раз по отношению к другим корням.

В данном случае настройка контура тока определяется соотношениями:

$$w_{\text{от}} = \sqrt{3(1+d)} * w_{\text{ос}},$$

$$h = (3+d) / \sqrt{3(1+d)},$$

Формулы для расчета коэффициентов контура скорости будут иметь вид:

$$f4 = ((3d+1) * w_{\text{ос}} * J) / (3(1+d) * c),$$

$$f5 = (d * w_{\text{ос}}^2 * J) / (3(1+d) * c),$$

$$k_c = f5 / w_{\text{ос}}.$$

После настройки контуров и расчетов коэффициентов структурной схемы, были получены переходные процессы при различных значениях d и $w_{\text{ос}}$ (Таблица 1), которые показаны на Рисунок 4 и Рисунок 5.

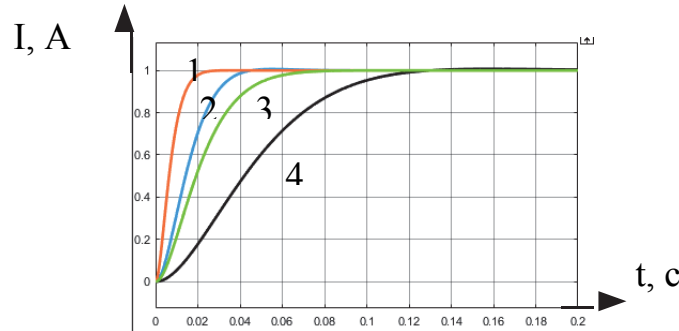


Рисунок 4 – Графики переходных процессов в контуре тока

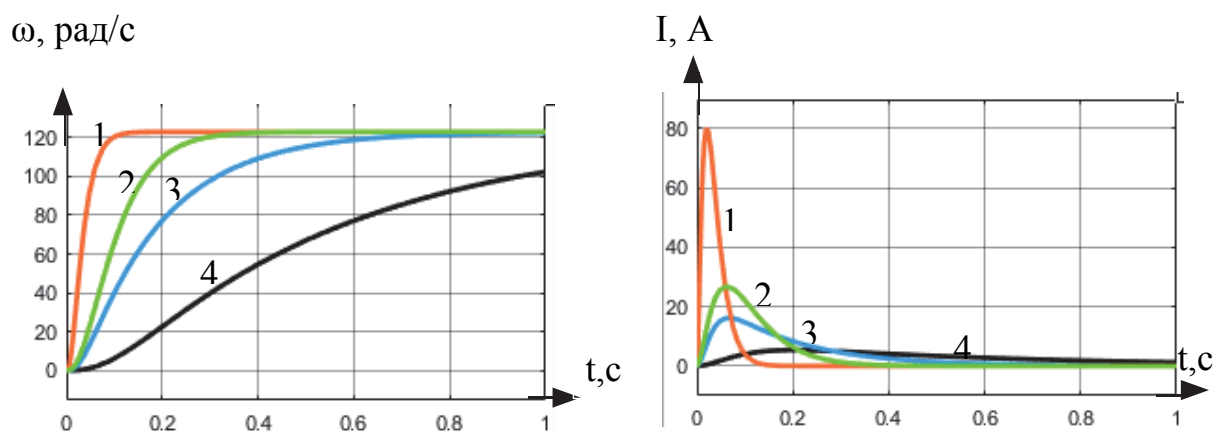


Рисунок 5 – Графики переходных процессов тока и скорости в контуре скорости

Таблица 1 – Параметры настроек регуляторов

1	$d=5$	$w_{oc}=60$	$w_{ot}=254.558$	$h=1.886$
2	$d=5$	$w_{oc}=20$	$w_{ot}=84.853$	$h=1.886$
3	$d=0.1$	$w_{oc}=60$	$w_{ot}=108.995$	$h=1.706$
4	$d=0.1$	$w_{oc}=20$	$w_{ot}=36.332$	$h=1.706$

Таким образом, изменяя коэффициенты d и w_{oc} , мы можем сформировать различные виды переходных процессов тока и скорости рамках требований точности прототипирования. Как показали проведенные исследования можно формировать имитационные модели и в условиях ограничения тока и скорости, в том числе в рамках контура тока положения. Предложенное прототипирование позволяет оценивать энергетические показатели прототипируемого электропривода, что невозможно сделать в условиях использования цифровой модели просто имитирующей переходную характеристику.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЮМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Gorkaviy, A.I., Gorkaviy, M.A., Melnichenko, M.A., Solovev, D.B. Synthesis of modal pi-regulator with multiple integration / В сборнике: 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019. 2019. С. 8934225.

УДК 681.5

Лепехина Светлана Юрьевна, студент; Lepekhina Svetlana Yuryevna

Сухоруков Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент;

Sukhorukov Sergei Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КУЛИНАРИИ

DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF A ROBOTECHNICAL COMPLEX FOR APPLICATION IN COOKING

Аннотация. В рамках данной работы будут рассмотрены основы разработки структуры автоматизации роботизированного комплекса, рассматривая в качестве примера процесс приготовления вафель. Проведен подбор оборудования для построения демонстрационного образца робототехнического комплекса.

Abstract. Within the framework of this work, the basics of developing the structure of the automation of a robotic complex will be considered, considering the process of making waffles as an example. The selection of equipment for the construction of a demonstration sample of a robotic complex has been carried out.

Ключевые слова: автоматизация, роботизированный комплекс, кулинария

Keywords: automation, robotic complex, cooking

Введение

Тема автоматизации и роботизации на сегодняшний день очень крепко укоренилась в жизни людей. Автоматизация затронула практически все сферы жизни человека и продолжает развиваться гигантскими шагами, с каждым годом все шире и глубже распространяясь в жизни современных людей.

Не смотря на широкое внедрение автоматизации в бытовые процессы (стиральные машины, посудомойки, роботы-пылесосы), многие действия выполнить существующими средствами невозможно. Примером таких неавтоматизированных областей может служить приготовление еды. Такие электроприборы как мультиварка, микроволновка и тостер, несомненно оказывают большую помощь человеку, однако вся работа по подготовке продуктов и перемещение ингредиентов по-прежнему остается за человеком. Из опыта промышленной автоматизации в производстве, распространенным способом реализации данной задачи является промышленный робот манипулятор, позволяющий по сложным пространственным траекториям перемещать некоторые инструменты и с помощью них выполнять различные действия.

Для повышения степени автоматизации в кулинарии предлагается разработка роботизированного комплекса на базе робота манипулятора для приготовления некоторой еды.

Условия задачи

На начальном этапе в качестве примера задачи возьмем разработку автоматизированного комплекса, осуществляющего процесс выпекания вафель. В связи с тем, что разработка находится на начальном этапе, задача упрощается до выпекания из уже готового теста.

В перечень объектов, подлежащих автоматизации, входит нагревательный элемент, на котором осуществляется выпекание теста. На данный момент самым распространенным таким элементом является электровафельница, которая широко распространена на рынке бытовых приборов. Для разработки комплекса необходимо разработать захват и инструменты, позволяющие проводить различные манипуляции с продуктами. В качестве инструментов, для максимально приближения к действительности, представлены лопатка и поварешка, адаптированные под захват робота. В перспективе процесс подачи теста можно отдельно автоматизировать в различных вариациях.

Все перемещения осуществляются с помощью робота манипулятора. Отслеживание температуры нагревательного элемента и уровня теста в ёмкости осуществляются системой управления комплексом.

Для обозначенных требований к роботизированному комплексу разработаем функциональную схему.

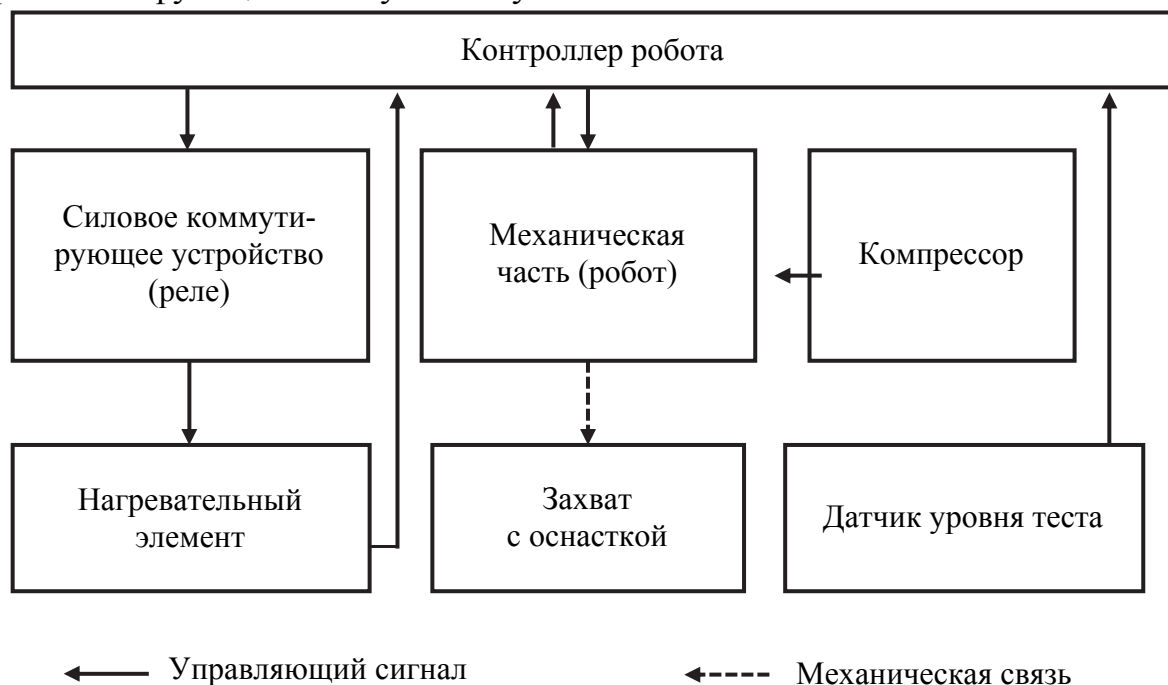


Рисунок 6 – Функциональная схема комплекса

На схематическом изображении между контроллером, реле и вафельницей проходит логический сигнал включения и выключения. По об-

ратной связи через датчик температуры передается сигнал о текущей температуре нагревательного элемента (электровафельницы), который может использоваться для коррекции отрезка времени выпекания продукции. Управлением движениями робота манипулятора во время всего процесса работы также занимается контроллер.

Питание пневматического захвата осуществляется сжатым воздухом от компрессора. Сигнал от датчика уровня теста необходим для погружения оснастки захвата (поварешки) на необходимую глубину, а также для полной остановки программы при пустой ёмкости с тестом.

Подбор оборудования для построения демонстрационного образца робототехнического комплекса

Основой всего комплекса является робот манипулятор, в качестве примера использован робот KUKA R6 с 6 поворотными осями, грузоподъемностью 6 кг и радиусом рабочей сферы равной 700мм.

В качестве силового коммутирующего устройства используется реле промежуточное МРП-2-1 АСDC24В. Напряжение питания АС230В подаётся на клеммы А1-А2. Напряжение питания АС24В или DC24В подается на клеммы А2-А3 без соблюдения полярности.

Для взаимодействия с окружением робота использован серийный пневматический захват, пальцы которого спроектированы индивидуально под такие задачи как открывание/закрывание вафельницы, использование оснастки для разлива теста и перемещения готовой продукции.

Уровень теста в ёмкости будет измеряться емкостным бесконтактным датчиком KQ10. Прибор устанавливается с наружи ёмкости без вмешательства в конструкцию. В датчик встроены 3 точечных сигнализатора уровня, которые позволяют контролировать 3 состояния: пустой, заполненный и переполненный.

Для обеспечения безопасного функционирования разрабатываемого комплекса в нем должны быть предусмотрены элементы системы безопасности. В качестве элементов системы безопасности должны быть использованы: кнопка аварийного останова; датчики открытия дверей, необходимые для остановки перемещения робота при открывании дверей ограждения комплекса; световая колонна для индикации режимов работы робота.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Федотов А.В. Автоматизация управления в производственных системах: Учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001. – 354 с.

2 Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / В. Ф. Горячев, Н. Е. Дерюжкова. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2011. – 165 с.

3 Информационное обеспечение систем управления : учеб. пособие / В. И. Суздорф. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ» 2009. - 120 с.

УДК 621.34

Луняев Кирилл Родионович, студент; Lunyaev Kirill Rodionovich

Дерюжкова Нелли Егоровна, канд. техн. наук, доцент;

Deryuzhkova Nelli Egorovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЖЭЛЕКТРОДНОГО ПРОМЕЖУТКА ВАКУУМНОЙ ДУГОВОЙ ПЕЧИ

INVESTIGATION OF THE CONTROL SYSTEM OF THE INTERELECTRODE GAP OF A VACUUM ARC FURNACE

Аннотация. В данной работе исследуется модель системы регулирования межэлектродного промежутка дуговой вакуумной печи (ВДП). Регулирование величины дугового промежутка обеспечивает механизм перемещения электродов.

Abstract. In this paper, we study a model of the control system for the interelectrode gap of an arc vacuum furnace (VDP). The adjustment of the arc gap provides a mechanism for moving the electrodes.

Ключевые слова: перемещение электрода, асинхронный электропривод, межэлектродный промежуток, ВДП.

Keywords: electrode displacement, asynchronous electric drive, interelectrode gap, VDP.

Механизмы передвижения электродов являются одними из самых ответственных механизмов дуговых печей, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях. В процессе плавки, особенно при плавлении шихты, они находятся в состоянии непрерывного реверсивного движения, причем скорость движения каждого электрода должна изменяться в зависимости от величины отклонения фактического режима работы от установленного.

Постоянную величину подводимой мощности можно получить при различных соотношениях напряжения и силы тока дуги. Однако подводимая мощность зависит также от величины дугового промежутка. Длина дуги определяет её мощность при определённых характеристиках системы питания. Поэтому при изменении длины дуги происходит управление мощностью. Для регулирования величины дугового промежутка используют механизм перемещения электродов.

В качестве привода перемещения электрода применяется частотно-регулируемый электропривод со скалярным принципом управлением. Режим работы ВДП определяется в большинстве случаев характеристиками регулятора мощности, который выполняет функции зажигания электрической дуги, устранение КЗ, поддержание и регулирование водимой в печь мощности.

The diagram illustrates a control system for a mechanical drive. It features a reference input U_{ref} and a feedback loop. The system is divided into four functional blocks: $\Phi B1$, $\Phi B2$, $\Phi B3$, and $\Phi B4$.

- $\Phi B1$:** Contains the reference input U_{ref} , a summing junction, a PI controller (ΠH), a plant (W_n), and a feedback path (K_{oc}).
- $\Phi B2$:** Contains a motor model ($\frac{1}{\beta T_m p}$), a power converter (K_{ws}), and a current feedback loop ($\frac{1}{p}$).
- $\Phi B3$:** Contains a current sensor (I_{a3}), a current limiter (K_k), a saturation block, and a force feedback loop (F_k).
- $\Phi B4$:** Contains a summing junction for the force feedback loop.

The system parameters and components are labeled as follows:

- U_{ref} : Reference input
- ΠH : PI controller
- W_n : Plant
- K_{oc} : Feedback gain
- $\beta T_m p$: Motor model
- K_{ws} : Power converter gain
- $\frac{1}{p}$: Current feedback loop
- I_{a3} : Current sensor output
- K_k : Current limiter gain
- F_k : Force feedback signal

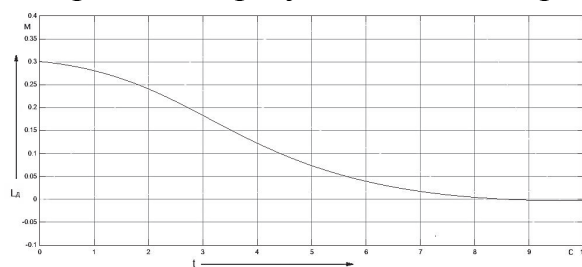
Модель блока ФБ1, описывает модель исполнительного механизма перемещения электрода.

Блок ФБ2 представляет математическое описание механизма перемещения электрода

Модель объекта управления - электрической дуги - блок ФБ3.

Блок ФБ4 является математическим описанием механизма касания электрода о шихту.

На рисунке 2 и 3 приведены результаты моделирования.



33

На основании анализа представленных графиков можно делать следующие выводы: перемещение электрода из начального положения 0,3 м до касания его с шихтой происходит в момент времени 0,8 с; после касания электрода с шихтой происходит короткое замыкание, ток резко возрастает до значения короткого замыкания $I_{кз} = 5726$ А (рисунок 3), а напряжение падает до нулевого значения (рисунок 3).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Черный И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink / И.В Черный – М.: ДМК Пресс; Питер 2008, - 288с.

2 Свенчанский, А.Д. Дуговые печи: Учебное пособие для вузов / А.Д. Свенчанский, М.Я. Смелянский. - М.: Энергия, 1970, - 264 с.

УДК 004.896 : 681.58 : 681.5.01

Максимова Надежда Александровна, магистрант; Nadezhda A. Maksimova
Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент;
Sergey P. Cherny
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АЛГОРИТМ НАСТРОЙКИ МНОГОКАСКАДНОГО НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

ALGORITHM FOR ADJUSTMENT OF A MULTI-STAGE FUZZY REGULATOR FOR A DC ELECTRIC DRIVE CONTROL SYSTEM

Аннотация. В работе представлена модель многокаскадного нечеткого регулятора для управления электроприводом постоянного тока. В данной модели системы электропривода проведена замена классического регулятора на интеллектуальный, внутренний каскад которого реализует настройки на модульный и симметричный оптимумы.

Abstract. The paper presents a model of a multi-stage fuzzy controller for controlling a DC electric drive. In this model of the electric drive system, the classic regulator was replaced by an intelligent one, the internal cascade of which implements settings for modular and symmetrical optima.

Ключевые слова: многокаскадный нечеткий регулятор, двигатель постоянного тока, алгоритм вывода Мамдани, алгоритм вывода Сугено.

Keywords: multi-stage fuzzy controller, DC electric drive, Mamdani inference algorithm, Sugeno inference algorithm.

Нечеткие системы позволяют решить ряд вопросов, связанных с совершенствованием управленческого процесса, в том числе улучшением характеристик электроприводов постоянного тока.

В данной работе была произведена настройка многокаскадного нечеткого регулятора, использующего алгоритм вывода Сугено и алгоритм вывода Мамдани, с целью получения характеристик переходных процессов, не уступающих классической системе управления. Модель нечеткой системы представлена на рисунке 1.

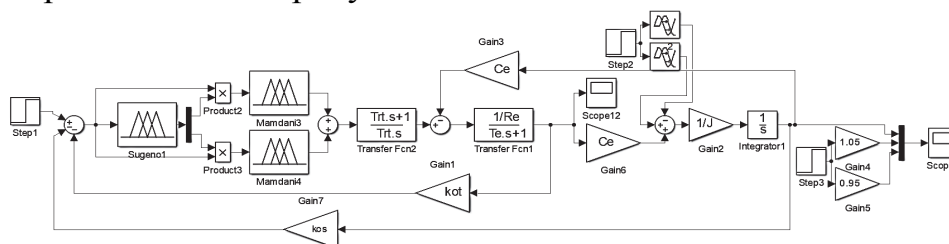


Рисунок 1 – Модель нечеткой системы для управления электроприводом

Регулятор Сугено имеет входную лингвистическую переменную, которая формализует сигнал ошибки по скорости (см. рисунок 2). На выходе регулятора сигналы управления формализуются двумя лингвистическими переменными, в которых термы представлены в виде констант 0 и 1.

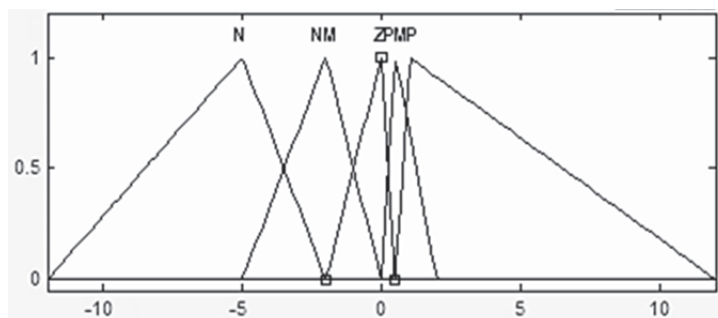


Рисунок 2 – Распределение нечетких термов входной лингвистической переменной регулятора Сугено

Нечеткая продукционная база знаний регулятора первого каскада:

1. Если «input1» есть Z, то «output1» = 0, «output2» = 1;
2. Если «input1» есть N, то «output1» = 0, «output2» = 1;
3. Если «input1» есть NM, то «output1» = 0, «output2» = 1;
4. Если «input1» есть P, то «output1» = 1, «output2» = 0;
5. Если «input1» есть PM, то «output1» = 1, «output2» = 1.

Во втором каскаде два простейших нечетких регулятора настроены на алгоритм вывода Мамдани. Область определения выходной лингвистической переменной, формализующей понятие пропорциональной составляющей, имеет диапазон $[-10000 \ 10000]$. Область определения выходной лингвистической переменной, формализующей понятие интегральной составляющей, имеет диапазон $[-1 \ 1]$.

На рисунке 3 представлен график скорости системы с многокаскадным нечетким регулятором. Время переходного процесса составляет 2,3 с.

На рисунке 4 представлен график тока нечеткой и классической системы без блока ограничения тока. Ток в нечеткой системе не превышает максимального значения.

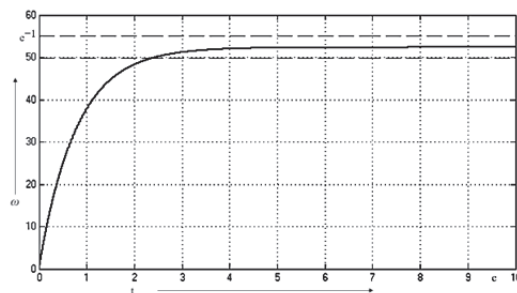
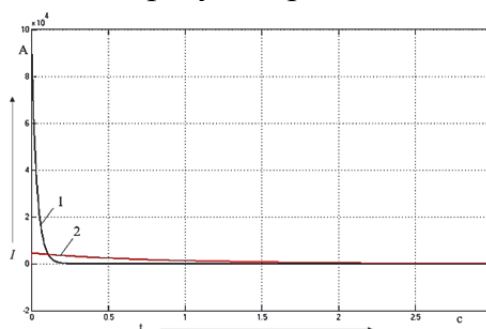


Рисунок 3 – Переходный процесс по скорости в системе с нечетким регулятором



1 – ток в классической системе; 2 – ток в системе с нечетким регулятором
Рисунок 4 – Переходный процесс системы по току

Таким образом, система с нечетким регулятором обладает плавным и устойчивым переходным процессом. Правильная настройка нечеткого регулятора способна заменить блок ограничения тока в классической системе.

Данные исследования альтернативных способов управления электроприводами постоянного тока могут значительно улучшить качество процессов в системах управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Черный, С.П. Один из подходов к реализации модели нечеткого логического регулятора с пространственными функциями принадлежности / С.П. Черный, А.В. Бузикаева, Е.О. Полей, С.А. Васильченко, А.С. Гудим – Ученые записки КнАГУ, Комсомольск-на-Амуре, 2018, № IV – 1(36), "Науки о природе и технике". - С.25-32.

2 Бузикаева, А.В. Особенности моделирования интеллектуальных регуляторов для систем электропривода переменного и постоянного тока / С.П. Черный, А.В. Бузикаева. - Г12 «Гагаринские чтения – 2019»: Сборник тезисов докладов. – М.: МАИ, 2019. – 1345 с.

3 Cherny, S.P. Another approach to enhancement of fuzzy controller intellectual capabilities / S.P. Cherny, V.A. Solovyev. – 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). IEEE Xplore Conference Publications. – 2017. – pp. 1 - 4.

4 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 62-83:629.5

Нгуен Ван Ха, аспирант; Nguyen Van Kha

Бурков Алексей Федорович, доктор технических наук, профессор,

Burkov Aleksey Fedorovich

Дальневосточный федеральный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SHIP ELECTRIC DRIVES

Аннотация. К характерным особенностям основных тенденций развития судового электрооборудования, в частности судовых электроприводов, относится усложнение научно-технических задач, комплексное решение которых направлено на совершенствование их компонентов и в целом электротехнических систем, с целью улучшения их технико-экономических эксплуатационных характеристик (повышения надежности, увеличения степени автоматизации, упрощения обслуживания и повышения энергетических показателей). В докладе обозначены основные направления развития судовых электроприводов.

Abstract. The characteristic features of the main trends in the development of ship electrical equipment, in particular ship electric drives, include the complication of scientific and technical problems, a comprehensive solution of which is aimed at improving their components and in general of electrical systems, in order to improve their technical and economic operating characteristics (increase reliability, increasing the degree of automation, simplifying maintenance and increasing energy performance). The report outlines the main directions of development of marine electric drives.

Ключевые слова: полупроводниковый прибор, система управления, электродвигатель, электропривод

Keywords: semiconductor device, control system, electric motor, electric drive

Применительно к судовой электротехнике начало XXI века характеризуется наличием разнообразных результатов исследований в области улучшения технико-экономических эксплуатационных характеристик судовых электроприводов – повышения надежности [1], увеличения степени автоматизации и оптимального управления электроприводов (ЭП), упрощения обслуживания и повышения энергетических показателей [2].

Эффективная техническая реализация результатов этих выполненных исследований сопровождается развитием и освоением промышленностью микропроцессорной и силовой полупроводниковой техники, в частности SCR, GTO, GCT и IGCT тиристоры, IGBT транзисторы и др.

Передовые позиции в этом направлении занимает отечественное предприятие «Электровыпрямитель» [3].

Комплексный сравнительный анализ различных систем дает основание для объективного и корректного определения допустимых областей внедрения в судовые ЭП современных научно-технических достижений и прогнозирования наиболее вероятных направлений их развития. Общей тенденцией дальнейшего развития судовых ЭП является повышение надежности отдельных компонентов и ЭП в целом.

Наиболее вероятно, что основу силовых каналов нерегулируемых неререверсивных судовых ЭП (нагнетателей машинных отделений и др.) будут составлять асинхронные двигатели (АД), а каналов управления – системы управления (СУ) на основе магнитных пускателей.

Для регулируемых реверсивных судовых ЭП (грузоподъемных механизмов (ГПМ), якорно-швартовых механизмов (ЯШМ) и др.), наряду с широко используемыми трехскоростными АД и релейно-контакторными СУ, в настоящее время обоснована целесообразность внедрения инверторных преобразователей частоты [4].

Обособленные условия эксплуатации ЭП судов диктуют необходимость разработки и внедрения перспективных систем, к которым относятся инверторы, имеющие высокое качество выходного квазипеременного напряжения, частотно-регулируемые ЭП с возможностями функционирования АД в четырех квадрантах их возможных механических характеристик. Ограниченное использование в судовых ЭП переменного тока получат статические регуляторы напряжения, которые наиболее вероятно будут использоваться для реализации динамических, преимущественно пусковых режимов ЭП повышенной мощности, соизмеримой с мощностью общесудовых генераторов автономных электроэнергетических систем.

Совершенствование СУ судовых ЭП характеризуется тенденциями, связанными с повышением быстродействия и точности срабатывания необходимых защит. Исходя из условий приемлемых технико-экономических показателей, массо-размерных характеристик и виброакустических требований, для некоторых типов, регулируемых ЭП допустимо использование вентильных и реактивных ЭД.

К перспективным направлениям развития судовой электротехники относится создание единых комплексов с централизованным управлением функционированием большинства судовых ЭП. Автоматизированные СУ единых комплексов должны реализовывать оптимальные алгоритмы работы как локальных механизмов, так и всего судового электроэнергетического комплекса.

Дальнейшее развитие судовых рулевых ЭП вероятнее всего будет осуществляться по нескольким основным направлениям. У рулевых электромеханических приводов в первую очередь будут совершенствоваться механические передачи, а также СУ. Рулевые электрогидравлические приводы получают развитие в направлениях увеличения единичных мощностей ЭП и конструктивного совершенствования, связанного с повышением

надежности, удобством технического обслуживания и уменьшением массо-размерных показателей.

Обособленное внимание в настоящее время уделяется разработке новых и усовершенствованию имеющихся СУ курсом судна, наиболее полно соответствующих характерным особенностям различных типов судов.

Возрастающие требования к маневренным качествам строящихся и эксплуатируемых судов обуславливают дальнейшее совершенствование судовых подруливающих устройств.

Обоснованную перспективу использования на судах имеют главные винто-рулевые колонки (ВРК) типа «Азипод», «Аквастер» и др., характерной особенностью которых является совмещение функций управления скоростью и направлением движения судов.

Совершенствование ЭП ЯШМ будет осуществляться исходя из возрастающих требований по безопасности условий плавания и включать внедрение статических преобразователей, дальнейшее совершенствование управления якорными и швартовными операциями, в частности дистанционной отдачей якорей и пр. К важным задачам относится создание глубоководных якорных механизмов для плавсредств специального назначения – плавучих буровых установок и др.

Дальнейшее развитие получают ЭП судовых ГПМ, отвечающие современным требованиям, к которым относится высокая надежность, относительная простота схемных решений, достаточная производительность и безопасность выполнения грузовых операций, необходимые значения энергетических показателей и т.д. Отмечена тенденция разработки и внедрения систем программного управления ГПМ, обеспечивающих синхронизацию функционирования отдельно установленных или спаренных механизмов.

Необходимость выполнения механизмами увеличивающегося количества специализированных судов особых операций (при работе с плавучими грузами, траверсной передаче грузов между движущимися судами, погрузочно-разгрузочных работах между пришвартованными между собой судами в море и др.) диктует разработку и внедрение новых технических решений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Надежность судовых электроприводов / А. Ф. Бурков. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2014. – 204 с.

2 Повышение энергоэффективности морского транспорта и транспортной инфраструктуры / А. Ф. Бурков, В. Ф. Веревкин, П. М. Радченко. – СПб.: Лань, 2019. – 132 с.

3 Основы теории и эксплуатации судовых электроприводов / А.Ф. Бурков. СПб.: Лань, 2017. – 340 с.

4 Техническая эксплуатация электроприводов судов / А.Ф. Бурков. М.: ИНФРА-М, 2020. – 358 с.

УДК 681.5

Облогин Данил Юрьевич, студент; Oblogin Danil Yurievich

Сухоруков Сергей Иванович, канд.техн.наук, Sukhorukov Sergei Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ МОДУЛЯ ПОДАЧИ ПРИСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ КОМПЛЕКСА ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF A SUPPLYING MATERIAL FOR A LASER WELDING COMPLEX

Аннотация. В рамках данной работы исследованы технологические требования к модулю подачи присадочного материала для роботизированного комплекса лазерной сварки. Рассмотрены принципы работы механизма подачи и разработана его структура.

Abstract. In this work, technological requirements for the filler material supply module for a robotic laser welding complex have been investigated. The principles of operation of the feed mechanism are considered and its design is developed.

Ключевые слова: роботизированный комплекс, механизм подачи, присадочный материал, комплекс лазерной сварки.

Keywords: robotic complex, feed mechanism, filler material, laser welding complex.

Введение

В настоящее время активно развиваются новые технологии промышленного производства. В первую очередь эти технологии ориентированы на повышение качества и скорости выполнения операций производственного процесса. Это достигается внедрением автоматизированных и автоматических систем, реализующих технологии обработки, ранее недоступные при ручном труде. Также, одним из основных требований к таким технологиям является энергетическая и ресурсная эффективность конечного процесса производства [1].

Примером таких технологий может служить лазерная сварка. В отличие от стандартных способов сварки она обеспечивает максимальную надёжность и производительность при высокотехнологичных процессах, обеспечивает низкую трудоемкость и высокое качество сварных соединений, а также позволяет производить сварку в труднодоступных местах. Для обеспечения высокого качества сварного шва и его прочности необходимо использование дополнительного металла, а именно присадочного материала. Наиболее распространенным на сегодня подходом к подаче присадочного материала в зону сварки (например – в электродуговой MIG/MAG сварке) является подача в зону сварки металла в виде проволоки.

В настоящее время ведется разработка роботизированного комплекса лазерной сварки, предназначенного для сварки тонкостенных конструкций сложной конфигурации [2]. В рамках данной работы будет осуществляться разработка структуры модуля подачи присадочного материала для разрабатываемого роботизированного комплекса.

Анализ технологических требований к модулю подачи присадочного материала.

В отличие от стандартных способов сварки (электродуговой), в которых присадочный материал (проволока) непосредственно осуществляет функции переноса потока энергии, необходимой для расплавления металла, при лазерной сварке перенос энергии осуществляется лазерным лучом. Поэтому необходимо обеспечить подачу проволоки сбоку от лазерного луча.

Для обеспечения качественной сварки различных материалов и различных толщин (обработки материала в разных режимах), необходимо реализовать регулирование скорости подачи и поддержание ее постоянной в случае возникновения возмущающих воздействий.

Так как разрабатываемый модуль будет использоваться на опытном образце роботизированного комплекса лазерной сварки, основная задача которого отработка технологии сварки в различных режимах и с различными материалами, то разрабатываемый модуль должен обеспечивать возможность позиционирования проволоки относительно лазерного луча. В том числе должны регулироваться угол наклона проволоки относительно оси лазерного луча, а так же расстояние от оптической головки лазера до конца проволоки.

Механика модуля подачи должна позволять замену приводных роликов и остальных конструктивных элементов для работы с разными (стандартными) диаметрами проволок.

Разработка функциональной схемы модуля подачи присадочного материала

В соответствии с определенными технологическими требованиями осуществим разработку функциональной схемы модуля подачи присадочного материала для комплекса лазерной сварки (рисунок 1):

Присадочный материал в виде проволоки круглого сечения поступает с катушки (на рисунке 1 не обозначена). Для протягивания проволоки используется набор роликов протяжки. Вращение роликов протяжки осуществляется от двигателей, при этом скорость протяжки проволоки регулируется за счет управления скоростью вращения двигателей.

Для обеспечения силового питания двигателей в схеме предусмотрены драйверы, получающие управляющие сигналы от контроллера, управляющего работой всего модуля.

Фактическая скорость подачи проволоки контролируется с помощью датчика скорости подачи проволоки. По сигналам от датчика система управления модуля (контроллер) имеет возможность корректировать управляющие сигналы для драйверов в случае отклонения скорости от заданной.

Для ориентирования конца проволоки в пространстве относительно лазерного луча необходима кинематическая схема, состоящая из двух двигателей с передачей типа «винт-гайка», отвечающих за расстояние до конца проволоки и угол наклона соответственно. Силовое питание двигателей также осуществляется через специализированные драйверы, которые получают сигналы управления от контроллера.

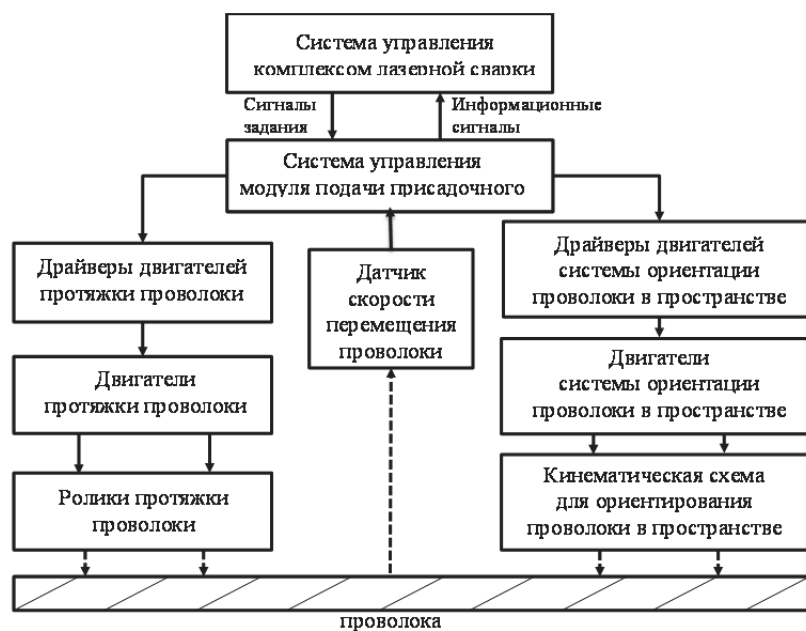


Рисунок 1 – Функциональная схема модуля подачи присадочного материала для комплекса лазерной сварки

Контроллер модуля получает управляющие сигналы (сигналы задания) от внешней системы управления комплексом (задание скорости перемещения проволоки, моменты начала и окончания подачи проволоки). После чего на основании полученных сигналов задания формируются управляющие сигналы для драйверов двигателей ориентирования. Драйверы преобразуют эти сигналы в напряжение и ток в соответствии с типом выбранных двигателей. Двигатели за счет вращения перемещают модуль в требуемую позицию (на требуемое расстояние и угол наклона).

Затем на контроллер от системы управления комплексом лазерной сварки подаются сигналы задания скорости и начала подачи проволоки. По этим сигналам контроллер модуля формирует управляющие сигналы для драйверов двигателей протяжки проволоки. Драйверы формируют силовое питание с требуемыми параметрами напряжения и тока для питания двигателей. Тем самым осуществляется движение роликов, которые перемещают присадочный материал, зажатый между ними, в место сварки. При этом контроллер формирует для внешней системы управления информационный сигнал о начале подачи проволоки.

Сигнал датчика скорости перемещения проволоки используется контроллером в качестве сигнала обратной связи для контроля аварийных ситуаций (заклинивание проволоки или непредусмотренной остановки проволоки), а так же для коррекции управляющих сигналов для драйверов, что позволяет обеспечивать постоянство параметров технологического процесса. В случае расхождения контроллер формирует информационный сигнал для внешней системы управления и корректирует скорость подачи проволоки, для совпадения сигнала с датчика скорости и сигнала задания.

Заключение

В рамках данной работы была разработана структура автоматизированного модуля подачи присадочного материала для опытного образца роботизированного комплекса лазерной сварки. Определены основные технологические требования к такому модулю, сформирована функциональная схема.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ефимов, А.Ю. Идентификация нелинейных зависимостей энергопотребления промышленного робота в задачах повышения эффективности управления автоматизированным технологическим процессом / Ефимов А.Ю., Горькавый М.А., Соловьев В.А. // Электротехнические системы и комплексы. 2020. № 2 (47). С. 64-71.

2 Хрульков, В.Н. Разработка структуры программно-аппаратного комплекса для управления роботизированным комплексом лазерной сварки тонкостенных конструкций / Хрульков В.Н., Сухоруков С.И. // В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 477-480.

УДК 681.5

Охотников Александр Владимирович, студент;

Okhotnikov Alexander Vladimirovich

Сухоруков Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент;

Sukhorukov Sergei Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ АСПЕКТОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

TECHNIQUE FOR EXPERIMENTAL STUDY OF SEPARATE ASPECTS OF FUNCTIONING OF AUTOMATED SYSTEM OF PROTECTION AGAINST LASER RADIATION

Аннотация. В рамках данной работы рассмотрен подход к построению активной системы защиты от лазерного излучения, которая позволит регистрировать попадание лазерного луча на защитное сооружение и своевременно оповещать об этом оператора. Предложена методика экспериментального исследования различных типов датчиков для построения системы.

Abstract. Within the framework of this work, an approach to the construction of an active system of protection against laser radiation is considered, which will allow registering the hit of a laser beam on a protective structure and promptly

notifying the operator about it. A technique is proposed for the experimental study of various types of sensors for building a system.

Ключевые слова: защита, лазер, излучение, эксперимент, методика.

Keywords: protection, laser, radiation, experiment, technique.

На сегодняшний день в промышленном производстве популярность набирают способы обработки материалов с применением лазерного излучения. К таким способам можно отнести сварку, раскрой, наплавку и т.д. Отличительной особенностью большинства таких технологий является высокая мощность излучения (от единиц до десятков киловатт). При этом лазерный луч фокусируется на некотором расстоянии от выходной оптики лазера, что приводит к сверхвысоким плотностям энергии в луче. Такие характеристики излучения приводят к необходимости обеспечивать надежную защиту окружающего оборудования и персонала от возможного рассеянного и концентрированного излучения. В соответствии с [1], системы защиты комплексов лазерной обработки должны обеспечивать защиту не только в рабочих режимах (когда основная часть излучения передается обрабатываемой детали), но и при нарушениях производственного процесса.

Для этого сегодня широко используются оградительные устройства в виде светонепроницаемых ограждений (шторы, барьеры). Эти ограждения хорошо защищают оператора и обслуживающий персонал от рассеянного излучения, однако не могут длительное время выдерживать прямое попадание луча. Это может привести к повреждению ограждения с последующими травмами персонала.

Для повышения надежности работы защитных систем необходимо регистрировать попадание лазерного излучения за защитный барьер, т.е. необходимо использование активной системы защиты. Для построения активной системы защиты предполагается использование некоторых датчиков, которые будут фиксировать побочные эффекты от попадания излучения на стенки защитного сооружения. Само защитное сооружение при таком подходе наиболее рационально строить из унифицированных фрагментов, которые можно изготавливать массово и с помощью которых возможно обеспечить необходимую конфигурацию защитного ограждения.

Используемые датчики будут иметь аналоговый выход для обеспечения необходимой большой чувствительности и быстродействия. Сигналы с выходов датчиков не обладают достаточностью мощностью, поэтому, для их дальнейшей обработки необходимо использовать схемы усиления. После усиления, сигналы будут анализироваться системой управления комплекса и на их основании будет отключаться излучение лазера.

В рамках выполнения НИР «Разработка технологических элементов роботизированного комплекса лазерной сварки, повышающих качество сварки тонкостенных конструкций» были подобраны различные виды датчиков для построения активной системы защиты. Для дальнейшего проектирования системы необходимо проведение экспериментального исследо-

вания их функционирования под действием лазерного излучения. Данное исследование подразумевает под собой определение чувствительности различных типов датчиков к лазерному излучению, а так же сравнение этих датчиков, с целью определения наиболее подходящего типа датчика.

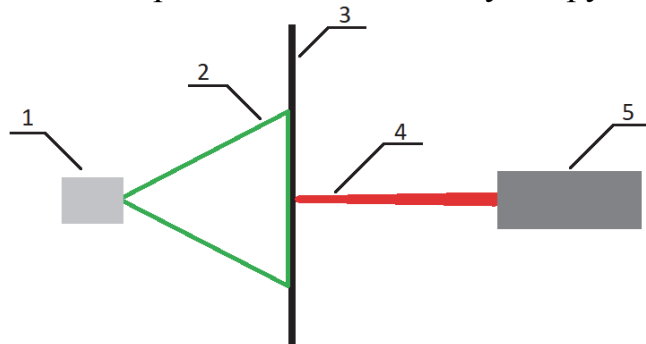
Экспериментальное исследование будет проводиться в виде следующих этапов:

1) Исследование при перпендикулярной направленности датчика.

Для проведения эксперимента датчик будет расположен таким образом, чтобы между датчиком и источником лазерного излучения находился защитный барьер, при этом лазерное излучение будет направлено в сторону защитного барьера (рисунок 1). Исследование на данном этапе будет проводиться при различных мощностных режимах работы лазера: 500, 1000, 1500 и 2000 Вт с отслеживанием времени реакции на появление излучения.

2) Исследование при расположении датчика под углом

Так как диаграмма направленности большинства датчика значительно меньше 180 градусов, располагать датчики перпендикулярно защитному сооружению нецелесообразно (при перпендикулярном расположении датчики будут расположены на большом расстоянии от стены, что приведёт к значительному увеличению габаритов защитной системы). Датчики следует располагать под некоторым углом, чтобы увеличить площадь, покрываемую датчиком. При проведении второй серии экспериментов угол наклона датчиков будет изменять с шагом в 15 градусов: 90, 75, 60, 45, 30, 15 и 0 градусов (то есть параллельно защитному сооружению).



1 – датчик; 2 – диаграмма направленности датчика; 3 – защитный барьер;
4 – лазерное излучение; 5 – источник лазерного излучения;

Рисунок 1 – Схема проведения эксперимента

Для сравнения быстродействия и чувствительности датчиков будет использоваться двухканальный осциллограф, один из каналов которого подключен к сигналу от лазерного источника (при включении излучения сигнал принимает значение логической единицы), а второй – к выходу усилительной схемы датчика. Получаемые при этом осциллограммы позволяют оценить запаздывание между включением излучения и появлением четко различимого выходного сигнала, а также чувствительность датчика по установившемуся уровню сигнала.

На основании результатов обоих проведенных экспериментов в дальнейшем будет делаться вывод о применимости конкретных типов датчиков и должны быть получены рекомендации по пространственному расположению этих датчиков относительно барьера.

В рамках данной работы была предложена методика проведения экспериментального исследования работы различных датчиков для построения активной системы защиты от лазерного излучения. Приведенная методика позволит определить наиболее подходящие для обеспечения безопасности датчики и возможные варианты их расположения в составе системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 12.3.002-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы производственные. Общие требования безопасности (Переиздание). – Введ. 2016-07-01. – М. : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2014. – 16 с.

УДК 62-531.6

Поздняков Виктор Сергеевич, студент; Pozdnyakov Victor Sergeevich

Горькавый Александр Иванович, канд. техн. наук;

Gorkavy Aleksandr Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА С ИЗМЕНЯЕМЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

ADAPTIVE SYSTEM WITH VARIABLE DYNAMIC CHARACTERISTICS

Аннотация. В работе рассматривается синтез системы управления мехатронным модулем с многоструктурным модальным регулятором. Приведены результаты исследования адаптационных возможностей предложенной системы на конкретном примере.

Abstract. The paper considers the synthesis of a mechatronic module control system with a multi-structure modal controller. The results of the study of the adaptive capabilities of the proposed system on a specific example are presented.

Ключевые слова: математическая модель, система управления, мехатронный модуль, модальный регулятор.

Keywords: mathematical model, control system, mechatronic module, the modal controller.

Промышленные роботы (ПР) в составе роботизированных технологических комплексов должны формировать эффективные пространственные перемещения как с точки зрения быстродействия и точности, так и с точки зрения постоянства траекторных и скоростных движений в условиях

изменения конфигурации движения манипуляционных механизмов. Мехатронные модули, формирующие движение отдельных осей ПР испытывают значительные переменные динамические (связанные с изменением инерционности) и статические нагрузки.

Современное состояние аппаратных и программных средств позволяет формировать значительное многообразие законов управления (регуляторов), учитывающих изменение внутренних параметров и внешних возмущений в процессе функционирования мехатронных модулей, а фактически формировать адаптационные структуры.

На рисунке 1 представлена структурная схема модели системы управления электроприводом мехатронного модуля с многоструктурным регулятором. В зависимости от требуемого показателя быстродействия, переключаются регуляторы эталонной модели, настроенные на различные быстродействия системы [1] (корни стандартной формы при модальном управлении - ω_0), которые могут принимать значения в меньшую сторону ($0,5 \cdot \omega_0$, регулятор 1) и в большую ($1,5 \cdot \omega_0$, регулятор 3).

Структурная схема модели системы управления содержит задатчик входного сигнала, эталонную модель, модель объекта управления, три модальных регулятора (1, 2, 3).

Коэффициенты системы ($C1, C2, C3, U_p$), изображенной на рисунке 1, либо вычисляются в соответствии с [2, 4], либо подбираются таким образом, чтобы система была адаптивной.

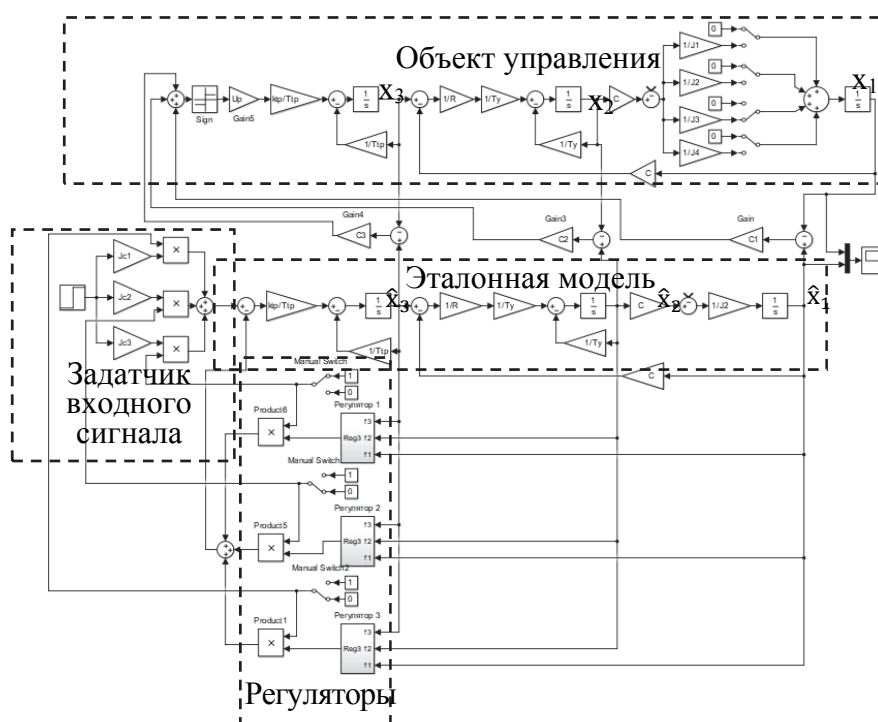


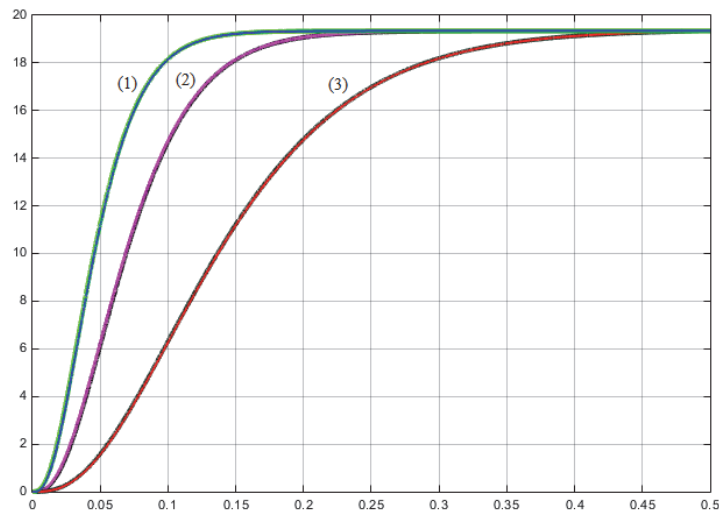
Рисунок 1 – Структурная схема модели системы с многоструктурным регулятором

На рисунке 2 представлены графики переходных процессов системы управления объектом с параметрами:

$$T_{\text{я}} = 0,05 \text{ с}; T_{\text{гп}} = 0,003 \text{ с}; R = 2,6 \text{ Ом}; C = 2 \text{ Н·м/А}; k_{\text{гп}} = 26;$$

$$J_{\text{ном}} = 0,107.$$

График 1 соответствует эталонному движению с $\omega_0=60$ и регулятором 1, график 2 движению с $\omega_0=40$ и регулятором 2, график 3 с $\omega_0=20$ и регулятором 3.



(1) – Реальная и эталонная модель, настроенная на регулятор 3 при $\omega_0=60$,

(2) – Реальная и эталонная модель, настроенная на регулятор 2 при $\omega_0=40$,

(3) – Реальная и эталонная модель, настроенная на регулятор 1 $\omega_0=20$

Рисунок 2 – Графики переходных процессов в системе адаптивной системе электропривода

Таким образом, в работе показана возможность синтеза адаптивной системы с изменяемыми динамическими характеристиками [3] за счет переключения структур модальных регуляторов при сохранении адаптивных свойств в широких пределах изменения инерционности мехатронного модуля (в десятки раз).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 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.

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

3 Бурдаков С.Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов : учебное пособие / С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев. – М. : Высш. шк., 1986. – 262 с.

4 Попов Е.В. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления / Е.В. Попов. – 2-е изд., стер. – М. : Наука, 1988. – 255 с.

УДК 681.51

Попов Даниил Сергеевич студент; Popov Daniil Sergeevich

Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент;

Egorov Vladislav Alekseevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ КООРДИНАТ ЭКЗОПРОТЕЗА

DETERMINATION OF THE DEGREE OF INTERFERENCE OF EXOPROTHESIS COORDINATES

Аннотация. В работе оценивается существенность взаимовлияния координат экзопротеза нижней конечности человека с использованием математической модели, полученной при помощи уравнения Лагранжа.

Abstract. The paper evaluates the significance of the mutual influence of the coordinates of the exoprosthesis of the lower limb of a person using a mathematical model obtained using the Lagrange equation.

Ключевые слова: экзопротез, моделирование, взаимовлияние координат.

Keywords: exoprosthesis, modeling, coordinate interaction.

В связи с улучшением уровня жизни, в развитых странах мира растет продолжительность жизни населения. Увеличивается количество пожилых людей. В связи с возрастными особенностями организма, скелет пожилого человека становится менее прочным, а кости, в случае травм, плохо срастаются. Подобные травмы, и в частности травмы нижних конечностей, в пожилом возрасте могут стать причиной глубокой инвалидизации или даже смерти человека. Пожилые пациенты с травмами нижних конечностей нуждаются в длительной реабилитации, в частности с применением специальных технических средств – экзопротезов.

Экзопротез представляет собой техническое устройство, берущее на себя часть нагрузки травмированной конечности и обеспечивающее активность травмированной конечности на этапе реабилитации пациента.

Кинематическая схема реабилитационного экзопротеза нижних конечностей человека показана на рисунке 1.

Экзопротез состоит из трех узлов: туловища, бедра и голени. Движение механизма обеспечивается осями φ_1 и φ_2 , сочленяющими смежные звенья. Приведение осей в движение осуществляется электроприводами, преобразующими вращательное движение в поступательное, штоки которых прикреплены к рычагам l_5 и l_4 . Протез характеризуется следующими параметрами: m_1, l_1 - масса и длина бедра; m_2, l_2 - масса и длина голени; m_3, l_3 - масса и длина стопы; l_7 - плечо между осью φ_1 и центром масс голени; l_8 - плечо между осью φ_1 и центром масс ступни.

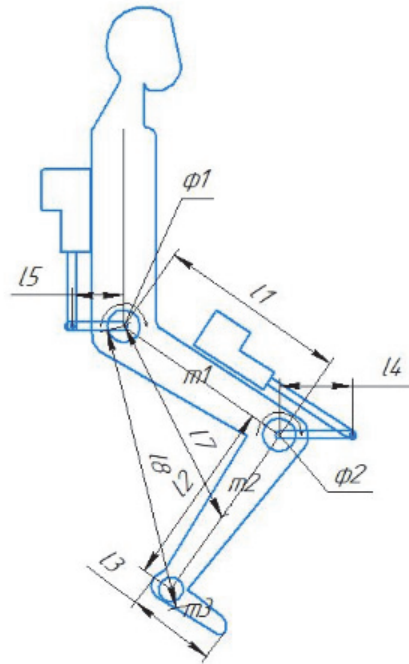


Рисунок 1 – Кинематическая схема реабилитационного экзопротеза нижних конечностей человека

Математическая модель экзопротеза нижних конечностей человека, с кинематической схемой (рисунок 1), составленная с использованием уравнения Лагранжа, имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\varphi}_1 &= \frac{1}{2(a_0 + a_1 \cos(\varphi_2) + a_2 \cos(\varphi_2 - \gamma))} \\ &\cdot [M_{\varphi_1} + 2[a_1 \sin(\varphi_2) + a_2 \sin(\varphi_2 - \gamma)]\dot{\varphi}_1 \cdot \dot{\varphi}_2]; \\ \ddot{\varphi}_2 &= \frac{1}{2b_0} [M_{\varphi_2} - [a_1 \sin(\varphi_2) + a_2 \sin(\varphi_2 - \gamma)]\dot{\varphi}_1^2 \cdot \dot{\varphi}_2]. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где

$$a_0 = \frac{m_1 l_1^2}{6} + \frac{m_2}{2} \left(l_1^2 + \frac{l_2^2}{4} \right) + \frac{m_3}{2} \left(l_1^2 + \frac{l_6^2}{4} \right); a_1 = \frac{m_2 l_1 l_2}{2};$$

$$a_2 = \frac{m_3 l_1 l_6}{2}; b_0 = \frac{m_2 l_2^2 + 3m_3 l_6^2}{6}; \gamma = \arctg(l_3/2 \cdot l_2);$$

M_{φ_1} - момент двигателя М1 на оси φ_1 ; M_{φ_2} - момент двигателя М1 на оси φ_2 .

Взаимовлияние между координатами φ_1 и φ_2 проявляется в: - изменении величины момента инерции механизма относительно оси φ_1 в зависимости от угла φ_2 , описываемое выражением $J_{\varphi_1}(\varphi_2) = 2(a_0 + a_1 \cos(\varphi_2) + a_2 \cos(\varphi_2 - \gamma))$; - изменении момента силы на оси φ_1 в функции от угла φ_2 и скоростей $\dot{\varphi}_1$ и $\dot{\varphi}_2$, описываемое выражением $M_1(\varphi_1, \varphi_2, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2) = [a_1 \sin(\varphi_2) + a_2 \sin(\varphi_2 - \gamma)]\dot{\varphi}_1 \cdot \dot{\varphi}_2$; - изменении момента силы на оси φ_2 в функции от угла φ_2 и скоростей $\dot{\varphi}_1$ и $\dot{\varphi}_2$, описываемое выражением $M_2(\varphi_1, \varphi_2, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2) = 2[a_1 \sin(\varphi_2) + a_2 \sin(\varphi_2 - \gamma)]\dot{\varphi}_1^2 \cdot \dot{\varphi}_2$.

Сведем расчеты момента инерции механизма относительно оси φ_1 в зависимости от угла φ_2 в таблицу 1.

Таблица 1 – Моменты инерции механизма относительно оси φ_1 в зависимости от угла φ_2

φ_2 (рад)	0	$\pi/8$	$\pi/4$	$3\pi/8$	$\pi/2$
$J_{\varphi_1}(\varphi_2)$ (Нм ²)	7.015	6.9	6.45	5.73	4.85

Согласно таблице 1, при сгибании голени на угол $\pi/2$, момент инерции механизма относительно оси φ_1 уменьшается на 31% от максимального (или в 1,446 раза). То есть изменение момента инерции не существенно и не требует реализации адаптивной системы управления.

Согласно уравнениям системы 1 моменты сил обусловленные взаимодействием координат ускоряют движение по оси φ_1 и замедляют движение по оси φ_2 . Зависимость этих моментов от скоростей движения по координатам $\dot{\varphi}_1$ и $\dot{\varphi}_2$ пропорциональная, то есть максимальные моменты будут при максимальных скоростях. Поэтому, определим коэффициент в уравнениях моментов, зависящий от угла φ_2 , то есть $K(\varphi_2) = a_1 \sin(\varphi_2) + a_2 \sin(\varphi_2 - \gamma)$. Сведем расчеты $K(\varphi_2)$ в таблицу 2.

Таблица 2 – коэффициент $K(\varphi_2)$ в уравнениях моментов $M_1(\dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \varphi_2)$ и $M_2(\dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \varphi_2)$

φ_2 (рад)	0	$\pi/8$	$\pi/4$	$3\pi/8$	$\pi/2$
$K(\varphi_2)$	-0.08	0.37	0.76	1.04	1.16

Из таблицы 2 следует, что коэффициент $K(\varphi_2)$ становится отрицательным, при $\varphi_2 \leq 0.315$. То есть, моменты сил обусловленные взаимодействием координат будут изменять знак.

Так как угловые скорости $\dot{\varphi}_1$ и $\dot{\varphi}_2$ во время движения механизма не превышают значения 1 (рад/с), то моменты сил обусловленные взаимодействием координат по модулю, не превысят 1.16(Н). Так как, номинальный момент на валу механизма составляет 186 (Н), можно считать, что моменты взаимодействия не существенны, и их можно не учитывать при проектировании системы управления экзопротезом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Вукобратович М., «Шагающие роботы и антропоморфные механизмы», пер. с англ. А. Ю. Шнейдера под ред. В. С. Гурфинкеля / М. Вукобратович - М.: «Мир», 1976.- 543 с.

2 Зверев Ю. П. Введение в биомеханику опорно-двигательного аппарата: учебное пособие для студентов / Ю. П. Зверев- Н. Новгород: ООО Издательство «Пламя», 2012. - 105 с.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗАДАТЧИКОВ ИНТЕНСИВНОСТИ

FEATURES OF MODELING OF INTELLIGENT INTENSITY SETTERS

Аннотация. В работе представлена имитационная модель задатчика интенсивности построенная с применением классических подходов. Проведен анализ полученных характеристик, выявлены недостатки типовых методик и определены возможности для реализации задатчиков интенсивности с применением интеллектуальных алгоритмов управления.

Abstract. The paper presents a simulation model of the intensity setter constructed using classical approaches. The analysis of the obtained characteristics is carried out, the shortcomings of the standard methods are revealed, and the possibilities for the implementation of high-intensity problems with the use of intelligent control algorithms are determined.

Ключевые слова: модель объекта управления, задатчик интенсивности, нечеткие системы управления.

Keywords: control object model, intensity setter, fuzzy control systems.

Применение нечетких систем управления в настоящее время существенно расширилось. Реализация законов управления в системах автоматического управления на основе регуляторов с нечеткой логикой позволяет получать весьма широкий спектр желаемых характеристик [1, 2].

В качестве объекта управления рассмотрим электропривод постоянного тока независимого возбуждения, модель которого показана на рисунке 1.

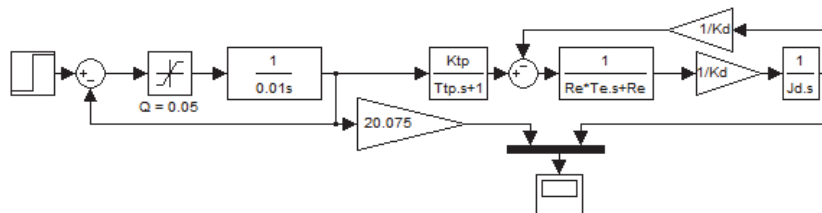


Рисунок 1 – Имитационная модель объекта управления с задатчиком интенсивности

Анализ результатов моделирования объекта регулирования без применения задатчика интенсивности, представленный на рисунке 2, показал, что переходная характеристика по току якоря существенно превышает значение максимального уровня сигнала [3]. Существует достаточно большой набор способов ограничения исследуемой величины до необходимого значения, например введение в контур регулирования соответ-

ствующего нелинейного элемента или ограничение введением нечеткого модуля [4]. В представленной работе компенсация указанного выше недостатка проводится за счет использования задатчика интенсивности.

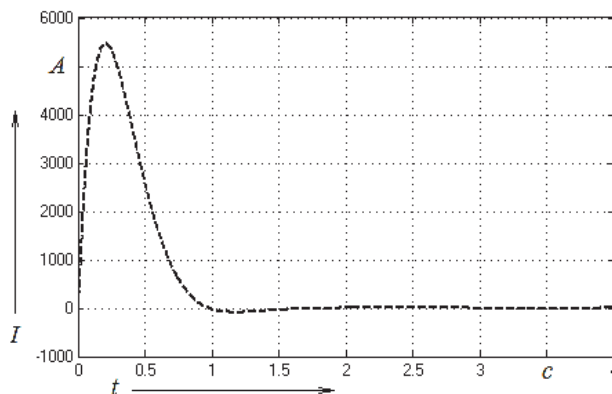


Рисунок 2 – Графики переходного процесса тока якоря

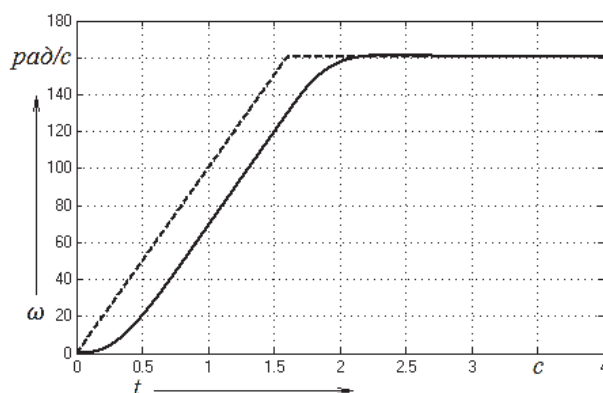


Рисунок 3 – График переходного процесса скорости двигателя, полученный в схеме с классическим задатчиком интенсивности

В модели, представленной на рисунке 1, показан классический задатчик интенсивности с коэффициентом насыщения нелинейного элемента $Q = 0,05$ и постоянной интегрирования инерционного элемента $T = 0,01$. На рисунке 3 показана переходная характеристика скорости электропривода с использованием задатчика интенсивности.

Согласно результатам моделирования представленным на рисунке 3 можно сделать вывод, что классический задатчик интенсивности, при коэффициенте интенсивности равном $A=5$, обеспечивает достаточный темп разгона двигателя, для того чтобы ток якоря оставался на уровне не превышающем максимального значения.

Основным недостатком классических систем задания сигналов является отсутствие динамики при адаптации к изменением внешних воздействий с учетом особенностей функционирования самого объекта управления. Применение теории нечетких множеств в качестве звена позволяющего корректировать форму сигнала задания в динамически изменяющихся условиях даст возможность получать любую необходимую форму входного сигнала с учетом различных условий и ситуации складывающихся на объекте управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гурецкий, Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием / Х. Гурецкий – М.: Машиностроение, 1974, 328 с.

2 Зюзев, А. М. Математические модели механической части электроприводов: учеб.пособие / А. М. Зюзев. – Екатеринбург, 2010. – 154 с.

3 Черный С.П. Способ задания интенсивности сигнала нечетким регулятором / С.П. Черный, Д.А. Новак Электротехнические комплексы и системы управления. 2013. № 2. С. 39-44.

4 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.13-7-2018.165496

УДК 681.5

Роготнев Семён Павлович, студент; Rogotnev Semen Pavlovich

Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент;

Egorov Vladislav Alekseevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА КОПЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE PROCESS OF SMOKING FOOD

Аннотация. В работе рассмотрены технические решения повышающие энергоэффективность процесса копчения пищевых продуктов. Улучшение энергоэффективности достигается за счёт реализации контуров, регулирования относительной влажности воздуха и дымовоздушной смеси.

Abstract. The paper considers technical solutions that increase the energy efficiency of the process of smoking food products. Improving energy efficiency is achieved through the implementation of circuits, regulation of the relative humidity of the air and the flue-air mixture.

Ключевые слова: повышение энергоэффективности, контроль дымовоздушной смеси, контроль влажности.

Keywords: improving energy efficiency, control of air-smoke mixture, control of humidity.

Классический способ производства продукта холодного копчения подразумевает два основных этапа обработки: подсушивание поверхности и подготовка ее для осаждения компонентов копильного дыма и копчение с одновременным постепенным извлечением влаги из продукта и осажде-

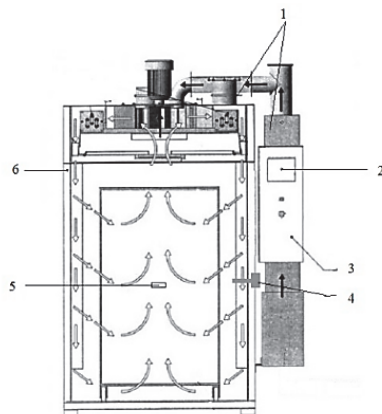
нием на поверхности комплекса веществ, содержащихся в коптильном дыме. Этот способ хорошо зарекомендовал себя в существующих установках.

Основным отличием коптильных камер для этого способа было использование большого объема воздуха и небольшого объема загружаемого в камеру продукта. Это позволяло добиваться положительных результатов, но ценой перерасхода энергии, опилок или щепы, значительной длительности процесса и зависимости от "человеческого фактора". На смену этим камерам из мясной промышленности пришли универсальные термокамеры, использующие многократную циркуляцию воздуха. Главным недостатком этих камер является невозможность регулировки относительной влажности воздуха или дымовоздушной смеси при низких температурах холодного копчения.

Таким образом, увеличение энергоэффективности технологического процесса холодного копчения и повышение качества продукции может быть достигнуто путем внедрения систем автоматического управления. Главными аспектами повышения энергоэффективности и повышения качества выпускаемого продукта являются разработка способов контроля относительной влажности воздуха и дымовоздушной смеси. Это позволит уменьшить потери электроэнергии в результате соблюдения баланса дымовоздушной смеси в коптильной камере.

Контроль относительной влажности воздуха и дымовоздушной смеси можно построить на датчиках ПВТ100-К1.2.И.Т2 (контроль влажности), OMS 420 (контроль дымовоздушной смеси). Для автоматического регулирования задвижками установки могут быть использованы приводы ТМС24А-S. Холодильно-моноблочная установка необходима для регулировки относительной влажности воздуха.

Функциональная схема коптильной камеры изображена на рисунке 1.



- 1 – Приводы ТМС24А-S; 2 – Панель оператора СП310-Б;
3 – Пульт управления установкой; 4 – датчик дымовоздушной смеси OMS 420;
5 – датчик влажности и температуры ПВТ100-К1.2.И.Т2;
6 – бесконтактный концевой выключатель PS2
- Рисунок 1 – Функциональная схема коптильной камеры

Приводы TMC24A-S используются для управления шиберами заслонками. Данная модель имеет трехпозиционное регулирование (открыть, закрыть, стоп), крутящий момент 2 Нм, максимальную площадь заслонки 0,4 м². Питание заслонки осуществляется напряжением 24 В.

Панель оператора СП310-Б предназначена для наглядного отображения значений параметров и оперативного управления, а также ведения архива событий или значений.

Пульт управления (установлено оборудование МНС1, ПЛК ПЛК160 220.А-М, удаленный трансмиттер OMS 420). ПЛК160 220.А-М применяется для реализации логики работы, управления основными механизмами и контроля работы камеры.

Датчик OMS 420 - система с аналоговым выходом (4-20мА), цифровым интерфейсом RS 485 и встроенным микроконтроллером, используется для стационарных измерений O₂ и CO₂ в отходящих газах промышленных котлов и печей. Контроль O₂ и CO₂ позволяет оперативно оптимизировать процесс горения, более точно, чем, при использовании только сенсора O₂. Это обеспечивает существенную экономию топлива. В нашем случае датчик OMS 420 настраивается на контроль концентрации в камере CO₂, для равномерного и постоянного содержания дыма.

Датчик ПВТ100-K1.2.И.Т2. Промышленный датчик влажности и температуры предназначен для непрерывного преобразования относительной влажности и температуры неагрессивного газа в два унифицированных выходных сигнала 4...20 мА и передачи измеренных значений по интерфейсу RS-485 (Modbus RTU).

Индуктивный датчик PS2 - предназначен для контроля закрытия дверей камеры.

Программная реализация регуляторов влажности воздуха и дымовоздушной смеси приведена на рисунках 2,3.

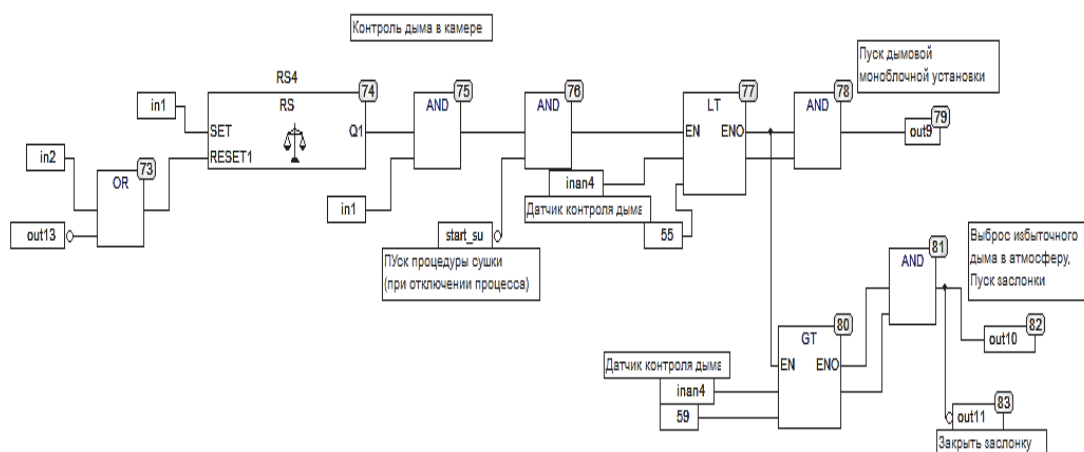


Рисунок 2 – Программа регулирования подачи дымовоздушной смеси

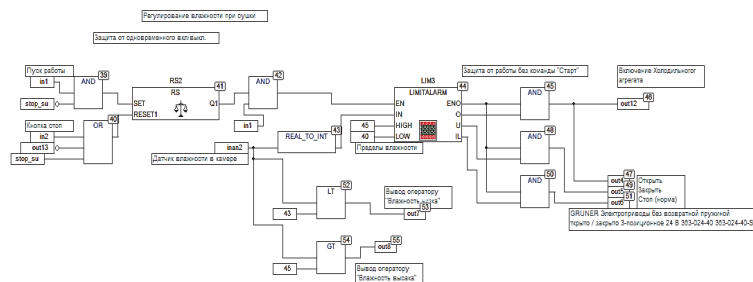


Рисунок 3 – Программа управления процессом регулирования влажности

При регулировании подачи дымовоздушной смеси блоки OR (73), RS (74), AND (75, 76) используются для защиты от одновременного включения независимых друг от друга процессов, экстренного отключения по команде СТОП, некорректной работы автоматики и остановки процесса копчения при выходе оборудования из строя. Блок LT (77) применяется для контроля нижнего предела, а GT (80) контролирует верхний порог концентрации дымовоздушной смеси в камере. AND (78, 81) реализуют защиту от работы контура без команды старт. Выхода 79, 82, 83 реализуют управления процессами подачи и удаления дымовоздушной смеси.

В программе управления процессом регулирования влажности блоки AND (39), OR (40), RS (41), AND (42) применяются для защиты как и в программе регулирования подачи дымовоздушной смеси. Блоки LT (52), GT (54) применяются для формирования предупреждающих сигналов оператору, которые передаются на панель оператора СП310-Б через выходы 53 и 55. LIMITALRM (44) производит сравнение данных, полученных с датчика ПБТ100-К1.2.И.Т2, и формирует импульсы управления в случаях выхода параметров за пределы уставки. Сигналы управления передаются на органы управления через выходы 46, 47, 49, 51. Блоки AND (45, 48, 50) отвечают за защиту от включения выходов 46, 47, 49, 51 без команды включения программы регулирования влажности.

В данной системе решена проблема регулировки дымовоздушной смеси за счет внедрения датчика контроля CO₂. При использовании датчика OMS 420 достигается баланс и регулировка дымовоздушной смеси в камере.

За счет применения датчика ПБТ100-К1.2.И.Т2 совместно с холодильно-моноблочной установкой осуществляется регулирование влажности. Воздух проходит через теплообменник, охлажденный до 7–9 °С. Избыточная влага осаждается на теплообменнике, воздух охлаждается до 9–12 °С. После чего для обеспечения требуемых условий охлажденный воздух необходимо подогреть. Данный способ позволяет добиться необходимой влажности в камере при копчении.

Внедрение установки позволит:

- снизить перерасход энергии, опилок или щепы, при производстве продукции за счёт многократной циркуляции воздуха, регулировок концентрации CO₂ в дымовоздушной смеси и относительной влажности воздуха;
- уменьшить время копчения;
- улучшить качество производимого продукта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Овен [Электронный ресурс] <https://owen.ru/catalog/sensor>. (Дата обращения 03.04.2021).

2 Петров, И. В. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys / И. В. Петров. – М.: Пролог, 2008 – 441 с.

3 Тепло-сервис [Электронный ресурс] <https://gazservice35.ru/obogrevateli-i-kotly/sostav-dyma-ot-drov.html>. (Дата обращения 02.04.2021).

УДК 681.5.017

Савельева Алена Сергеевна, студент; Savelyeva Alena Sergeevna

Савельев Дмитрий Олегович, старший преподаватель;

Savelyev Dmitriy Olegovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ГИБКОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL OF A FLEXIBLE ROBOTIC CASTING LINE

Аннотация. В статье рассматривается имитационное моделирование технологического процесса на основе литейного производства. С постоянным увеличением объема выпускаемой продукции, а также снижением ее себестоимости сильно связана автоматизация производственных процессов из-за удешевления производства. Это влечет за собой увеличение производительности труда, повышение объемов выпуска продукции, увеличение ее качества, сокращение доли человеческого труда в производственном процессе и интеллектуализацию человеческого труда в целом. Внедрение ГАПС в производство позволит выполнять более сложные технические заказы, что в дальнейшем приведет к увеличению прибыли предприятия.

Abstract. The article discusses the simulation of the technological process based on foundry. Automation of production processes is strongly associated with a constant increase in the volume of manufactured products, as well as a decrease in its cost, due to the reduction in production costs. This entails an increase in labor productivity, an increase in the volume of output, an increase in its quality, a reduction in the share of human labor in the production process and the intellectualization of human labor in general. The introduction of FAMS into production will allow the execution of more complex technical orders, which in the future will lead to an increase in the profit of the enterprise.

Ключевые слова: ГАПС, автоматизация, имитационное моделирование, литейное производство.

Keywords: FAMS, automation, simulation modeling, foundry.

Главной проблемой рассматриваемого технологического производства является длительность технологического процесса литейного производства (далее ТПЛП) и наличие человеческого фактора в нем, что ведет к гораздо большему количеству отходов и брака по сравнению с автоматизированным производством. Внедрение роботизированных ГАПС в ТПЛП позволит выполнять более сложные технические заказы за наименьшее время, что в дальнейшем приведет к увеличению ресурсной клиентской базы и повысит прибыль предприятия ввиду уменьшения количества брака, вызванного человеческим фактором.

Для описания объектов реального мира, работающих в трудных условиях и случайных факторах на производстве, часто используется класс математических моделей, которые называются системами массового обслуживания. Для отслеживания распределения таких трудовых действий, заготовок и изделий (а далее сущностей) и управления ГАПС, была рассмотрена модель технологического процесса (далее ТП) в среде Simulink программы Matlab. Для дискретно-событийного моделирования используется пакет SimEvents. С помощью данного пакета было смоделировано поведение распределенной системы управления, аппаратные конфигурации, передача и сбор информации.

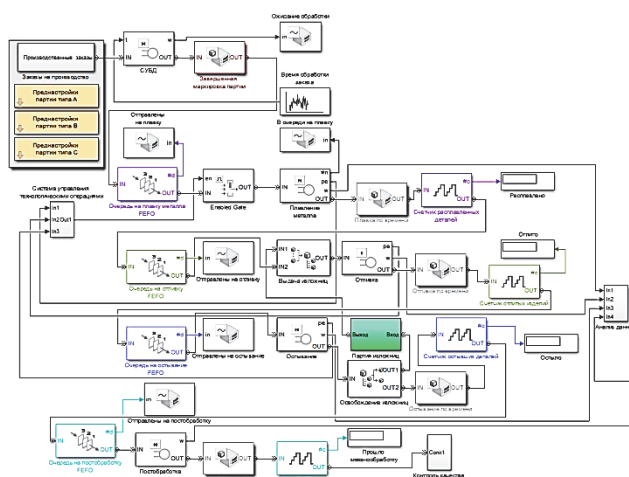


Рисунок 1 – Имитационная модель ТП литейного производства

В имитационной модели ТПЛП, представленной на рисунке 1, отлажен процесс, который разбит на конкретные операции, описанные ранее и подразумевающие этапы литья. Для каждой операции выбрано ограниченное количество роботов, участвующих в ней.

В соответствии с представленными графиками имитационной модели (рисунок 2), можно сделать определенные выводы об использовании каждого сервиса гибкой производственной линии, отследить процессы, которые нуждаются в увеличении производительности. Например, исходя из представленных данных видно, что сервис отливки имеет простои из-за недостаточного количества изложниц на следующем этапе охлаждения. Увеличив их количество, вырастет производительность партии изделий.

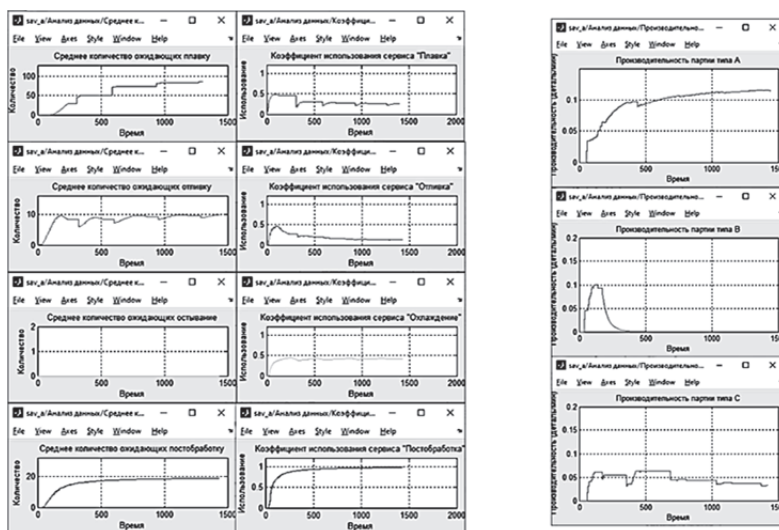


Рисунок 2 – Графики переходных процессов имитационной модели литейного производства

Процесс автоматизации производства приводит к положительным результатам: исключение ошибок из-за человеческого фактора, повышение качества продукции, снижение издержек.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Морозов В.К., Рогачев Г.Н. Моделирование информационных и динамических систем М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 384 с.
- 2 Калабеков И.Г. Российские реформы в цифрах и фактах. (Издание второе, переработанное и дополненное). – М.: РУСАКИ, 2010. – 498 с.
- 3 Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS.3-е изд.-СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004.-847 с., ил.

УДК 681.500

Садовский Дмитрий Дмитриевич, студент; Sadovsky Dmitry Dmitrievich
Васильченко Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Vasilchenko Sergey Alexandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE AUTOMATION SYSTEM OF A THERMAL POWER PLANT

Аннотация. В работе приведено описание проблем системы автоматизации парового котла БКЗ-210-140 на Амурской ТЭЦ-1 и ленточного конвейера. В работе приведено описание проблем связанных с эксплуатацией устаревших систем автоматического управления, а также предлагается модернизация.

Abstract. The paper describes the problems of the automation system of the steam boiler BKZ-210-140 at the Amur CHP-1 and the belt conveyor. The paper describes the problems associated with the operation of outdated automatic control systems and also proposes modernization.

Ключевые слова: программно технический комплекс, автоматизация, паровой котёл, ленточный конвейер.

Keywords: software and hardware complex, automation, steam boiler, belt conveyor.

Исследование проблем эксплуатации парового котла БКЗ-210-140 на Амурской ТЭЦ-1 показывает, что на данный момент времени действующее оборудование автоматического регулирования не является эффективным, по современным меркам. В частности проблема не полностью сгоревшего твёрдого угольного топлива снижает коэффициент полезного действия. Нет возможности в полной мере проконтролировать данный процесс.

Автоматическая система регулирования тепловой нагрузки состоит из датчика давления в барабане котла (Магнитомодуляционный датчик МПЭ-МИ), датчика давления за стопорным клапаном парового турбоагрегата, датчика расхода перегретого пара (ДМЭР-МИ). Регулирующих приборов (РП4-У), задатчика (РЗД-22) блока динамической связи (БДС), Блока интегрирующего задатчика (БЗИ).

Первое, что можно заметить отсутствие датчика анализа кислорода это определённо говорит об отсутствии коррекции режима горения по количеству кислорода.

Вторая проблема заключается в том, что используемые приборы и датчики уже устарели и выработали свой ресурс. Это приводит к поломкам, что недопустимо для надёжной эксплуатации.

Третья проблема заключается в том, что система является многоконтурной в которой много между собой связанных приборов. При наличии неисправности бывает не просто быстро её устранить, так как много времени уходит на поиски.

Регулятор температуры перегретого пара состоит из четырёх термопар каждая из которых соединена с регулирующим блоком (РП4) каждый из которых соединён с исполнительным механизмом (МЭО 630/25). Термопары расположены на выходе из первой и второй ступени пароохладителя и одной корректирующей расположенной за главной паровой задвижкой котла соединённой с блоком динамической связи (БДС).

Проблема регулирования температуры перегретого пара состоит в том, что при нормальной производительности котла (210 тон в час) не хватает перегрева, вследствие чего теряется возможность регулирования. Регулятору приходится полностью закрывать регулирующие органы при нарастании температуры открывать при этом наблюдаются ощутимые колебания температуры, что недопустимо для надёжной эксплуатации паровых турбин. В ходе наблюдений было замечено, что на температуру перегретого пара влияет положение факела в топке котла, регулирование по-

ложения осуществлялось регуляторами вторичных воздушных потоков. Это позволило набрать необходимую температуру и стабилизировать работу регуляторов температуры, переместив клапаны исполнительных механизмов в зону регулирования.

Конечно, есть и другие факторы, влияющие на регулирование температуры перегретого пара

Такие как давление питательной воды - ощутимые изменения при одном и том же положении клапана изменяется расходная характеристика клапана.

Данная ситуация наблюдается только на первых ступенях регуляторов температуры перегретого пара, потому что в парохладитель поступает питательная вода после первой ступени экономайзера. Вторые ступени регуляторов более стабильны и имеют плавное регулирование, так как в парохладитель вода поступает от устройства отбора собственного конденсата.

Автоматическая система регулирования питания кола БКЗ 210-140 на Амурской ТЭЦ-1 реализована на трёх импульсной системе Датчик расхода питательной воды (ДМЭР-МИ), датчик расхода пара (ДМЭР-МИ), датчик уровня в барабане (ДМЭУ-МИ) регулирующий прибор (РП-4). Несмотря на то, что данная система устойчивая с ней порой возникают проблемы в виду того что оборудование изношенное возникают отказы. Одна из проблем характерная для датчиков (ДМЭР-МИ) заключается при большом изменении нагрузки датчик часто выходит из зоны видимости и на регулирующем приборе происходит обрыв сигнала и соответственно система регулирования перестаёт работать.

Тракт топливоподачи Амурской ТЭЦ-1 спроектирован в 70 годах 20 века. При проектировании приняты решения соответствующие уровню развития электропривода на то время. Электропривод ленточных конвейеров, ленточных и качающихся питателей, молотковых дробилок выполнен с применением 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. 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.

Решить настоящие проблемы поможет современный программно-технический комплекс. Для этого в данной работе планируется разработать систему с таким программно-техническим комплексом, который позволит качественно решить все упомянутые проблемы.

Рассмотренные здесь проблемы модернизации систем автоматики Амурской ТЭЦ-1 в настоящее время актуальны. Актуальность обусловлена тем, что Амурская ТЭЦ-1 – это основной источник электроэнергии и тепла для Амурского района, где достаточно велики коммунально-бытовые и производственные нагрузки. Снижение выработки тепла и электрической энергии этой теплоэлектроцентралью, особенно в зимний период, приведет заметным экономическим потерям, а также несет определенную угрозу жизни населения и сохранности систем теплофикации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ключев А.С., Наладка систем автоматического регулирования котлоагрегатов А.С. Ключев, А.Г. Товарнов. - М. : Энергия 1970.-280с.

2 Елизаров И.А. Технические средства автоматизации. Программно технические комплексы и контроллеры: учебн. пособие / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе, С.В. Фролов. - М. : Издательство Машиностроение – 2004.-180 с.

УДК 004.94:001.892

Салогуб Дмитрий Дмитриевич, студент; Salogub Dmitriy Dmitrievich.

Пьянов Иван Владимирович, кандидат физико-математических наук; Pyanov Ivan Vladimirovich.

Национальный исследовательский университет "МИЭТ"

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗУЕМОСТИ КОНСТРУКЦИИ ШАРНИРНОГО МЕХАНИЗМА УНИФИЦИРОВАННОГО МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

STUDY OF PERFORMANCE AND TECHNOLOGICAL REALIZABILITY OF THE HINGE MECHANISM DESIGN OF THE UNIFIED MECHANICAL MODULE FOR ROBOTECNICAL DESIGN

Аннотация. Робототехника сегодня нуждается в унифицированном исполнительном механизме, обладающем не менее, чем тремя степенями свободы, в связи с чем было принято решение разработать шарнирный механизм, являющийся базой для унифицированного мехатронного модуля, удовлетворяющего данным условиям. Проект получил поддержку Фонда перспективных исследований, и сейчас находится на стадии создания лабораторного образца устройства, которое требует решения прямой и обратной задач кинематики, а также подбора подходящей технологии изготовления деталей. На данный момент изготовлен макетный образец, подтверждающий работоспособность разрабатываемой конструкции и начато решение задач кинематики.

Abstract. Nowadays robotics needs a unified actuating mechanism with at least three degrees of freedom, and that is why it was made a decision to develop a hinge mechanism, which is the basis for a unified mechatronic module, that satisfies the conditions. This project was given Advanced Research Foundation support, and now is being at the stage of laboratory sample creating, that requires direct and inverse kinematic problems solving, as well as suitable parts manufacture technology selection. At the moment, mock-up sample, which confirms the operability of the design being developed, has been manufactured, and the solution of kinematics problems has begun.

Ключевые слова: шарнирный механизм манипулятора, робототехника, протезирование, гидравлика, моделирование, мехатроника, 3D печать.

Keywords: articulated mechanism of a manipulator, robotics, prosthetics, hydraulics, modeling, mechatronics, 3D printing.

Робототехника сегодня, несмотря на возрастающую её популярность и совершенствование, по-прежнему остаётся сферой, для входа в которую требуется обладать определённой квалификацией. Кроме того, в сфере протезирования и антропоморфической робототехники до сих пор существует проблема отсутствия исполнительных механизмов, способных в полной мере воспроизвести функции суставов человека, обладающих тремя степенями свободы, а именно – плечевого и тазобедренного. [1] Существующие решения предполагают использование одноосевых двигателей в качестве шарниров, что предполагает создание сложных систем, включающих в себя редукторы. [2] Сложность реализуемого решения неизбежно влечёт уязвимость к повреждениям и выходам из строя, а также влечёт увеличение габаритов установки. Отдельно следует отметить проблему сложности реконфигурирования робототехнических систем. Зачастую детали узлов уникальны и нельзя заменить одним узлом другой. Роботы отличаются разнообразием технических решений, напрочь игнорируя унификацию и взаимозаменяемость, что делает невозможным при ремонте заменять повреждённый узел одного робота таким же неповреждённым узлом другого. [3, 4] Робототехнические системы в большинстве своём сложны и не могут быть собраны и/или отремонтированы без участия специалистов высокой квалификации. В связи с существованием таких проблем было принято решение разработать унифицированный мехатронный модуль на базе шарнирного механизма с тремя степенями свободы, применение которого возможно при практическом конструировании протезов и манипуляторов робототехнических систем широкого применения. Такое устройство упрощает процесс проектирования и создания робототехнических систем, увеличивает количество потенциальных разработчиков и делает робототехнику доступной инженерно-техническому составу среднего уровня подготовки. Кроме того, унифицированность модулей повышает ремонтпригодность и возможности реконфигурации, что нельзя не оценить при создании и использовании систем специального назначения. [5, 6]

Наличие не менее трёх степеней свободы позволит создавать наиболее совершенные протезы конечностей человека, а также создавать избыточные робототехнические системы, потенциал которых в полной мере раскрывается в условиях ограниченности пространства как, например, это происходит в манипуляторах космических аппаратов.

Актуальность разработки такого устройства была подтверждена Фондом перспективных исследований. Проект победил в конкурсе Умник-Электроника 2020, что подтверждает его актуальность, и получил финансовую поддержку Фонда перспективных исследований. Создание устройства на базе шарнирного механизма, вторичным энергоносителем которого являлось электромагнитное поле, конструктивное решение которого зарегистрировано на уровне изобретения, было приостановлено ввиду отсутствия доступных технологий изготовления. [7] Актуальность такого решения сохраняется, но на данном этапе отсутствует возможность практической его реализации. В связи с этим была разработана иная конструкция, вторичным энергоносителем которой является давление рабочего тела. Гидравлика предполагает высокую точность позиционирования рабочего органа, а также усилия на уровне практического применения. Конструкция предлагаемого шарнирного механизма находится в процессе регистрации интеллектуальной собственности на уровне изобретения [8]. Визуализация принципа работы конструкции, а также концепция сборки и детали устройства выполнены с использованием программ Maxon Cinema 4D, Solidworks 2019 SP 4.0 рис.1, 2.

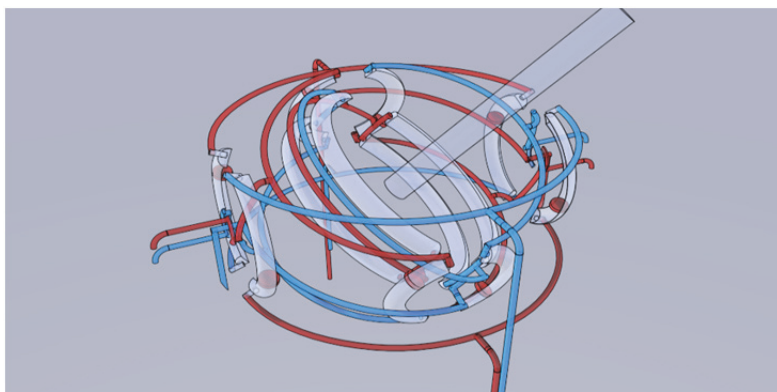


Рисунок 1 - Визуализация внутреннего устройства конструкции

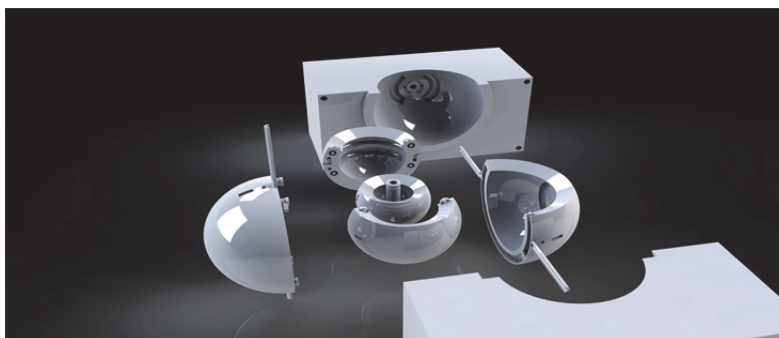


Рисунок 2 - Концепт сборки, Solidworks 2019 SP 4.0

Необходимость практического подтверждения работоспособности и возможности технологической реализации шарнирного механизма предлагаемой конструкции потребовало создания лабораторного образца. Использовались 3D принтеры 3D quality prism mini и Picaso Designer X Pro (технология FFF/FDM). Анализ полученных образцов деталей предопределил предпочтение технологии SLA/DLP, и, в частности, фотополимерному 3D принтеру Anycubic Photon MONO X. Как результат, был создан лабораторный образец (рис. 3), подтвердивший работоспособность предлагаемого технического решения.

В процессе экспериментального исследования мы столкнулись с недостаточностью точности изготовления деталей с точки зрения герметичности. Поэтому на данном этапе планируется рассмотреть возможность изготовления деталей по технологии SLM. В любом случае следует ориентироваться на механическую пост печатную обработку изделий для достижения точности изготовления, обеспечивающую молекулярную герметизацию сопряжения сферических поверхностей так как аддитивные технологии и гидравлика не очень дружат. Хорошая гидравлика требует твёрдых, точных и хорошо притёртых поверхностей. Печать пластмассами и металлами формирует шероховатость в пределах 15-200 мкм. А для гидравлики требуется практически зеркало $Ra = 0,05$ мкм. Поэтому предполагаемая технология должна содержать этапы: печать, закалку или поверхностное упрочнение, шлифование в размер и полировку. Печать осуществляется из очень узкого спектра материалов по сравнению с требуемыми. Уйти от необходимости столь сложной обработки сферических поверхностей предлагается установкой плоскопараллельных силовых металлокерамических картриджей в полюсах поворота сопрягаемых сфер.



Рисунок 3 - Лабораторный образец шарнира

Важной частью разработки является создание системы управления устройством. Выполнены исследования по возможности применения существующего программного обеспечения. Использовались программы MAXON Cinema 4D, Blender, а также дополнение к Matlab – «Robotics Toolbox by Peter Corke» и аналогичные им. В процессе их использования получены рабочие зоны одного, двух и трех модульных манипуляторов, рис. 4. [9].

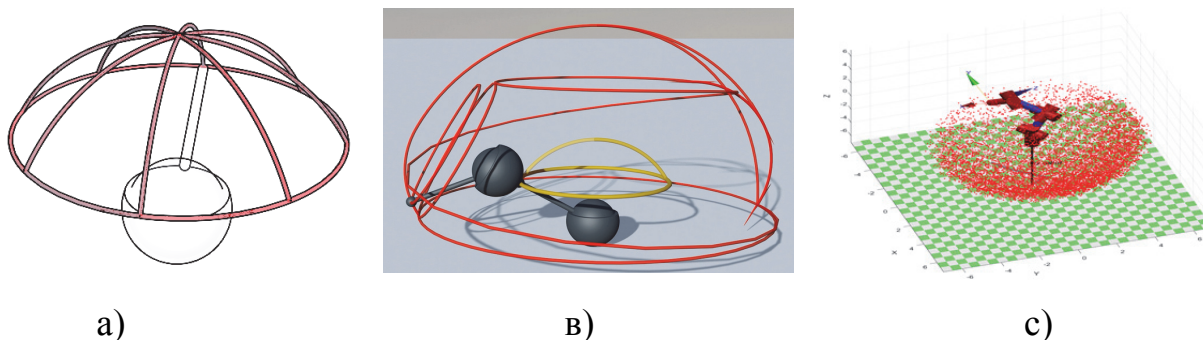


Рисунок 4 - Рабочая зона устройства, а) одномодульного, б) двухмодульного, в) трёх модульного манипулятора (с массивом от 10000 точек)

Установлена необходимость решения обратной задачи кинематики способом, отличным от аналитического ввиду её сложности и неоднозначности, создаваемой бесконечностью возможных решений, которая, в свою очередь, должна устраняться путём ввода значительного количества тех или иных ограничений перемещения рабочего органа, как, например, необходимость следования по кратчайшему пути к точке. Работа по решению прямой и обратной задач кинематики для манипуляторов на базе N шарнирных механизмов и $N-1$ связей между ними предполагает использование эвристических и нейро сетевых методов. [10]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Zinovia Zorina. Артродология -биомеханика суставов. USMF "N.Testemițanu". Catedra Anatomia omului. <https://docplayer.ru/30530285-Artrologiya-biomehanika-sustavov.html>.

2 Двигатели переменного тока Kollmorgen. <http://kollmorgen-drive.ru/kollmorgen-drive/dvigateli-peremennogo-toka-kollmorgen>.

3 Унификация боевых роботов и модулей вооружения. <https://zen.yandex.ru/media/armsblog/unifikaciia-boevyh-robotov-i-modulei-voorujeniia-5cfb99c0ba657800b0cc3d33>.

4 Национальный центр робототехники Унификация в робототехнике <https://docplayer.ru/154284382-Nacionalnyy-centr-robototehniki-unifikaciya-v-robototehnike.html>.

5 Д.Д.Салогуб Исследование унифицированного шарнирного механизма мехатронного модуля для конструирования робототехнических систем, стр. 228. Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Образование в военно-инженерном деле: теория и практика» Часть II. – Тюмень: ТВВИ-КУ, 2020. – 752 с.

6 Д. Д. Салогуб, М. С. Сарыгин Проектирование унифицированного мехатронного модуля на базе шарнирного механизма для конструирования робототехнических систем, стр. 83, Актуальные проблемы информатизации в цифровой экономике и научных исследованиях. Международная научно-практическая конференция: тезисы докладов. – М.: МИЭТ, 2019.-112с.;

7 SALOGUB Dmitrii, Mecanism articulat al manipulatorului, INVENȚII 4619, B1,MD - BOPI 2/2019.

8 Д.Д.Салогуб Разработка шарнирного механизма манипулятора, интегрированного сдвигателями, обладающего не менее, чем тремя степенями свободы для использования в унифицированных мехатронных модулях, применяемых при конструировании антропоморфных и других робототехнических систем. Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2020» [Электронный ресурс]– Режим доступа: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020/index.htm , свободный.

9 Д. Д .Салогуб, М. С. Сарыгин Исследование рабочей зоны унифицированного шарнирного механизма, интегрированного с двигателями, обеспечивающими не менее трех степеней свободы 27-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика - 2020».

10 Бжихатлов И.А. Моделирование робототехнических систем в программе V-REP. Учебно-Методическое пособие. –СПб: Университет ИТМО, 2018. –59с. URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2351.pdf> (дата обращения 23.02.2021г.).

УДК 621.315

Славнов Кирилл Константинович, магистр; Slavnov Kirill

Соловьёв Вячеслав Алексеевич, доктор технических наук, профессор;

Solovyov Vyacheslav Alekseevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ И НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

CLASSIFICATION OF POWER LINE DEFECTS AND MALFUNCTIONS

Аннотация. В данной работе рассмотрены основные дефекты и повреждения линий электропередач, представлены критерии их браковки, произведена классификация неисправностей по месту их возникновения.

Abstract. In this paper, the main defects and damages of power transmission lines are considered, the criteria for their rejection are presented, and the classification of malfunctions is made according to the place of their occurrence.

Ключевые слова: линии электропередач.

Keywords: power line.

Линия электропередач (ЛЭП) представляет собой протяжённое сооружение из проводов, кабелей, опор, изоляторов и вспомогательных устройств, предназначенное для передачи или распределения электрической энергии между электростанцией и потребителями.

По месту возникновения дефекты можно разделить на две группы: дефекты, связанные с трассой, и дефекты непосредственно элементов ЛЭП. К первой группе следует отнести следующие случаи:

1 несоответствие ширины просеки установленным нормам;
2 наличие на краю просеки деревьев, угрожающих падением на провода ВЛ;

3 наличие на просеке деревьев и кустарников высотой, превышающей установленной нормы;

4 наличие не предусмотренных проектом объектов на трассе ВЛ.

Все вышеперечисленные случаи не допустимы.[1]

Ко второй группе относятся дефекты проводов, изоляторов, опор.

Из всех компонентов, используемых в линии электропередачи, проводник является наиболее важным, но он также является наиболее восприимчивым компонентом, подверженным любым недостаткам в монтаже. Это приводит к высокой степени повреждения этого компонента.[2] Одним из критериев браковки является потеря сечения провода. При потере сечения провода до 17%, но не более четырёх проволок техническое состояние провода считается работоспособным; при потере сечения до 34% - непригодным; более 34% - неработоспособным.[3] Недопустимо наличие набросов, оборванных проволок, следов перекрытия, оплавления на проводах и грозозащитных тросах.

Дефекты опор зависят от материала, из которого она изготовлена. Так, для металлических опор не допустимы следующие повреждения: нарушение плоскости контакта между опорной плитой пяты металлической опоры и фундаментом; прогиб поясных уголков и сжатых элементов решетки в пределах панели более 20 мм; сквозное коррозионное поражение; трещины в сварных швах и околошовной зоны. Для деревянных опор характерным дефектом является гниение опоры.

Для всех опор, независимо от материала, недопустимо превышение отклонения стойки опоры от вертикальной оси вдоль и поперёк воздушной линии; недопустимо искривление стойки одностоечной, свободностоящей опоры больше 10см; недопустимо наличие на опорах птичьих гнёзд и других посторонних объектов, создающих угрозу для отключения ВЛ; недопустим рост оврагов вблизи оснований опор.

Недопустимым дефектом изолятора, независимо от материала изготовления, является нарушение целостности изолятора: сколы, трещины, оплавления, загрязнения.

Таким образом, предложенную классификацию можно использовать для мониторинга состояния линии электропередач с помощью средств фото- и видеофиксации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Методические указания по оценке технического состояния воздушных линий электропередачи напряжением 35 – 750 кВ и их элементов. Служба передового опыта ОРГРЭС. – М.: 1996. – 37 с.

2 Игнатенко, И.В. Новый подход к оценке состояния электрического соединения / И.В. Игнатенко, С.А. Власенко, Р.С. Кавлак // Энергетик. – 2017. – № 5. – С. 21–24.

3 РД 34.45-51.300-97 Объем и нормы испытаний электрооборудования. 6-е издание, с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.03.2001 – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 256 с.

4 СТО 56947007-29.240.003-2008 Методические указания по дистанционному оптическому контролю изоляции воздушных линий электропередачи и распределительных устройств переменного тока напряжением 35-1150 кВ. – М.: 2005. – 31 с.

5 РД 34.20.504-94 Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 200 с.

6 СО 34.04.181-2003 Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей. – М.: 2004. – 269 с.

УДК 534.01

Смирнов Алексей Сергеевич, ассистент; Smirnov Alexey Sergeevich
Смольников Борис Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник; Smolnikov Boris Aleksandrovich
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт проблем машиноведения Российской академии наук

КОЛЛИНЕАРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ОДНОЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА С ПЕРЕМЕННЫМ УСИЛЕНИЕМ

COLLINEAR CONTROL OF SINGLE-LINK MANIPULATOR MOTION WITH VARIABLE GAIN

Аннотация. Работа посвящена анализу управляемых режимов движения однозвенного манипулятора под действием коллинеарного управления с коэффициентом усиления, являющимся функцией переменных состояния. Показано, что такое управление позволяет наиболее гибко регулировать движения системы и выводить их на любой желаемый уровень энергии. Полученные результаты сопровождаются графическими иллюстрациями.

Abstract. The work is devoted to the study of controlled modes of a single-link manipulator motion under the action of collinear control with a gain that is a function of state variables. It is shown that such control allows the most flexible regulation of the system movements and bringing them to any desired energy level. The obtained results are accompanied by graphic illustrations.

Ключевые слова: маятник, коллинеарное управление, авторезонанс.

Keywords: pendulum, collinear control, autoresonance.

Управлению движением однозвенного манипулятора в поле силы тяжести, который можно трактовать как обычный математический маятник массы m и длины l , посвящено большое количество литературы. Известно, что для возбуждения резонансного режима, который характеризуется наращиванием полной энергии, целесообразно прикладывать управляющие воздействия по принципу обратной связи, т. е. формировать авторезонансное управление [1]. Наиболее простым является коллинеарное управление, когда управляющий момент M в шарнире формируется пропорционально кинетическому моменту $K = ml^2\dot{\varphi}$ с коэффициентом усиления γ . Тогда уравнение управляемого движения для угла отклонения φ примет вид:

$$ml^2\ddot{\varphi} + mgl \sin \varphi = M = \gamma ml^2\dot{\varphi}. \quad (1)$$

В [2] было рассмотрено данное уравнение при $\gamma = \text{const}$, когда управление неограниченно наращивает энергию системы. Однако наиболее часто требуется вывести систему на некоторый заданный энергетический уровень E_∞ , отвечающий колебательным или круговращательным движениям [3]. Полагая для этого, что $\gamma = \gamma(\varphi, \dot{\varphi})$, т. е. коэффициент усиления является функцией переменных состояния, примем ее в виде: $\gamma(\varphi, \dot{\varphi}) = \gamma_0 \frac{E_\infty - E}{mgl}$, где деление на mgl осуществляется из соображений размерности, а γ_0 – постоянный параметр. Это означает, что величина γ постепенно уменьшается при приближении E к E_∞ , тем самым происходит выход энергии на заданный уровень. Учитывая, что энергия E задается выражением

$$E = \frac{1}{2}ml^2[\dot{\varphi}^2 + 2k^2(1 - \cos \varphi)] \quad (2)$$

где обозначено $k^2 = g/l$, приведем уравнение (1) к виду:

$$\ddot{\varphi} + k^2 \sin \varphi = 2\gamma_0 \left[\alpha_\infty - \frac{1}{4} \left(\frac{\dot{\varphi}}{k} \right)^2 - \sin^2 \frac{\varphi}{2} \right] \dot{\varphi}, \quad (3)$$

где $\alpha_\infty = E_\infty/(2mgl)$ – безразмерная желаемая энергия. Если $\alpha_\infty < 1$, то желаемому уровню отвечают колебательные движения, если же $\alpha_\infty > 1$, то круговращательные. Уравнение (3) допускает несложное аналитическое решение для случая малых колебаний, когда α_∞ сравнительно невелико. Связывая α_∞ с амплитудой желаемых колебаний A : $\alpha_\infty = (1 - \cos A)/2$, получим согласно (3) с учетом малости колебаний следующее уравнение:

$$\ddot{\varphi} + k^2 \varphi = \frac{1}{2}\gamma_0 \left[A^2 - \varphi^2 - \left(\frac{\dot{\varphi}}{k} \right)^2 \right] \dot{\varphi} = Q(\varphi, \dot{\varphi}). \quad (4)$$

Полагая нелинейность $Q(\varphi, \dot{\varphi})$ за счет управления достаточно малой, будем разыскивать решение (4) в виде $\varphi = a \cos \psi$, где $a = a(t)$ – медленно меняющаяся функция времени, характеризующая амплитуду колебаний, а $\psi = kt + \psi_0$ – полная фаза, выражение для которой не отличается от линейной модели, т. к. консервативная нелинейность в (4) не учтена. Используя метод усреднения, запишем усредненное уравнение для определения a :

$$\dot{a} = -\frac{1}{2\pi k} \int_0^{2\pi} Q(a \cos \psi, -ak \sin \psi) \sin \psi d\psi. \quad (5)$$

В результате получим уравнение, которое можно легко решить:

$$\dot{a} = \frac{1}{4}\gamma_0 a(A^2 - a^2), \quad a(t) = \frac{a_0 A e^{A^2 \gamma_0 t/4}}{\sqrt{A^2 + a_0^2 (e^{A^2 \gamma_0 t/2} - 1)}}, \quad (6)$$

где $a = a_0$ при $t = 0$. Отсюда видно, что $a \rightarrow A$ при $t \rightarrow \infty$, как это и должно быть. Процесс управляемого движения для небольших отклонений, полученный с помощью численного интегрирования, показан на рис. 1, где углы приведены в градусах, а также изображены огибающие графика (6). Остается представить аналогичные процессы для случаев немалых значений α_∞ , отвечающих колебательным и круговращательным движениям. Учитывая, что пограничным значением между этими вариантами является $\alpha_\infty = 1$, построим графики для $\alpha_\infty = 0.99$ и $\alpha_\infty = 1.01$, которые показаны на рис. 2 и 3 соответственно. В первой ситуации система постепенно выходит на режим колебаний с большой амплитудой, чуть меньшей 180 градусов. При этом видно, что в процессе нарастания амплитуды дрейфует и период колебаний, постепенно увеличиваясь. Во второй ситуации колебания плавно переходят в круговращения с заданным уровнем энергии.

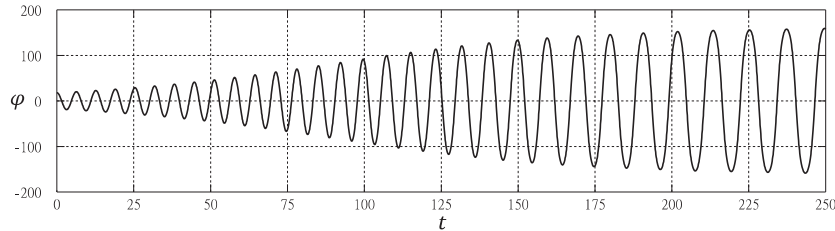


Рисунок 1 – Разгон маятника в случае $\alpha_\infty = 1/16$

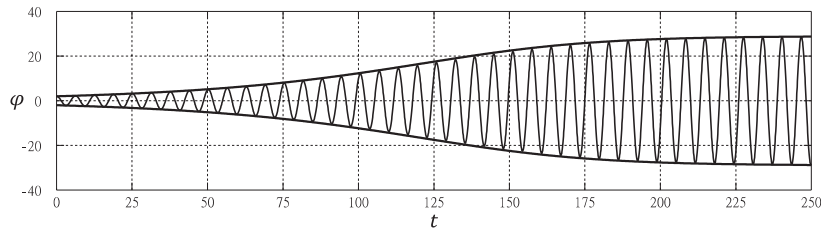


Рисунок 2 – Разгон маятника в случае $\alpha_\infty = 0.99$

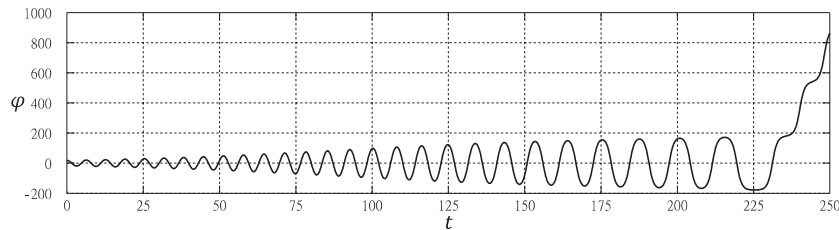


Рисунок 3 – Разгон маятника в случае $\alpha_\infty = 1.01$

Резюмируя результаты проведенного исследования, можно заключить, что представленная модификация коллинеарного закона управления позволяет добиться плавного вывода движений манипулятора на любой заданный энергетический уровень. Поэтому указанное управление целесообразно использовать и в более сложных прикладных задачах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Динамика машин и управление машинами. Справочник. Под ред. Г. В. Крейнина. М.: Машиностроение, 1988. 240 с.

2 Смирнов А.С., Смольников Б.А. Управление процессом раскачивания качелей // Неделя науки СПбПУ. ИПММ. 2016. С. 106-109.

3 Фрадков А.Л. Кибернетическая физика. СПб.: Наука, 2003. 208 с.

УДК 681.5

Телепнев Алексей, студент; Telepnev Alexey

Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент;

Egorov Vladislav Alekseevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАСОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПРОМЫШЛЕННОГО КОНТРОЛЛЕРА В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ

USING INDUSTRIAL CONTROLLER REAL TIME CLOCK IN CONTROL TASKS

Аннотация. В работе описаны средства, позволяющие использовать часы реального времени промышленного контроллера в задачах управления технологическим оборудованием.

Abstract. The paper describes the means that allow using the real-time clock of an industrial controller in the tasks of controlling technological equipment.

Ключевые слова: промышленный контроллер, часы реального времени, управление технологическим оборудованием.

Keywords: industrial controller, real time clock, process equipment control.

Существует множество задач управления технологическим оборудованием, в которых необходима привязка ко времени. Любой промышленный контроллер имеет встроенные часы реального времени, которые могут быть использованы для решения подобных задач.

Для промышленного контроллера ПЛК160М фирмы ОВЕН существует простой способ доступа к встроенным часам реального времени с использованием библиотеки SysLibTime.lib, предназначенной для установки и считывания системного времени ПЛК. Библиотека содержит в себе функциональный блок CurTimeEx. В этом функциональном блоке имеется две структуры, одна типа «SysTime64», содержащая время с момента загрузки ПЛК в миллисекундах, другая типа «SystemTimeDate», отвечающая за дату и время.

Структура «SysTime64» имеет следующие поля:

TYPE SysTime64 :

STRUCT

```

ulLow:DWORD;(*Содержит 0*)
ulHigh:DWORD;(*Содержит время с момента загрузки ПЛК в миллисекундах*)
END_STRUCT
END_TYPE

```

Структура «SystemTimeDate» содержит поля:

TYPE SystemTimeDate :

```

STRUCT
    dwLowMSecs : DWORD;
    dwHighMsec : DWORD;
    Year : UINT; (*Год*)  Month : UINT; (*Месяц*)
    Day : UINT; (*День*)  Hour : UINT; (*Часы*)
    Minute : UINT; (*Минуты*)  Second : UINT; (*Секунды*)
    Milliseconds : UINT; (*Миллисекунды*)
    DayOfWeek : UINT; (*День недели – числа от 0 до 6, 0 – воскресенье*)
END_STRUCT
END_TYPE

```

Рассмотрим пример использования описанной выше библиотеки, для отображения на семисегментных индикаторах мнемосхемы - часов, минут и секунд часов реального времени ПЛК.

Структура проекта изображена на рисунке 1.

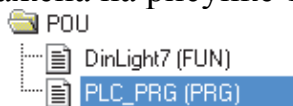


Рисунок 7 - Структура проекта

Проект содержит главную программу PLC_PRG и функцию DinLight7, отображающую время на семисегментных индикаторах мнемосхемы.

Текст программы PLC_PRG:

PROGRAM PLC_PRG

VAR

```

HN,HM,MiH,MiM,SH,SM: BYTE; byLight1: BYTE; byLight2: BYTE;
byLight3: BYTE; byLight4: BYTE; byLight5: BYTE; byLight6: BYTE;
GetTime: CurTimeEx; (*создание экземпляра блока CurTimeEx*)
TimeAndDate: SystemTimeDate; (*создание экземпляра структуры*)
Sys_Time: SysTime64; (*создание экземпляра структуры*)
Hour:UINT; Minute:UINT; Second: UINT;

```

END_VAR

```

(*настройка режима чтения времени блока GetTime*)
TimeAndDate.DayOfWeek :=0; TimeAndDate.dwHighMsec :=0;
TimeAndDate.dwLowMSecs :=0; TimeAndDate.Year :=0; TimeAndDate.Month :=0;
TimeAndDate.Day :=0; TimeAndDate.Hour :=0; TimeAndDate.Minute :=0;
TimeAndDate.Second :=0; TimeAndDate.Milliseconds :=0;
Sys_time.ulHigh :=0; Sys_time.ulLow :=0;
GetTime (SystemTime:=Sys_Time , TimeDate:= TimeAndDate);
(*чтение часов, минут и секунд*)
Hour:=TimeAndDate.Hour; Minute:=TimeAndDate.Minute;
Second:=TimeAndDate.Second;
(*выделение десятков и единиц часа, минуты и секунды*)

```

```

HH:=UINT_TO_BYTE(Hour/10); HM:=UINT_TO_BYTE(Hour MOD 10);
MiH:=UINT_TO_BYTE(Minute/10); MiM:=UINT_TO_BYTE(Minute MOD 10);
SH:=UINT_TO_BYTE(Second/10); SM:=UINT_TO_BYTE(Second MOD 10);
(*отображение десятков и единиц часа, минуты и секунды*)
byLight4:=DinLight7(HH); (*десятки*) byLight3:=DinLight7(HM); (*единицы часов*)
byLight2:=DinLight7(MiH); (*десятки*) byLight1:=DinLight7(MiM); (*единицы минут*)
byLight6:=DinLight7(SH); (*десятки*) byLight5:=DinLight7(SM); (*единицы секунд*)
    Функция DinLight7, отображающая время на семисегментных индикаторах
    мнемосхемы:
FUNCTION DinLight7 : BYTE
VAR_INPUT IN:BYTE; END_VAR
VAR
    LightCodes: ARRAY[0..9] OF BYTE := 16#3F, 16#06, 16#5B,
    16#4F, 16#66, 16#6D, 16#7D, 16#07, 16#7F, 16#6F;
END_VAR

IN := IN AND 16#0F;
DinLight7 := LightCodes[IN];

```

Отображение содержимого часов реального времени ПЛК на мнемосхеме показано на рисунке 2.

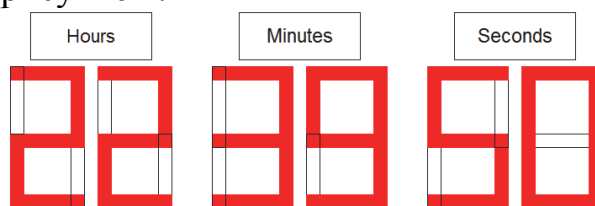


Рисунок 8 – Отображение содержимого часов реального времени ПЛК на мнемосхеме

Для работы с часами реального времени в описанной программе: – создается экземпляр функционального блока CurTimeEx и экземпляры структур SystemTimeDate и SysTime64; – обнуляются поля структур блока GetTime. Обнуленные значения полей записываются на входы-выходы блока, что обеспечивает режим чтения времени; – считываются значения часов, минут и секунд из соответствующих полей экземпляра структуры SystemTimeDate; – выделяются десятки и единицы часов, минут и секунд, которые отображаются на индикаторах мнемосхемы (рисунок 2), при помощи функции DinLight7().

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Руководство по эксплуатации ПЛК 160 [Электронный ресурс] / ОВЕН оборудование для автоматизации: URL: https://owen.ru/uploads/rie_plk160.pdf, свободный. Загл. с экрана.

2 Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3 [Электронный ресурс] / ОВЕН оборудование для автоматизации; Документация программного комплекса – CoDeSys: URL: https://ftp.owen.ru/CoDeSys23/06_Documentation/Cds23_Manual_v2.8.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

ВЛИЯНИЕ ПОРЯДКА АЛГОРИТМА НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА СИСТЕМЫ ТАКАГИ-СУГЕНО ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

INFLUENCE OF THE ORDER OF THE FUZZY OUTPUT ALGORITHM OF THE TAKAGI-SUGENO SYSTEM IN CONTROL OF A DC ELECTRIC DRIVE

Аннотация. В данной работе рассмотрено влияние увеличения порядка алгоритма нечеткого вывода Такаги-Сугено при управлении электроприводом постоянного тока. Приведен сравнительный анализ базовых показателей качества систем управления с классическим регулятором, нулевого, первого и второго порядка алгоритма нечеткого вывода Сугено.

Abstract. This paper considers the effect of increasing the order of the Takagi-Sugeno fuzzy inference algorithm when controlling a DC electric drive. A comparative analysis of the basic quality indicators of control systems with a classical controller, zero, first and second order of the Sugeno fuzzy inference algorithm is presented.

Ключевые слова: электропривод постоянного тока, алгоритм нечеткого вывода Сугено, нечеткий регулятор.

Keywords: DC electric drive, Sugeno fuzzy inference algorithm, fuzzy regulator.

В настоящее время для управления сложными технологическими объектами применяются методы и технологии искусственного интеллекта в качестве средства борьбы с неопределенностью внешней среды, неполноты математического описания, приводящего к существенному количеству допущений и снижению точности работы системы. Наибольшую интеграцию в интеллектуальных регуляторах получила технология нечеткой логики. Благодаря использованию теории нечетких множеств и основанной на ней логике возможно формализовывать неточные категории, образы и знания, делать заключения и выводы оперируя ими, расширять диапазон регулирования, увеличивая информационную составляющую системы [3].

Совокупность всех достоинств системы управления на базе нечеткой логики позволяет получать наиболее адекватные результаты по сравнению с классическими подходами при незначительной потере качества управления. В данной работе представлен сравнительный анализ влияния порядка системы нечеткого вывода Такаги-Сугено при управлении двигателем постоянного тока.

В модели нечеткого вывода Такаги-Сугено правила логического вывода в своих консеквентах содержат функции от входных переменных:

IF x_1 IS $X_{1,i}$ AND ... AND x_n IS $X_{n,i}$ THEN y ;

$$y = f_i(x_1, \dots, x_n), i = 1, \dots, n_R, \quad (1)$$

где $X_{1,i}, \dots, X_{n,i}$ – лингвистические значения в анценденте i -го ла; $f_i(x_1, \dots, x_n)$ – функция в консеквенте i -го правила.

Когда функция $f_i(x_1, \dots, x_n)$ представляет собой константу, правила вида (1) представляют собой систему Сугено нулевого порядка. Когда функция $f_i(x_1, \dots, x_n)$ – это полином первого порядка, то такая система называется системой Сугено первого порядка и т.д.

Для сравнительного анализа влияния порядка системы Сугено на переходные характеристики, производится замена классического регулятора в контуре положения на НЛР с последующей настройкой на: систему Сугено нулевого, первого, второго порядка [1].

Модель регулятора с алгоритмом нечеткого вывода Такаги-Сугено нулевого порядка реализует П – закон управления, функциональная схема которого представлена на рисунке 1.

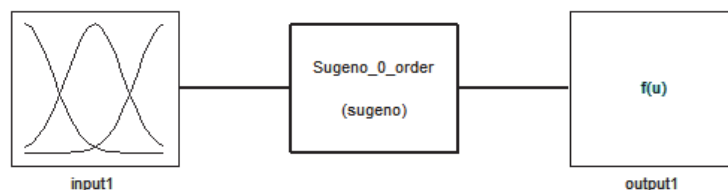


Рисунок 1 – Функциональная схема НЛР с алгоритмом нечеткого вывода Такаги-Сугено нулевого порядка

Лингвистическая переменная “input1” формализует понятия входного сигнала ошибки по положению. Диапазон области определения = $[-8, 8]$. Базовое терм-множество лингвистической переменной input1 представляет собой набор следующих элементов: $input1 = \{mf1, mf2, mf3, mf4, mf5\}$, где mf1 – наибольшее отрицательное значение ошибки по положению; где mf2 – наименьшее отрицательное значение ошибки по положению; где mf3 – нулевое значение; где mf4 – наименьшее положительное значение ошибки по положению; где mf5 – наибольшее положительное значение ошибки по положению [2]. В заданной области определения базового терм-множества равномерно распределены пять функций принадлежности треугольного вида.

Блок дефаззификации описывается лингвистической переменной “output1”, состоящей из пяти констант, реализующих П – закон управления. С учетом выбранного алгоритма нечеткого вывода продукционная база правил будет иметь вид:

1. Если (input1 есть mf1) то (output1= -8);
2. Если (input1 есть mf2) то (output1= -4);
3. Если (input1 есть mf3) то (output1= 0);
4. Если (input1 есть mf4) то (output1= 4);

5. Если (input1 есть mf5) то (output1= 8).

НЛР с алгоритмом нечеткого вывода Такаги-Сугено первого порядка реализующим ПИ – закон управления, отличается лишь правилами логического вывода в своих консеквентах:

1. Если (input1 есть mf1) то (output1= $-1x -8$);
2. Если (input1 есть mf2) то (output1= $1x -4$);
3. Если (input1 есть mf3) то (output1= $0x+0$);
4. Если (input1 есть mf4) то (output1= $-0.4x + 4$);
5. Если (input1 есть mf5) то (output1= $0.02x + 8$).

Модель регулятора с алгоритмом нечеткого вывода Такаги-Сугено второго порядка реализует ПИД – закон управления, функциональная схема которого представлена на рисунке 2.

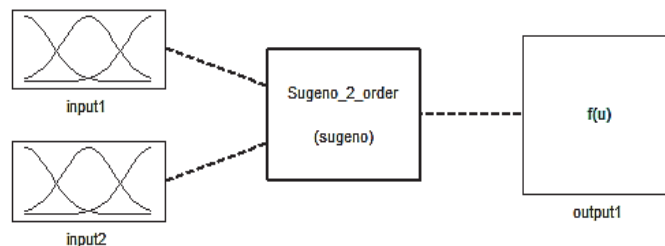


Рисунок 2 – Функциональная схема НЛР с алгоритмом нечеткого вывода Такаги-Сугено второго порядка

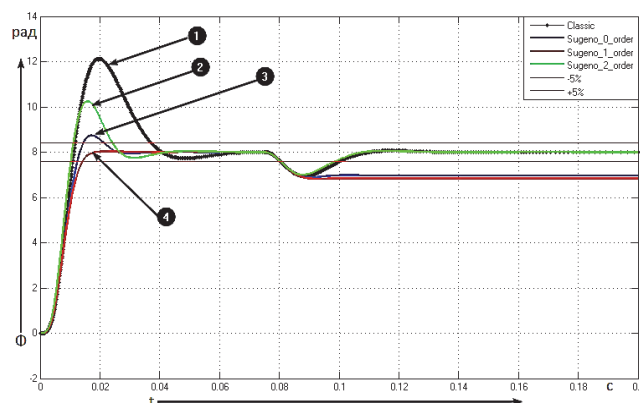
Лингвистическая переменная “input1” формализует понятия входного сигнала ошибки по положению [4]. Диапазон области определения = $[-8 \ 8]$. Базовое терм-множество лингвистической переменной input1 представляет собой набор следующих элементов: $input1 = \{mf1, mf2, mf3, mf4, mf5\}$, где mf1 – наибольшее отрицательное значение ошибки по положению; где mf2 – наименьшее отрицательное значение ошибки по положению; где mf3 – нулевое значение; где mf4 – наименьшее положительное значение ошибки по положению; где mf5 – наибольшее положительное значение ошибки по положению. В заданной области определения базового терм-множества распределены пять функций принадлежности треугольного вида.

Лингвистическая переменная “input2” формализует понятия входного сигнала интеграла ошибки по положению. Диапазон области определения = $[-0.1 \ 0.1]$. Базовое терм-множество лингвистической переменной input2 представляет собой набор следующих элементов: $input2 = \{mf1, mf2, mf3, mf4, mf5\}$, где mf1 – наибольшее отрицательное значение интеграла ошибки по положению; где mf2 – наименьшее отрицательное значение интеграла ошибки по положению; где mf3 – нулевое значение; где mf4 – наименьшее положительное значение интеграла ошибки по положению; где mf5 – наибольшее положительное значение интеграла ошибки по положению. В заданной области определения базового терм-множества распределены пять функций принадлежности треугольного вида. Блок дефаззификации описывается лингвистической переменной “output1”, состоящей из пяти функций от входных переменных, реализующих ПИД – закон управления.

С учетом выбранного алгоритма нечеткого вывода продукционная база правил будет иметь вид:

1. Если (input1 есть mf1) то (output1= $0x-1y-8$);
2. Если (input1 есть mf2) то (output1= $2.5x+1y-4$);
3. Если (input1 есть mf3) то (output1= $1x+50y-5$);
4. Если (input1 есть mf4) то (output1= $0.15x-0.4y+4$);
5. Если (input1 есть mf5) то (output1= $1.1x+0.02y+8$).

Результаты моделирования со сравнительным анализом переходных характеристик систем с классическим регулятором и НЛР нулевого, первого, второго порядка Сугено, представлены на рисунке 3.



- 1 – классический регулятор; 2 – НЛР Сугено второго порядка;
3 – НЛР Сугено нулевого порядка; 4 – НЛР Сугено первого порядка

Рисунок 3 – Переходные характеристики

По результатам моделирования видно, что при реализации алгоритма нечеткого вывода Сугено нулевого порядка, удалось минимизировать перерегулирование при появившейся статической ошибке. При алгоритме Сугено первого порядка переходная характеристика системы имеет минимальное перерегулирование. Алгоритм нечеткого вывода второго порядка позволяет значительно сократить перерегулирование с сохранением астатических свойств системы, относительно классической системы управления.

Результаты моделирования (рисунок 3) показывают, что увеличение порядка алгоритма нечеткого вывода Сугено позволяет реализовывать различные законы управления, подстраиваясь под требования по управлению технологическим устройством. В данной работе была рассмотрена реализация различных законов управления, базирующаяся на различных порядках алгоритма нечеткого вывода Такаги – Сугено.

По полученным переходным характеристикам, можно сделать вывод, что расширение информационной составляющей НЛР, позволяет варьировать статические и динамические характеристики системы управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1Черный, С. П. Анализ влияния параметров объекта регулирования на коэффициенты полинома в алгоритме вывода сугено первого порядка / С. П. Черный, А. К. Тимофеев, А. В. Бузикаева, М. В. Шевченко // Ученые записки КНАГТУ № II - 1(38) 2019 «Науки о природе и технике», С. 21 – 27.

2 Леоненков, А.Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech / А.Ю. Леоненков, – С-Пб. : БХВ, 2003. – 720 с.

3 Соловьев, В.А. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами / В.А.Соловьев, С.П.Черный – Дальнаука, 2010. – 267с.

4 Штобва, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штобва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

УДК 621.314

Хакимов Мухаммаджон Саймухамадович, магистр;

Khakimov Muhammadjon Saimuhamadovich

Мешков Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;

Meshkov Alexandr Sergeevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТЕПЛИЦЕ

OVERVIEW OF EXISTING GREENHOUSE TEMPERATURE REGULATION SOLUTIONS

Аннотация. В статье представлен анализ систем регулирования температуры в теплицах с целью поддержания постоянного значения температуры.

Abstract. The article presents an analysis of temperature control systems in greenhouses in order to maintain a constant temperature value.

Ключевые слова: анализ систем регулирования температуры в теплицах с целью поддержания постоянного значения температуры, выбор терморегуляторов в теплицах.

Keywords: analysis of temperature control systems in greenhouses in order to maintain a constant temperature value, the choice of thermostats in greenhouses.

Современные технологии, которые появились в наши дни более широко используется на современных теплицах. С помощью новейших технологий можно контролировать микроклимат [1], в теплицах. Для этого понадобятся новейшие терморегуляторы, которые дистанционно могут контролировать температуру в теплицах. Выращивание многих сельскохозяйственных культур можно вести в защищённом грунте, который оснащён оборудованием, обеспечивающим создание микроклимата, что создаст благоприятные условия для роста растений не зависимо от состояния внешней среды. Раньше регулировали температуру в теплицах с помощью термометра. А сейчас появилось новое оборудование для регулировки температуры в теплицах. Механический терморегулятор является наибо-

более экономичным вариантом. Работает аппарат по особому принципу, заключающемуся в свойствах некоторых веществ и материалов менять свои механические качества от изменения температуры. Специфичностью механических терморегуляторов является отсутствие электрической составляющей. Чаще всего такой регулятор представляет внешнее электроустановочное изделие, предназначенное для внутренней установки в теплице. Применяется в нагревательных и охлаждающих целях. Внешний вид подобен стандартному запорному крану. Считается простым и практичным устройством. Такой терморегулятор используют во многих теплицах, поскольку он является наиболее экономичным вариантом. Схема механического терморегулятора представлена на рисунке 1.

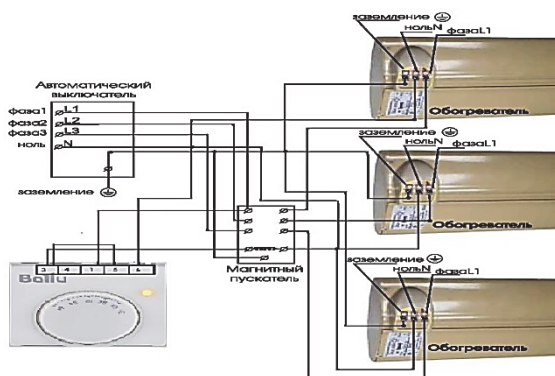


Рисунок 1 – Схема механического терморегулятора

Следующий тип терморегулятор — Это электронный терморегулятор. Является одним из современных терморегуляторов [2], в нашей дни. Такую терморегулятор используют во много тепличный комплексах. Принцип работы такой терморегулятор проста. Потребитель, выставивший в сенсорный терморегулятор необходимые показатели, получает необходимую температуру, регулируемую датчиком на протяжении всего сезона или путем внесения корректировки в показания с помощью электронного терморегулятора. Механизм работы производится за счет прямого воздействия частей системы, в число которых входит насос, смеситель или котел. Схема электронного терморегулятора представлена на рисунке 2.

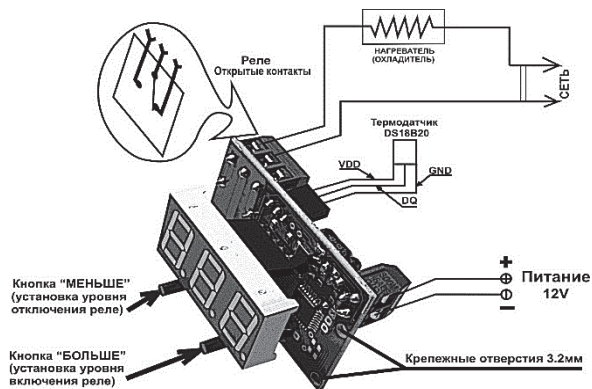


Рисунок 2 – Схема электронного терморегулятора

Одним из современных терморегуляторов является сенсорный терморегулятор. Температура в этом терморегуляторе контролируется с помощью компьютера. Одно дело, когда в программируемый регулятор температуры вводятся необходимые параметры [3], после чего на весь отопительный сезон о нем можно забыть, и другое – постоянный контроль и регулировка, которые требуются механическому термостату каждый день. И это является наиболее простым способом для регулировки температуры в теплицах. Сенсорный терморегулятор используют в современных теплицах. Монограмма сенсорного терморегулятора представлена на рисунке 3.

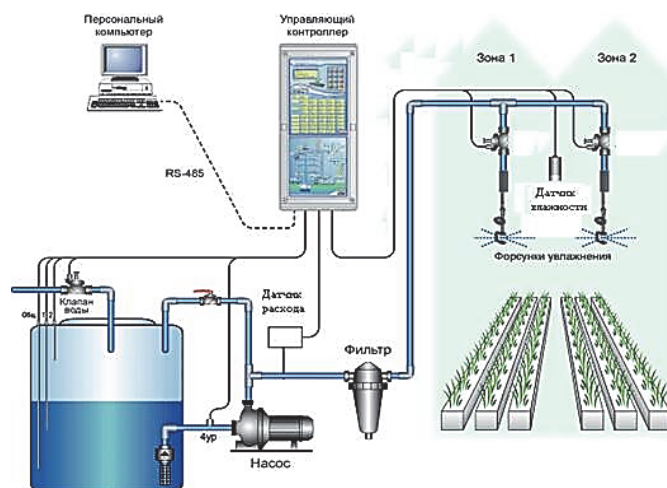


Рисунок 3 – Мнемосхема АСУТП

Вывод: Из три перечисленных терморегуляторов потребители предпочитают сенсорный терморегулятор. В нем запрограммирована программа который предает показатели температуры в теплицах в компьютере. Или если ваша устройства имеет доступ к интернету, такие как телефон и планшет то и также можно следить за температуры в теплицах. Но большинство потребителей не могут себе позволить такую тип терморегулятор поскольку им не позволяет финансовая положения. Поэтому они выбирают к себе в теплицах механическую терморегулятор.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Крейт, Ф. Основы теплопередачи: Пер. с англ./ Ф. Крейт, У. Блэк. – М.: Мир, 1983. – 512с.
- 2 Тевис И.П., Тевис И.П., Ананьев В.А., Шадек Е.Г. Рециркуляционные установки аэродинамического нагрева. Машиностроение, 1986. С. 208.
- 3 Жумахов И.М. Терморегуляторы, выбор терморегуляторов. Углетехиздат, 1958. С. 598.

УДК 681.58

Хрульков Владимир Николаевич, аспирант; Khrulkov Vladimir Nikolaevich
Черный Сергей Петрович, канд. техн. наук, доцент; Cherniy Sergey Petrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТРАЛА

MODELING OF HYDRAULIC SYSTEM ELEMENTS

Аннотация. В работе рассматривается моделирование элементов гидравлической системы для управления положением штока гидропривода с учётом различных внешних возмущающих воздействий. Получены графики переходных процессов в системе при подаче на нее различных управляющих и возмущающих воздействий.

Abstract. The paper considers the modeling of the elements of the hydraulic system to control the position of the hydraulic drive rod, taking into account various external disturbed influences. The graphs of transient processes in the system were obtained when various control and disturbing influences were applied to it.

Ключевые слова: нечеткая логика, автотранспорт, система управления, гидравлические системы.

Keywords: fuzzy logic, vehicles, control system, hydraulic systems.

Как было рассмотрено в статье к вопросу моделирования нечетких систем управления гидравлической подвески трала [3], гидравлический трал состоит из 14 платформ соединённых между собой, длина которого составляет 32 метра и имеет 22 оси. Его сложная гидравлическая система должна обеспечивать плавность хода, демпфирование неровностей дорожного покрытия и надежное положение установленного груза. Прежде чем синтезировать нечеткий регулятор для управления положением гидравлического привода необходимо построить математическую модель и проверить ее работоспособность[1].

Для построения математической модели примем следующие допущения:

- конструктивно трал состоит из четырех полуплатформ, каждая из которых опирается на четыре гидравлических привода с датчиками линейного перемещения. На данном этапе будет осуществляться моделирование работы только одного цилиндра этой системы;

- гидравлическая жидкость системы ISO VG 32(ESSO UNIVIS N32);

- каждая полуплатформа представляет собой абсолютно жесткую пластину не подвергающуюся скручиваниям и изгибам.

Модель гидравлической системы состоит из следующих элементов[2]:

- насосная станция, которая состоит из электродвигателя постоянного тока и насоса(двигатель представлен в виде передаточных звеньев и насоса с постоянным расходом - fixed displacement pump);

- напорный клапан, который предназначен для ограничения давления в гидрелиниях (pressure relief valve);
- пропорциональный гидрораспределитель (4 way directional valve);
- датчика давления (hydraulic pressure sensor);
- гидравлического привода двухстороннего действия (double acting hydraulic cylinder);
- нагрузка в 11 000 кг (Mass);
- датчик линейного перемещения (ideal translational motion sensor).

Система работает следующим образом: на электродвигатель подается сигнал управления, который начинает вращать насос и нагнетать гидравлическую жидкость в каналах из бака. Параллельно к насосу подключен напорный клапан, который контролирует давление в системе. Ко входу гидрораспределителя подключен сигнал синусаидальной формы, которой управляет положением золотника для контроля проходимой через него жидкости. На шток привода подана нагрузка в 11т. Так же на штоке располагается датчик линейного перемещения.

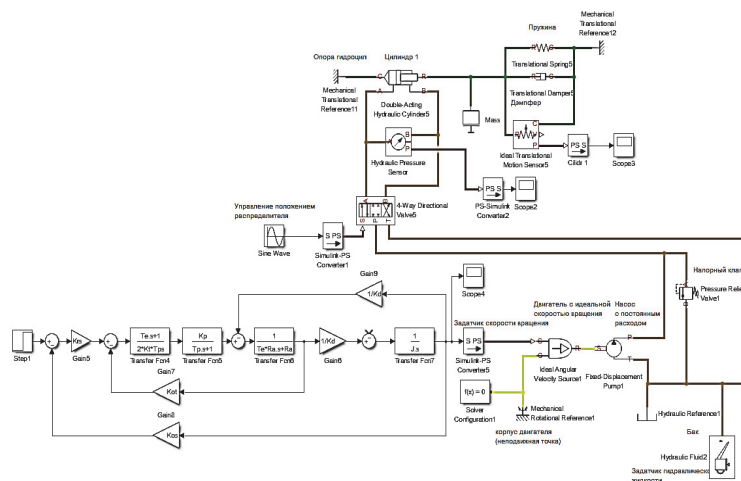


Рисунок 1 – Система управления гидравлическим приводом

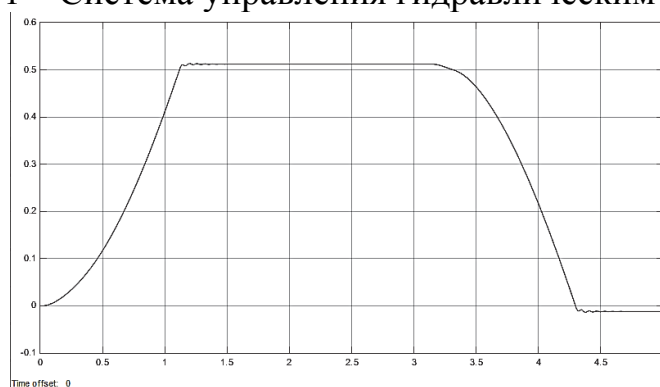


Рисунок 2 – График переходного процесса изменения положения штока

Из графика представленного на рис. 2 видно, что при постепенном перемещении золотника гидравлического распределителя шток гидравлического привода выдвигается до своего крайнего положения равному 0,5 м, выдерживая нагрузку в 11т. Перемещение золотника в правое крайнее положение приводит положение штока в исходное состояние.



Рисунок 3 – График изменения перепада давления в гидроцилиндре

Из приведенных выше графиков можно утверждать, что модель системы работает адекватно. На следующем этапе при построении системы будет осуществляться настройка нечеткого логического регулятора с алгоритмом вывода Такани-Сугено нулевого порядка, который будет регулировать положение золотника гидрораспределителя для поддержания положения штока цилиндра в среднем положении (0,25 м).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Шмитт, А. Учебный курс гидравлики: пособие по гидравлике / А. Шмитт. – Лор-на-Майне: Германия, 2012. – 226 с.
- 2 Руппель, А.А. Моделирование гидравлических систем в Matlab: учеб. Пособие / А.А. Руппель, А.А. Сагандыков, М.С. Кoryтов. – Омск: Федеральное агентство по образованию ГОУ ВПО «СибАДИ», 2009. – 174 с.
- 3 Хрульков, В.Н. К вопросу моделирования нечетких систем управления гидравлической подвески троса / В.Н. Хрульков, С.П. Черный. - «Гагаринские чтения – 2021»: Сборник тезисов докладов. – М.: МАИ, 2021

УДК 681.51

Цымбалов Павел Михайлович, студент; Tsymbalov Pavel Michaylovich
Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент;
Egorov Vladislav Alekseevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ АКТУАТОРОВ ШТАМПОВОЧНО-ПРЕССОВОЙ МАШИНЫ

THE CONTROL ALGORITHM IS A MULTI-CHANNEL SYSTEM ACTUATOR STAMPING PRESS MACHINES

Аннотация. Приведено краткое описание работы штамповочно-прессовой машины. Предложен алгоритм управления многоканальной системой актуаторов.

Abstract. A brief description of the work of the stamping-press machine is given. An algorithm for controlling a multichannel system of actuators is proposed.

Ключевые слова: штамповочно-прессовая машина, актуатор, электродвигатель, алгоритм, механизм, заготовка, готовое изделие.

Keywords: stamping and pressing machine, actuator, electric motor, algorithm, mechanism, blank, finished product.

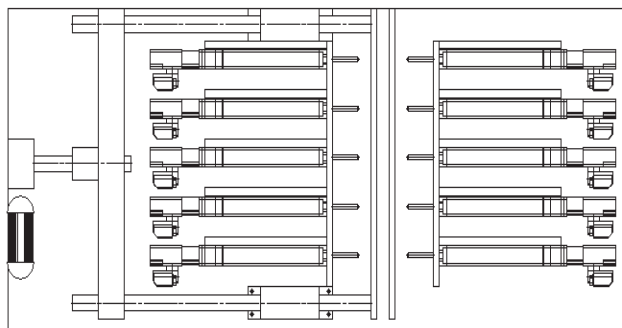


Рисунок 1 – Общий вид штамповочно-прессовой машины (вид сверху)

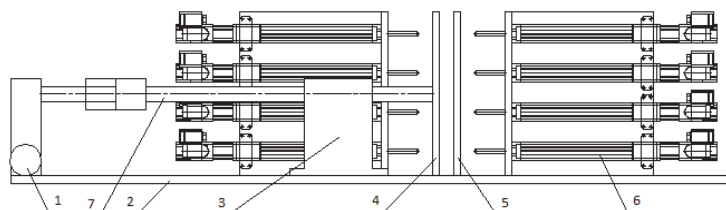


Рисунок 2 – Общий вид штамповочно-прессовой машины (вид сбоку):
 1 – Электродвигатель механизма перемещения; 2 – станина штамповочно-прессовой машины; 3 – направляющие механизма перемещения;
 4 – прижимная подвижная плита; 5 – неподвижная плита; 6 – актуатор;
 7 – механизм перемещения подвижной прижимной плиты

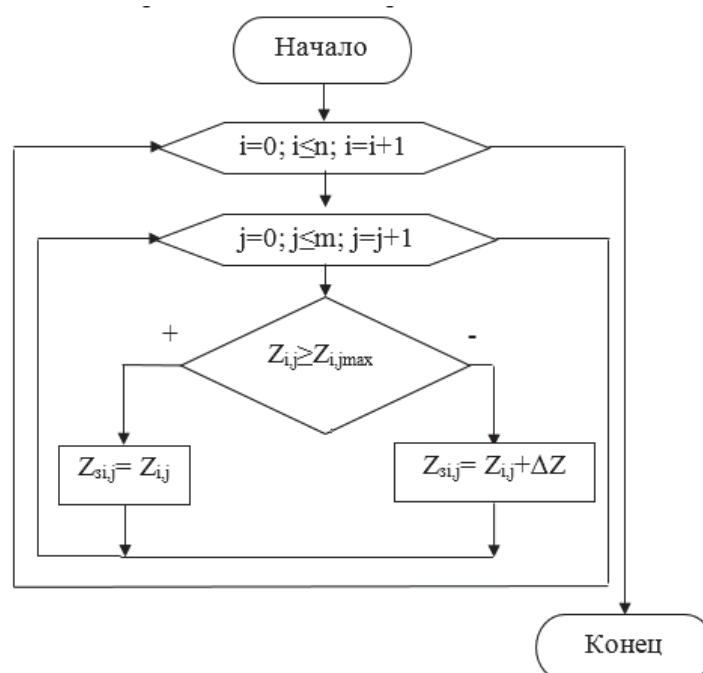


Рисунок 3 – Алгоритм работы штамповочно-прессовой машины

Краткое описание работы штамповочно-прессовой машины:

- в рабочую зону, между плитами (4) и (5) подается заготовка в виде листа металла;
- электродвигатель (1) через механизм перемещения (7) прижимает подвижной плитой (4) лист к неподвижной плите (5);
- в работу вступает система актуаторов, производится штамповка и принимается исходное положение.

Система актуаторов представляет собой массив электроцилиндров, с помощью которых производится штамповка требуемой детали. Для управления длиной хода электроцилиндров, в цикле штамповки детали, предлагается смещать актуаторы на приращение ΔZ по всему массиву, в соответствии с алгоритмом, представленным на рисунке 3.

В алгоритм введены следующие обозначения: i, j – индексы электроцилиндра в массиве; n, m – мерности массива; $Z_{i,j}$ – текущее положение электроцилиндра по оси Z ; $Z_{i,jmax}$ – максимально необходимый для изготовления изделия ход штока электроцилиндра с индексами i, j по оси Z ; $Z_{zi,j}$ – сигнал задания на сервосистему электроцилиндра с индексами i, j ; ΔZ – приращение координаты по оси Z .

Алгоритм (рисунок 3) формирует сигнал задания $Z_{zi,j}$ на сервосистему электроцилиндра с индексами i, j . При подаче этого сигнала на вход сервосистемы с индексами i, j начинается линейное движение штока электроцилиндра на основе системы винт-гайка на величину ΔZ . При достижении максимального перемещения $Z_{i,jmax}$ по координате i, j , сигнал задания $Z_{zi,j}$ не увеличивается, электроцилиндр останавливается. Если максимально возможное значение перемещения по координате $Z_{i,jmax}$ не достигнуто, электроцилиндр продолжает свое перемещение на приращение ΔZ в каждом шаге, до достижения величины максимума, необходимого для изготовления формируемой поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Герман-Галкин, С.Г. Проектирование мехатронных систем на ПК / С.Г. Герман-Галкин. – СПб. : КОРОНА-Век, 2018. – 368 с.
- 2 Москаленко В.В. Системы автоматизированного управления электропривода / В.В. Москаленко. – М. : Инфра-М, 2017. – 208 с.
– М. : Энергия, 2016. – 320 с.
- 3 Башарин, А.В. Управление электроприводами / А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. – Л. : Энергоиздат, 2017. – 470 с.
- 4 Новиков, В.А. Электропривод в современных технологиях: учебник (ФГОС) / В.А. Новиков, С.В. Савва, Н.И. Татаринцев; под ред. В. А. Новикова. – М. : Академия, 2018. – 400 с.
- 5 Гарнов, В.К. Унифицированные системы автоуправления электроприводами в металлургии / В.К. Гарнов, В.Б. Рабинович, Л.М. Вишневецкий. – М. : Металлургия, 2017. – 192 с.

УДК 62-519

Шангутова Дарья Владимировна, студент; Shangutova Daria Vladimirovna

Шангутова Анастасия Владимировна, студент;

Shangutova Anastasia Vladimirovna

Егоров Владислав Алексеевич, канд. техн. наук, доцент;

Egorov Vladislav Alekseevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СОВРЕМЕННЫЕ WEB-ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

MODERN WEB-TECHNOLOGIES FOR REMOTE CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Аннотация. В статье рассматривается применение Web-технологии удаленного управления технологическим оборудованием, на примере создания проекта удаленного управления с использованием встроенного Web-сервера промышленного контроллера СПК207 фирмы «ОВЕН».

Abstract. The article discusses the use of Web-technology for remote control of technological equipment, using the example of creating a remote control project using the built-in Web server of the industrial controller SPK207 of the company «OVEN».

Ключевые слова: Web-визуализация, CoDeSys, промышленный контроллер.

Keywords: Web-visualization, CoDeSys, industrial controller.

Визуализация – наиболее легкий и продуктивный метод передачи данных, позволяющий сразу оценить состояние производственного процесса и его эффективность.

Уникальным качеством CoDeSys считается возможность применять готовую визуализацию различными методами:

- 1) напрямую в системе программирования;
- 2) В каждом PC с поддержкой отдельного Win32 в среде программирования CoDeSys HMI;
- 3) С помощью Web-браузер в сетях TCP/IP;
- 4) в контроллере, оборудованном экраном.

Для использования в работе возможностей WEB-визуализации следует создать объект WebVisualization в менеджере визуализации.

Этот объект, создается под менеджером визуализации, включает правила для передачи целевой визуализации по Internet. Их можно менять в окне редактора, который открывается двойным щелчком по объекту.

Стартовая визуализация – дает возможность выбрать экран визуализации, который будет отображен на клиенте web-визуализации в случае отображения данной веб-страницы.

Имя .htm-файла – наименование файла, которое указывается в web-адресе визуализации. По умолчанию название файла – webvisu, адрес web-визуализации:

<http://<IP-адрес целевого устройства>:8080/webvisu.htm>

Для апробации описанной web-визуализации разработан учебный проект в приложении CoDeSys 3, имеющий структуру (рисунок 3).

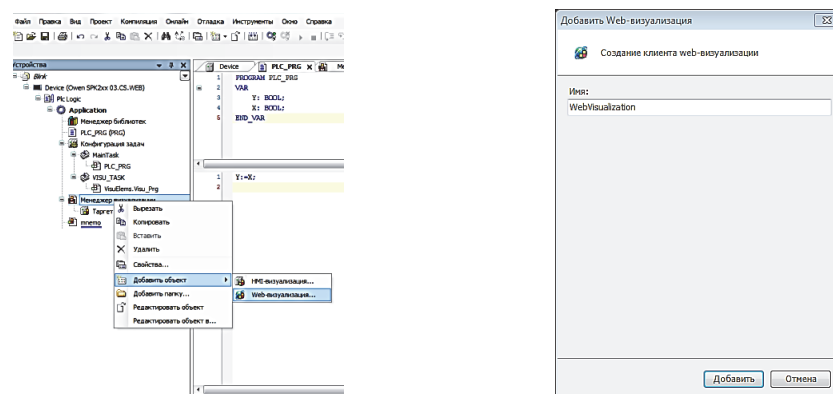


Рисунок 1 – Создание объекта WebVisualization

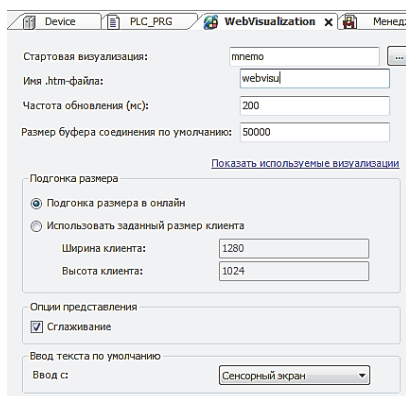


Рисунок 2 – Настройка окна WebVisualization

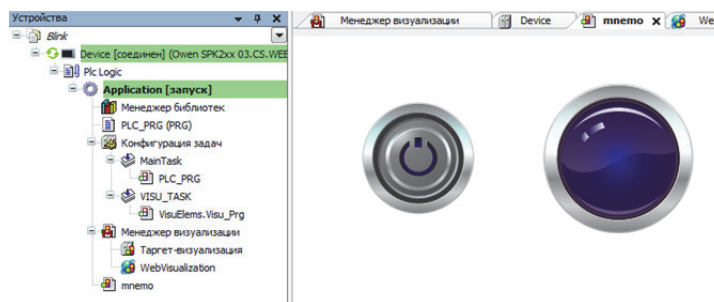


Рисунок 3– Структура учебного проекта и окно визуализации

Для удаленного управления по сети был использован браузер Internet Explorer версии 11.0.9600.17914 с поддержкой HTML5/Canvas.

Результат выполнения команды <http://10.0.6.11:8080/webvisu.htm> в браузере показан на рисунке 4.

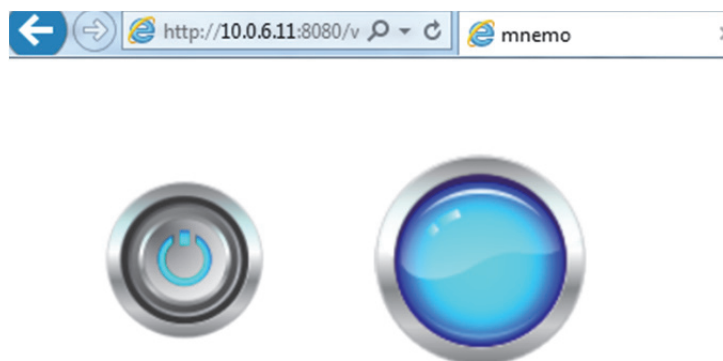


Рисунок 4– WEB-визуализация

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Аль-Тибби В.Х. Использование web-визуализации codesys v3.5 для удаленного управления технологическими объектами / В.Х. Аль-Тибби, А. А. Адамян // Научное обозрение. Педагогические науки, 2019. - №1 – С.7-10.

2 Вотинов М.В. Особенности построения web-приложений информационного обеспечения систем автоматического управления / М.В. Вотинов / Вестник АГТУ, 2017. - №3 – С.40-17.

3 Панельный программируемый логический контроллер ОВЕН СПК207 // www.owen.ru: офиц. сайт ОВЕН. 2009. URL: http://www.owen.ru/catalog/panelnij_programmiruemij_logicheskij_kontroller_ovov_spk207/92622374 (дата обращения: 08.02.2021).

УДК 681.5

Шанин Дмитрий Олегович, студент; Shanin Dmitry Olegovich

Сухоруков Сергей Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры;

Sukhorukov Sergei Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕГО В ДИНАМИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СРЕДЕ

DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF A ROBOTIC COMPLEX OPERATING IN A DYNAMICALLY CHANGING ENVIRONMENT

Аннотация. В статье выполнена разработка структуры роботизированного комплекса, функционирующего в условиях динамически изменяющейся окружающей среды. Описаны требования к построению систем управления такими комплексами. Рассмотрены возможные подходы к построению таких роботизированных комплексов. На примере прикладной задачи определен наиболее оптимальный вариант структуры системы управления роботизированным комплексом.

Abstract. The article covers the development of robot systems structure, that is functioning under dynamically changing environment conditions. System construction of such structures requirements are described. Possible approaches to creating such robot systems structures are considered. By example of an application task the best option of robot System structure management is identified.

Ключевые слова: робот, структура, изменяющаяся среда, техническое зрение.

Keywords: robot, structure, changing environment, technical vision.

Одним из главных направлений развития промышленного производства на современном этапе является автоматизация максимально широкого круга технологических процессов. Целью такой автоматизации является

построение полностью автоматизированных безлюдных производств. В качестве одного из промежуточных этапов построения таких производств является разработка и внедрение крупных автоматизированных комплексов, способных без участия человека выполнять целый цикл производственных операций, начиная с получения материалов со складов и заканчивая контролем качества конечной продукции.

Для замены труда человека в таких комплексах применяют специальные механизмы – роботы-манипуляторы [1]. Механика робота позволяет с успехом заменить руку человека, во многом превосходя ее по своим характеристикам (грузоподъемность, точность и т.д.). Однако системы управления не могут полностью заменить человека. Причина этого заключается в невозможности решения тех задач, которые не были предусмотрены при программировании системы управления. К одному из классов таких, условно «нерешаемых» задач можно отнести адекватное реагирование на изменения параметров окружающей среды (появление препятствий, изменение положения заготовок и т.д.) вокруг робота. Наиболее распространенным решением на сегодняшний день является использование различных видов оснасток, ограничителей и ограждений, призванных обеспечить максимальную неизменность параметров окружающей среды вокруг робота при отработке управляющей программы. Такой подход достаточно серьезно ограничивает возможности развития и внедрения средств промышленной робототехники.

В рамках данной работы будет проведен анализ возможных структур построения роботизированного комплекса, предназначенного для работы в условиях динамически изменяющейся окружающей среды, при этом поведение робота должно являться реакцией на такие изменения.

Такого класса задачи необходимо решать постепенно, переходя от менее сложных событий и реакций на них к более сложным. Возьмем в качестве первоначальной (упрощенной) задачи ситуацию, в которой количество вариантов изменения состояний окружающей среды ограничено относительно небольшим числом с небольшим разбросом между повторением ситуаций. В нашем случае такой задачей станет игра робота в шашки с человеком.

Кратко опишем условия взаимодействия человека и робота при реализации такого процесса.

Поле для игры закрепляется перед роботом. Напротив робота располагается человек. Расположение поля от игры к игре может меняться в заранее заданных пределах (первый вариант изменения окружающей среды). В ячейках на поле расставлены шашки двух цветов. Для упрощения системы принятия решений первый ход делает человек.

Далее, после совершения каждого хода человека (второй вариант изменения окружающей среды) система управления робота определяет произошедшие изменения конфигурации фигур. При этом происходит сравнение, какие из шашек поменяли свою позицию и определяются координаты

всех фигур на поле. По результату определения изменений (перестановки фигур) принимается решение о выполнении хода робота. Принятое решение преобразуется в последовательность команд на перемещение инструмента робота (захват) и на управление захватом (закрытие/открытие в нужные моменты времени).

Затем полученная последовательность команд исполняется и робот ожидает следующего изменения (хода человека).

Для обеспечения безопасности человека должна быть предусмотрена защита от перемещения робота во время, пока человек фактически не завершит свой ход.

При этом будем считать, что алгоритм принятия решений о следующем шаге в игре реализован на внешнем компьютере и подробности его реализации в рамках данной работы рассматриваться не будут.

Рассмотрим и проанализируем варианты построения системы управления, способной определять произошедшие изменения в расстановке фигур.

Первый вариант построения наиболее близок к классическому подходу к построению систем управления любыми технологическими процессами [2]. Заключается он в расстановке необходимого количества датчиков в тех местах, где требуется определение наличия/отсутствия и/или типа заготовки. В данном случае наличие датчиков требуется в каждой клетке игрового поля. Это приводит к большому количеству датчиков – 64 шт., если цвет и наличие заготовки определяется одним и тем же датчиком, и 128 шт., если для определения цвета и наличия используются два различных датчика.

Такой подход сложен в реализации, так как все эти датчики необходимо где-то размещать, обеспечивать их питание и от каждого датчика приходится прокладывать отдельный провод к модулю цифровых входов системы управления.

Второй вариант построения системы управления такого комплекса заключается в установке одного комплекта датчиков цвета и наличия заготовки на инструменте робота-манипулятора с последующим «сканированием» игрового поля путем последовательного обхода всех клеток и считывания сигналов с датчиков в соответствующие моменты времени. Такой вариант уже менее затратен с точки зрения используемого оборудования, однако, он сильно ограничен в быстродействии – роботу необходимо на каждом шаге игры обходить все 64 позиции на доске, прежде чем система управления сможет оценить изменения и принять решение.

Не смотря на то, что задача решается на игровом примере, при автоматизации реальных технологических процессов фактор времени реакции на происходящие события зачастую критически важен.

Описанные два подхода объединяет также еще один недостаток – невозможность оперативно определить, была ли смещена в процессе игры доска относительно робота. Для этого необходимо выстраивать дополнительную систему датчиков и алгоритмы анализа сих сигналов.

В качестве третьего варианта решения задачи рассмотрим включение в систему управления видеокамеры (системы технического зрения). При таком варианте построения системы управления комплексом оценка изменения текущей конфигурации осуществляется за счет алгоритмов распознавания образов, что позволяет производить более широкую и при этом гибкую перенастройку системы на распознавание новых классов ситуаций. В отличие от первых двух подходов, такой вариант построения системы позволяет за счет одного чувствительного элемента (видеокамеры) осуществлять контроль сразу всех вышеперечисленных вариантов изменения состояния окружающей среды робота (как смещение самой доски, так и перемещение отдельных фигур, включая определение цвета фигуры и ее расположения на плоскости).

Четвертым вариантом построения системы управления роботизированным комплексом является применение системы из нескольких камер, расположенных в пространстве таким образом, чтобы определение координат объектов происходило не на плоскости, а в трехмерном пространстве. Такой вариант несколько более затратен по использованию оборудования и сложности алгоритмов обработки изображений, однако, позволяет более точно оценивать изменения, происходящие в рабочей зоне робота.

На основании вышеизложенных данных, выберем для дальнейшей реализации четвертый вариант построения системы управления комплекса.

Для выбранного варианта была разработана структура системы управления роботизированного комплекса, изображенная в виде функциональной схемы на рисунке 1.

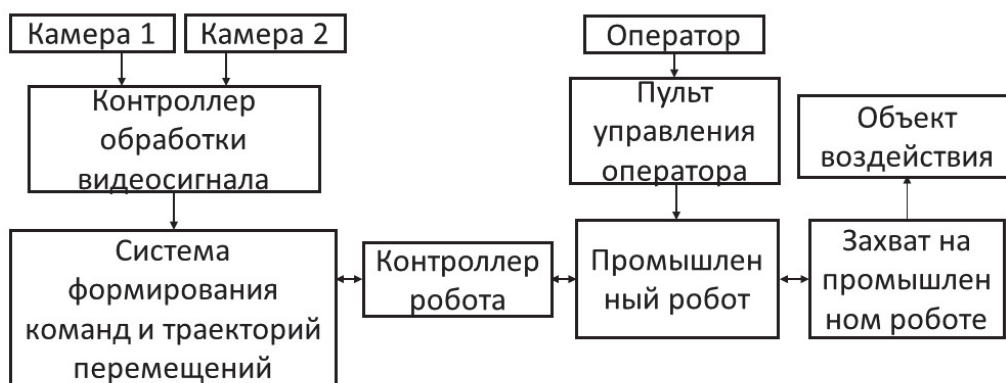


Рисунок 1 – Функциональная схема системы управления роботизированного комплекса

Элементы системы управления выполняют следующие функции:

Робот-манипулятор выполняет перемещение захвата в пространстве по некоторым координатам;

Контроллер робота осуществляет расчеты кинематики перемещений робота и управление приводами отдельных осей робота;

Захват, установленный на роботе, используется для схватывания объектов (в данном случае – шашек) при их перемещениях;

Оператор взаимодействует с роботизированным комплексом посредством пульта управления оператора;

Камеры осуществляют съемку текущего состояния рабочей зоны робота. Сигналы с камер передаются на контроллер обработки видеосигнала;

Контроллер обработки видеосигнала производит распознавание образов, полученных с камер, с распознаванием координат расположения объектов (шашек) на игровой доске;

Система формирования команд и траекторий перемещений по полученным координатам расположения шашек на доске осуществляет сравнение с предыдущим состоянием, поиск следующего игрового хода робота и формирование потока команд на перемещение робота. Сформированный поток команд передается на контроллер робота для последующего исполнения.

Для реализации роботизированного комплекса, соответствующего разработанной структуре, осуществим ориентировочный подбор оборудования:

1. Робот: KUKA LBR iiwa 7 R800. Данный робот предназначен для работы в непосредственном взаимодействии с человеком, поэтому его применение наиболее безопасно при решении данной задачи;

2. Захват: электромеханический FESTO EHPS-25-A;

3. Система формирования команд и траекторий перемещения: микрокомпьютер Raspberry PI с алгоритмами расчета игровых шагов и пакетом внешнего управления роботом;

4. Контроллер обработки видеосигнала: NVIDIA Jetson Nano. Данный контроллер является специализированным для построения систем распознавания видео и способен осуществлять обработку одновременно от 2 до 4 видеопотоков в зависимости от разрешения изображений;

5. Камеры: web-камеры Logitech HD Pro C920.

Разработанная в рамках данной работы структура роботизированного комплекса позволяет определять изменения, происходящие в рабочей зоне робота, связанные как с перемещением объектов по заранее предсказуемым координатам, так и случайные возмущающие события, происходящие в контролируемой зоне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ефимов, А.Ю. Исследование способов снижения энергетических затрат роботизированных производственных процессов / Ефимов А.Ю., Горькавый М.А., Киба Д.А., Гудим А.С. // В сборнике: Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 80-82.

- 2 Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. / В.В. Денисенко; ред. Ю.Н. Чернышев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2009.

УДК 621.3

Шелковников Вадим Юрьевич, магистрант; Shelkovnikov Vadim Yurevich

Соловьёв Вячеслав Алексеевич, доктор технических наук, профессор;

Solovyov Vyacheslav Alekseevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ МАШИН ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ГЕНЕРАТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

THE PROSPECT OF USING DOUBLE-POWERED MACHINES AS A GENERATOR OF ELECTRICAL ENERGY

Аннотация. В статье представлены различные типы электрических машин с их недостатками, применяемые в качестве генератора электрической энергии. Указана перспектива применения асинхронизированного синхронного генератора на объектах, где механическая скорость вращения вала генератора переменна, с целью поддержания постоянства амплитуды и частоты выдаваемого напряжения.

Abstract. The article presents various types of electrical machines with their disadvantages, which are used as a generator of electrical energy. Indicated the prospect of using asynchronized synchronous generator on the objects, where the mechanical speed of rotation of the generator shaft is variable, in order to maintain the constancy of the amplitude and frequency of the output voltage.

Ключевые слова: машина двойного питания, асинхронизированный синхронный генератор, переменная скорость вращения вала ротора.

Keywords: double-powered machines, asynchronized synchronous generator, variable speed of the rotor shaft.

Запасы углеводородного топлива в мире ограничены, и в связи с усиливающимися экологическими проблемами, наиболее приоритетным является интенсивное развитие энергетики с альтернативными, возобновляемыми источниками (энергия солнца, ветра, потока воды). Гидроэнергетика занимает лидирующие позиции по объемам генерируемой электроэнергии среди возобновляемых источников. Вслед за ней идет ветроэнергетика, что делает развитие таких отраслей перспективным направлением научного исследования.

Однако для потока воды и ветра характерна изменяющаяся скорость и направление, что напрямую сказывается на параметрах получаемого электричества – амплитуде и частоте напряжения [1].

Наименьшей популярностью в качестве источника электрической энергии обладает генератор постоянного тока. Это связано с тем, что постоянное напряжение с выхода генератора надо преобразовать с помощью инвертора в переменное напряжение заданной амплитуды и частоты. Кроме того, машина постоянного тока недостаточно надежна из-за наличия коллектора и щеточного аппарата.

Применение асинхронного генератора с короткозамкнутым ротором сопровождается следующими недостатками. Генератор данного типа потребляет реактивную мощность напрямую из самой сети, что отрицательно скажется на коэффициенте мощности сети $\cos\varphi$, который надо поддерживать в заданном диапазоне. Чтобы компенсировать реактивную мощность, можно устанавливать конденсаторные батареи, но они довольно таки дорогостоящие и значительно увеличивают массогабаритные показатели. Данный тип генератора сможет работать только тогда, когда обеспечивается превышение скорости вращения вала ротора относительно синхронной частоты вращающегося магнитного поля статора [1].

Синхронный генератор обладает наибольшей распространенностью и применяется практически на всех типах электростанций. Однако проблема данного типа электрических машин в том, что для получения электричества с заданными параметрами (амплитуда и частота напряжения) надо поддерживать постоянную скорость вращения вала ротора. Но если такой возможности нет, тогда добиваться поддержания заданной частоты генерируемого напряжения надо с подключением преобразователя частоты непосредственно к статору генератора. Но в таком случае, преобразователь частоты должен быть рассчитан на полную мощность генератора, что связано с ограничениями силовой полупроводниковой электроники.

Наибольшей эффективностью обладает машина двойного питания. Она иначе названа как асинхронизированный синхронный генератор. Конструктивно машина двойного питания идентична асинхронному двигателю с фазным ротором. Обмотка статора подключена напрямую к сети, а обмотка ротора должна подключаться с помощью преобразователя частоты.

В статье [2] создана математическая модель генератора, в которой геометрические размеры всех элементов поперечного сечения магнитопровода будут описываться с помощью обобщенных переменных. Методика позволяет, при ограниченном количестве входных данных для проектирования, осуществить расчёт всех элементов магнитопровода и произвести полный расчёт машин двойного питания с оптимизацией ее геометрии методом покоординатного спуска Гаусса–Зейделя при движении к оптимуму в сочетании с методом Фибоначчи при выборе шага.

Машина двойного питания может функционировать в трех режимах:

1) когда скорость вращения вала ротора равна синхронной – тогда на обмотку ротора подается постоянное напряжение, и машина работает в режиме синхронного генератора;

2) если скорость вращения вала падает ниже синхронной – тогда на обмотку ротора надо подавать переменное напряжение с частотой скольжения, что создает поток электричества, идущий из обмотки статора в сеть;

3) если скорость вращения вала превышает синхронную – тогда на обмотку ротора подается переменное напряжение с направлением вращающегося магнитного поля ротора, которое противоположно направлению механического вращения вала ротора.

В статье [3] показана зависимость электрической мощности, которую надо подавать на обмотки ротора, от механической скорости вращения вала. Из нее следует, что диапазон изменения скорости вращения вала, при котором целесообразно возбуждать генератор и вырабатывать электро-энергию, составляет $\pm 30\%$ номинальной синхронной скорости.

На таких скоростях механическая мощность на валу генератора полностью трансформируется в электрическую мощность, выдаваемую обмотками статора. С увеличением механической скорости вращения вала генератора возрастает и величина трансформируемой механической мощности, что уменьшает электрическую мощность, подаваемую на цепь ротора [3].

Частота тока, которую надо подавать с преобразователя частоты на обмотку ротора, связана со скоростью вращения вала генератора следующей зависимостью:

$$\pm f_{\text{тока ротора}} = f_{\text{тока статора}} - p \cdot f_{\text{вала ротора}} \quad (1)$$

где p – число пар полюсов ротора.

Частота тока ротора обратно пропорциональна механической скорости вращения вала ротора, а эффективная скорость вращения вала находится в пределах $\pm 30\%$ номинальной синхронной скорости. Тогда в качестве источника питания обмоток ротора необходим преобразователь частоты, работающий на низких частотах в пределах 30% номинальной частоты электрической сети.

Зависимость (1) очень проста, что значительно облегчает стабилизацию частоты напряжения генератора и снижает затрачиваемое время на вычисления с помощью микроконтроллера.

Стабилизация напряжения генератора основана на том, что амплитуда переменного напряжения, которое подается на обмотки ротора, влияет и на амплитуду напряжения, выдаваемого обмотками статора генератора.

Амплитуда генерируемого напряжения статора связана не только с частотой вращения вала ротора и подключаемой электрической нагрузкой. В реальности сталь магнитопровода обладает свойствами насыщения, а активное и индуктивное сопротивления обмоток статора и ротора изменяются с температурой воздуха, а также с частотой токов, протекающих в обмотках [5].

Асинхронизированная синхронная машина может быть выполнена не только на базе асинхронного двигателя с тремя фазными обмотками ротора. Ротор может быть сделан с двумя обмотками возбуждения, которые находятся в пространстве перпендикулярно друг относительно друга. Когда нарушается синхронное вращение вала ротора с магнитным полем статора, тогда обмотки ротора надо запитать переменными токами с частотой скольжения, и обеспечивать сдвиг по фазе на 90° . В таком случае создается магнитное поле возбуждения, которое вращается относительно механического вала ротора [4].

Двухфазная система ротора дает возможность не учитывать взаимоиндуктивную связь между взаимно перпендикулярными обмотками, что значительно облегчает математические уравнения машин двойного питания. Но в таком случае время расчета может слегка возрасти из-за допол-

нительного преобразования координат из трехфазной в двухфазную систему координат и обратно.

Преобразователи частоты содержат силовые IGBT-транзисторы, либо полностью управляемые силовые тиристоры GTO, которые оснащены системами управления с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией. Однако такие преобразователи все равно выдают далекую от синусоидальной форму напряжения с высшими гармониками.

В статье [6] применена фильтрация напряжения с использованием простейшего фильтра – батареи статического конденсатора. Размещение таких батарей на выходе преобразователя частоты позволяет значительно снизить гармонические составляющие в токах ротора, а значит, и во всей электрической машине.

Однако для эффективной фильтрации требуется батарея с конденсаторами большой емкости, но они довольно дорогостоящие и значительно увеличивают массогабаритные показатели. Тем более, что полностью убрать высшие гармоники и обеспечивать форму напряжения и тока, максимально похожую на идеальную синусоидальную, в данном случае все равно не удастся.

Рассмотрев уникальность машин двойного питания в различных режимах работы, можно прийти к выводу, что предпочтительней в качестве генератора электрической энергии использовать машину двойного питания там, где механическая скорость вращения вала генератора переменна. Преимущества таких машин в том, что нет необходимости преобразования полной мощности вырабатываемой электроэнергии генератора. Это происходит из-за того, что скорость вращения вала генератора может изменяться в широких пределах, а подаваемое на обмотки ротора переменное напряжение с частотой скольжения и соответствующей амплитудой обеспечивает стабильную амплитуду и частоту генерируемого напряжения статора.

Такой тип машин двойного питания можно применять на ветроэлектрических установках, устройствах малых гидроэлектростанций, на различных морских и речных судах, автономных дизель-генераторных установках.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Котов, А.А. Применение генератора двойного питания для ветроэнергетических установок малой, средней и большой мощности / А.А. Котов, Н.И. Неустроев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 80–89. DOI: 10.14529/power170409

2 Котов, А.А. Разработка математической модели асинхронизированного синхронного ветрогенератора для задачи оптимизации основных геометрических размеров на основе обобщенных переменных / А.А. Котов, Н.И. Неустроев, И.А. Чуйдук // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – № 33. – С. 78–98. DOI: 10.15593/2224-9397/2020.1.05

3 Мещеряков, В.Н. Система генерирования электроэнергии на базе машины двойного питания / В.Н. Мещеряков, А.А. Муравьев, А.И. Бойков, В.В. Пикалов // Интеллектуальная электротехника. – 2018. – № 4. – С. 72–80. DOI: 10.46960/2658-6754_2018_4_72

4 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.

5 Мазалов, А.А. Адаптивная ветроустановка с машиной переменного тока двойного питания / А.А. Мазалов // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2012. – №1. – с. 26-33.

6 Гасанова, Л.Г. Фильтрация гармоник частотноуправляемых асинхронных машин двойного питания / Л.Г. Гасанова // Вестник МГТУ. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 508–512. DOI: 10.21443/1560-9278-2019-22-4-508-512.

УДК 621.3.078

Шерзод Кобили Истамкул, студент, Sherzod Kobili Istamkul
Стельмашук Сергей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент;
Stelmashchuk Sergey Valerievich

ЛИНЕЙНЫЙ АКТУАТОР КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

LINEAR ACTUATOR AS A CONTROL OBJECT

Аннотация. Данная научная статья и исследуемая работа – посвящена изучению технологии линейного актуатора как объекта управления.

Abstract. This scientific article and the research work is devoted to the study of the technology of linear actuator as an object of control.

Ключевые слова: линейный актуатор, датчик линейного перемещения.

Keywords: linear actuator, linear motion sensor.

Линейный актуатор – устройство, предназначенное для выполнения возвратно-поступательного движения рабочего органа механизма связанного с линейным перемещением. Под названием «Линейный актуатор» (Актуатор от английского "actuate") подразумевается «приводить в движение» и «линейный» – выполняющий прямолинейное движение, т.е. движущийся по прямой линии.

В конструкции линейного актуатора основными элементами являются двигатель, осуществляющий вращательные движения и шток – поступательное движение. Для создания поступательного перемещения между штоком и двигателем чаще всего используется передача винт-гайка (или винтовая передача) [1]. Винт вращается валом двигателя, его вращение вызывает линейное перемещение штока, соединенного с гайкой, которая перемещается вдоль винта. Для передачи значительных усилий между валом двигателя и винтом применяют редуктор с большим передаточным числом.

Двигатели в линейных актуаторах в большинстве случаев являются двигателями постоянного тока на 12 В или 24 В. Но в ряде случаев могут использоваться другие типы электродвигателей и источники напряжения [2]. Чтобы изменить направление движения штока линейного актуатора необходимо изменить направление вращения двигателя. В случае использования двигателя постоянного тока достаточно поменять полярность питания. Типовым решением является использование релейного переключателя, который меняет полярность подключения питания.

Редуктор уменьшает скорость вращения вала двигателя и увеличивает крутящий момент. В результате это влияет на конечную скорость линейного перемещения штока и усилие на штоке актуатора – чем больше передаточное отношение редуктора, тем меньше скорость и больше усилие [3]. Винт является механической передачей, и влияет на соотношение скорости и усилия – чем меньше шаг винта, тем меньше скорость перемещения штока, но больше усилие штока. Без использования устройств регулирования скорости двигателя всегда соблюдается взаимосвязь между усилием и скоростью перемещения: чем выше скорость перемещения штока, тем меньше усилие (и наоборот).

Для автоматической остановки штока в конечных положениях, в актуаторе установлены встроенные концевые выключатели (или микровыключатели). Концевые выключатели монтируются внутри корпуса на шток линейного актуатора. Срабатывание концевых выключателей происходит при достижении гайкой винтовой передачи крайнего положения внутри корпуса линейного актуатора – один концевой выключатель монтируется на крайнее выдвинутое положение, второй – на крайнее втянутое положение. При достижении крайнего положения концевой выключатель срабатывает, источник питания выключается и двигатель останавливается. Дальнейшее движение возможно только в противоположном направлении – при изменении полярности источника питания и реверсе двигателя [3].

Преимуществом актуаторов является то, что это технически законченное устройство, обладающее невысокой стоимостью и не требующее использования дополнительного оборудования, специальной доработки или изготовления. Это позволяет легко осуществлять разработку прототипов и проверку технических замыслов конструкторов.

Линейные актуаторы имеют широкое использование во многих областях человеческой деятельности и обладают широким спектром технических характеристик, например, усилие штока от нескольких миллиграммов до 350 тонн (3500 кН), а скорость перемещения штока от 1 мм в час до 10 м/с [4].

Актуаторы могут одинаково эффективно работать как с растягивающей, так и со сжимающей нагрузкой. Возможны различные конструктивные применения: простая работа по подтягиванию или толканию груза пока не сработают концевые выключатели, либо движение до промежуточной позиции с использованием датчиков линейного перемещения. В этом случае актуатор способен работать как сервопривод.

Датчик линейного перемещения следит за положением штока, и передаёт информацию о положении штока в систему управления линейным

актуатором [1]. Таким образом, обеспечивается управление актуатором во время выполнения технологических процессов. Использование актуаторов с датчиками перемещения позволяет обеспечить точное и эффективное управление и полностью раскрыть преимущества актуатора как автоматизированного электропривода. С помощью датчика перемещения можно реализовать обратную связь по положению штока и тем самым обеспечить гибкое управление актуатором.

Основные типы датчиков перемещения для актуаторов [1]:

1. Датчик Холла – бесконтактный датчик, который фиксирует магнитное поле и измеряет его напряженность. Это позволяет отслеживать относительное положение актуатора. Уровень его выходного сигнала зависит от изменения магнитного поля между неподвижным датчиком и подвижной пластиной при их перемещении друг относительно друга.

2. Потенциометр – это переменный резистор, сопротивление которого зависит от углового или линейного сдвига между подвижным и неподвижным контактом. Неподвижный контакт закреплен с одного конца резистивного элемента (катушка или пластина), а подвижный (щетка) перемещается по нему. На резистивный элемент прикладывается опорное напряжение и при перемещении подвижного контакта изменяется сопротивление, меняется сила тока на подвижном контакте, что является измерительным сигналом.

3. Геркон (герметизированный контакт) – бесконтактный электромеханическое устройство, коммутирующее электрическую цепь под воздействием магнитного поля. Геркон конструктивно прост, но хрупок, долговечен, бесшумен и имеет достаточное быстроедействие.

Управление линейными актуаторами относится к релейному типу. Как правило, реализуется трехпозиционным переключателем: вперед (шток выдвигается), назад (шток втягивается) и остановка. Многие блоки управления обеспечивают синхронное управление несколькими линейными актуаторами. С помощью контроллера выполняется одновременное включение и выключение параллельно работающих актуаторов.

Даже при одинаковых актуаторах присутствует нелинейность передачи усилий через редуктор актуатора и неравномерность нагрузки на шток различных актуаторов. Вследствие чего перемещение штоков даже при одновременном включении не будет одинаковым. Возникает необходимость в согласованном управлении несколькими актуаторами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Линейные актуаторы, линейные приводы. Как купить актуатор: [сайт]. URL: <http://www.aktuator.ru/>

2 Сервомеханизмы. Новые идеи в линейном движении // Компания «Сервомеханизмы»: [сайт]. URL: <http://www.servomh.ru/>

3 Линейные актуаторы (линейные приводы, электроприводы): [сайт]. URL: <http://www.linearmotion.ru/>

4 Линейные актуаторы российского производства: [сайт]. URL: <http://актуатор.рф/>

УДК 621.313.322-81

Шеров Элмурод Дилмуродович, студент; Sherov Elmurod Dilmurodovich
Стельмашук Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент;
Stelmashchuk Sergey Valerevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

SIMULATION OF PARALLEL OPERATION OF SYNCHRONOUS GENERATORS

Аннотация. Статья посвящена вопросу синхронизации синхронных генераторов во время параллельной работы. Исследование проводится путем моделирования рассматриваемой системы с учетом различных условий эксплуатации с использованием MATLAB/Simulink. Результаты оцениваются для оценки динамических характеристик предлагаемой системы с точки зрения анализа скорости и угла положения роторов синхронных генераторов при изменении входной механической мощности.

Abstract. The article is devoted to the issue of synchronization of synchronous generators during parallel operation. The study is carried out by modeling the system under consideration taking into account various operating conditions using MATLAB/Simulink. The results are evaluated to evaluate the dynamic characteristics of the proposed system from the point of view of analyzing the speed and angle of position of the rotors of synchronous generators when the input mechanical power changes.

Ключевые слова: синхронный генератор, синхронизация синхронных генераторов, параллельная работа.

Keywords: synchronous generator, synchronous generator synchronization, parallel operation.

При параллельной работе синхронных генераторов задача синхронизации возникает при подключении отдельного генератора в параллельную работу. Эта задача решается с помощью синхроскопов [1]. Синхронная работа генераторов определяется совпадением во времени синусоид генерируемого напряжения фаз всех включенных в параллельную работу генераторов. Для этого углы поворота вала роторов всех генераторов должны быть равны. При вращении на ротор генератора могут возникать возмущения механической мощности, которые влияют на скорость ротора [2]. Это приводит к нарушению синхронизированной работы отдельного генератора. Возмущения механической мощности могут быть вызваны неравномерным парообразованием в турбинах, степенью износа механической части генераторов и другими причинами.

В данной работе была разработана модель параллельной работы синхронных генераторов, которая полностью повторяет свойства объекта [3].

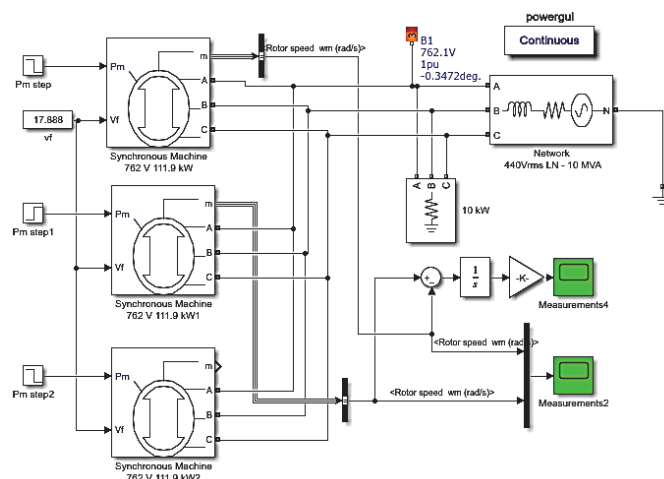


Рисунок 1 – Имитационная модель параллельной работы синхронных генераторов

В результате моделирования были получены следующие переходные процессы, которые представлены на рисунке 2 графики угловой скорости и угол положения ротора на рисунке 3 при возникновении возмущающего воздействия механической мощности.

При пуске начинаются переходные процессы. Видно, что скорость устанавливается после подачи в момент времени 3 сек возмущающего воздействия. На рисунке 3 видно, что при стабилизации скоростей генераторов возникает разность фаз роторов, т.е. нарушается синфазность работы генераторов.

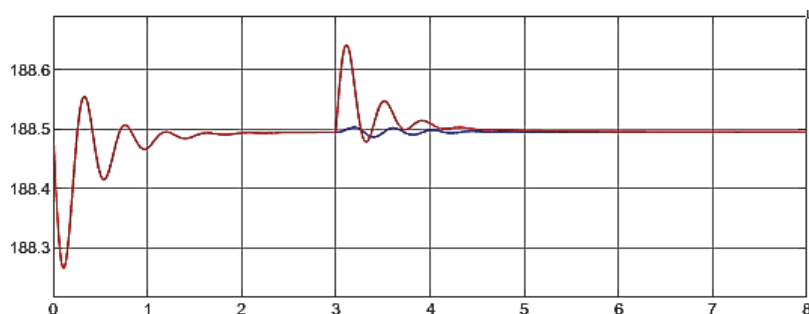


Рисунок 2 – График угловой скорости роторов синхронных генераторов от времени с возмущением механической мощности

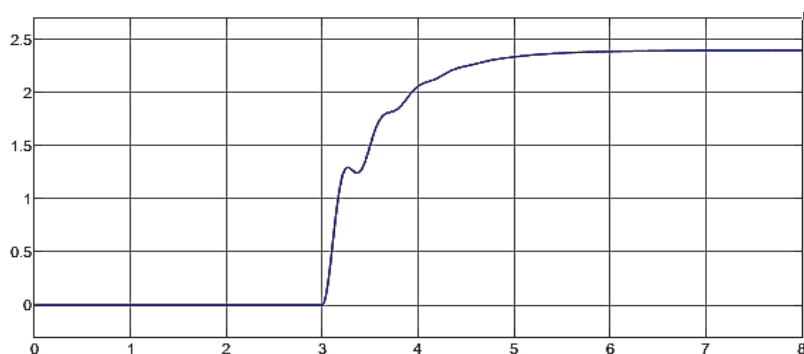


Рисунок 3 – Разность между фазами роторов возмущенного и невозмущенного генератора

На основании полученных графиков можно сделать вывод, что при внешних возмущениях механической мощности возникает рассинхронизация генераторов, что делает необходимым в применении согласованного управления параллельной работы генераторов для синхронизации не только при пуске, но и на всем периоде работы генераторов.

Поэтому возникает необходимость в синхронизации генераторов в процессе параллельной работы. Для поддержания равенства углов вращения роторов генераторов, необходимо корректировать скорости вращения их роторов в процессе параллельной работы. Это достигается использованием системы согласованного управления генераторами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Электротехнический справочник / под общ. ред. В.Г. Герасимова и др. В 4-х томах. Том 3. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – 964 с.

2 Терехин В.Б. C00 Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие / В.Б. Терехин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 320 с.

3 Черных и. В. Ч45 Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. - М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. - 288 с.: ил.

УДК658.512

Шмырин Дмитрий Павлович, студент; ShmyrinDmitryPavlovich

Дерюжкова Нелли Егоровна, кандидат технических наук, доцент;

DeryuzhkovaNelliEgorovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВУХ СМЕЖНЫХ КЛЕТЕЙ ПРИ ПРОКАТКЕ С ПЕТЛЕОБРАЗОВАНИЕМ

RESEARCHING OF THE MATHEMATICAL MODEL OF TWO ADJACENT STANDS DURING ROLLING WITH LOOP FORMATION

Аннотация. Статья посвящена исследованию математической модели двух смежных клеток при прокатке с петлеобразованием.

Abstract. The article is devoted to research of a mathematical model of two adjacent stands during rolling with loop formation.

Ключевые слова: клеть, мелкосортно-проволочный стан, «секундно-объёмный» режим.

Keywords: stand, small-cell-wire machine, «second-volume» mode.

За последние годы в сфере непрерывного прокатного производства, стремятся повысить качество выпускаемой продукции, для этого предъявляются строгие требования к параметрам прокатки, в частности, особое внимание уделяется точности профиля проката. Для повышения точности

геометрических параметров необходимо поддерживать постоянный уровень межклетевых усилий. На точность профиля проката влияет множество технологических факторов: давление при прокатке; нагрев заготовки; калибровка; механические свойства металла[1]. Данные факторы необходимо принимать во внимание, при разработке моделей клеток стана.

При прокатке с подпором в межклетевом промежутке имеет место несогласованный “секундно-объёмный” режим, приводящий к образованию петли. Для регулирования петли необходимо поддерживать с заданной точностью соотношение скоростей смежных клеток. Под полным контролем скоростного режима в моделях непрерывных сортовых прокатных станах понимается поддержание требуемой линейной скорости клеток в заданном диапазоне и отработка возмущающих воздействий приложенных к системе.

Модель, учитывающая качественные характеристики силового взаимодействия систем электропривода с металлом в межклетевом промежутке должна состоять из следующих подгрупп: подмодели приводов отдельных клеток; подмодели, состоящие из звеньев учитывающих деформацию металла и клетки, а также опережение; подмодели участков из полос металла в промежутках между клетями.

На рисунке 1 представлена модель двух смежных клеток с учётом силового воздействия. Разработанная математическая модель состоит из следующих элементов: A1 и A2 – подмодели участков приводов клеток, имеющие в своём составе регулятор скорости и регулятор тока; B1 и B2 – подмодели участков, учитывающих деформации и опережение; C1 – подмодель участка межклетевой полосы, создающая силовое воздействие[2].

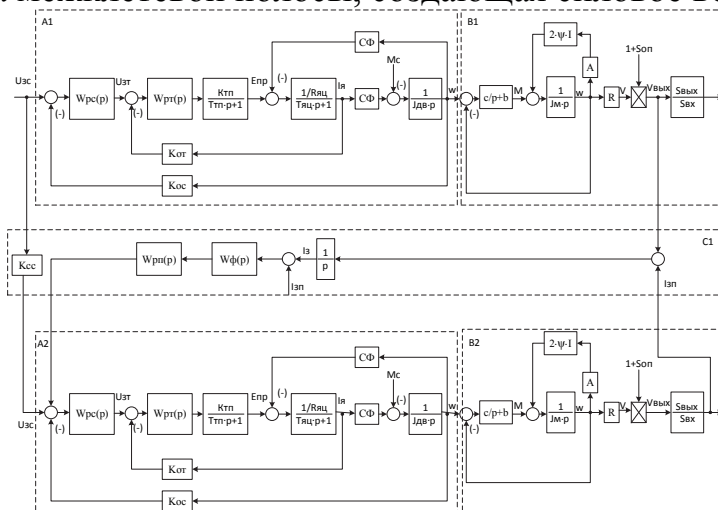
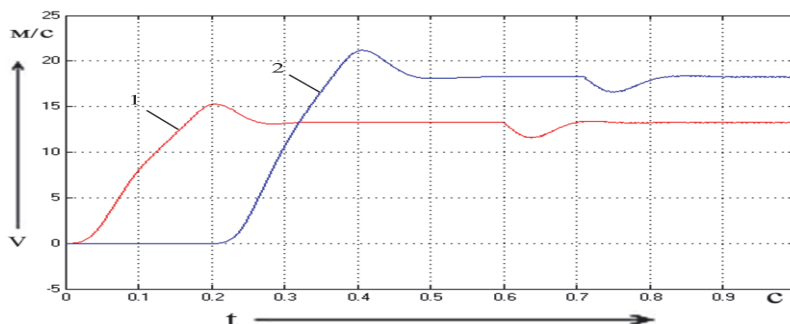


Рисунок 1 –Математическая модель двух смежных клеток с учётом силового воздействия

Математическая модель процесса прокатки с полученной структурой имеет возможность добавления последующих клеток, для этого необходимо использовать набор подмоделей описанный выше. Данная особенность может позволить создать такую модель, которая будет способна отслеживать и управлять переходными процессами не только в отдельной группе клеток, но и во всём стане в целом.

Для исследования работоспособности модели были использованы 15-я и 16-я клетки мелкосортно-проволочного стана 320/150. На рисунке 2 представлены графики зависимостей линейной скорости от времени с учётом при прокатке с петлёй.



1 – 15 клеть стана; 2 – 16 клеть стана

Рисунок 2 – Графики зависимости линейной скорости клеток от времени при прокатке с петлёй

На основе анализа динамических характеристик можно сделать следующие заключения:

- система астатическая, так как статическая ошибка по скорости равна нулю;
- время переходного процесса системы, с учётом пятипроцентной зоны $t_{\text{пн}} = 0,48\text{с}$;
- перерегулирование определяется на основании ниже приведённого выражения:

$$\sigma = \frac{\sigma_{\text{макс}} - \sigma_{\text{уст}}}{\sigma_{\text{уст}}} \cdot 100\%,$$

$$\sigma = \frac{21,1 - 18,7}{18,7} \cdot 100\% = 12,2\%$$

и составляет $\sigma = 12,2\%$.

Из приведённых результатов, можно сделать вывод, что разработанная математическая модель двух смежных клеток учитывает наиболее существенные технологические зависимости, позволяет получить более реальную картину протекания технологического процесса прокатки с петлёй и может быть использована для исследования динамических режимов в непрерывной группе клеток.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пашков, Е.В. Автоматизация в промышленности / Е.В. Пашков - Севастополь: СевНТУ, 2011. — 225 с.

2 Шмырин Д.П. Математическая модель двух смежных клеток при прокатке с петлеобразованием / Д.П. Шмырин, Н.Е. Дерюжкова // Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г. — Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. — Ч. 1. — 484 с.

СЕКЦИЯ

**ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА**

УДК 621.311

Алексюк Ольга Эдуардовна, студент; Aleksyuk Olga Eduardovna
Янченко Андрей Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;
Yanchenko Andrey Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEM OF A SMALL ENTERPRISE

Аннотация. В данной работе рассматривается гибридная солнечно – ветровая электростанция с комплексным накопителем энергии. Разработана структурная схема системы автономного электроснабжения. Произведен расчет и выбор распределения источников солнечной электростанции и ветровой электростанции, учитывая местные условия.

Abstract. In this paper, a hybrid solar - wind power plant with an integrated energy storage is considered. A block diagram of an autonomous power supply system has been developed. The calculation and selection of the distribution of the sources of the solar power plant and the wind power plant, taking into account local conditions.

Ключевые слова: гибридная солнечно – ветровая электростанция, комплексный накопитель энергии, система автономного электроснабжения.

Keywords: hybrid solar - wind power plant, integrated energy storage, autonomous power supply system.

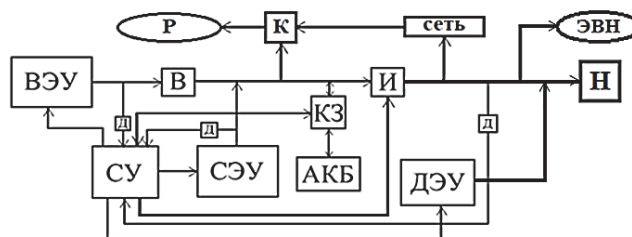
Актуальность. Необходимость решения проблем (повышение тарифов на электроэнергию, зависимость от электросетей, нехватка экологических производств) предлагается осуществить с помощью снабжения малого предприятия (МП) современной гибридной солнечно-ветровой электростанции с функцией возврата излишков энергии в общую энергосистему [1].

Инновационный подход. Заключается, во-первых, в планировании установочной мощности источников с резервом, во-вторых, в использовании комплексного накопителя энергии, что позволит оптимизировать затраты на приобретение аккумуляторов и использовать энергию в различных видах (электроэнергия, энергия сжатого воздуха, теплоэнергия), необходимых МП [2].

Структурная схема системы автономного электроснабжения представлена на рисунке 1.

Принцип работы: в систему автономного электроснабжения входит два главных источника: солнечная электростанция (СЭС) и ветровая электростанция (ВЭС) и резервный источник питания – дизель-электрическая установка (ДЭУ). Также имеется система управления, которая отслеживает уровень подачи энергии от источников и состояние накопителей энергии. Данная система отражает работу солнечно-ветровой электростанции, кото-

рая может напрямую через инвертор запитывать нагрузку, также накапливать энергию в АКБ, либо переключаться на компрессор, который создает давление в ресивере сжатого воздуха, либо при наличии избыточной электроэнергии, отдавать её напрямую в сеть.



ВЭУ – ветроэлектрическая установка; СЭУ – солнечно-электрическая установка; ДЭУ – дизель-электрическая установка; АКБ – аккумуляторная батарея; СУ – система управления; И – инвертор; В – выпрямитель; КЗ – контроллер заряда; Н – нагрузка; К – компрессор; Р – пневморесивер; ЭВН – электроводонагреватель

Рисунок 1 – Структурная схема системы автономного электроснабжения

Ниже представлен выбор мощности и расчет выработки электроэнергии СЭС и ВЭС для конкретного МП - станции обслуживания легковых автомобилей. Установленная мощность на МП: электрооборудование - 21 кВт, пневмоинструмент - 1кВт, ЭВН - 1,5кВт, освещение - 3,3 кВт. Расчет выработки электроэнергии источников СЭС и ВЭС выполнен с помощью расчетной программы онлайн – калькулятора [3]. Учитывая местные условия г. Комсомольска-на-Амуре (количество солнечного излучения и ветровую нагрузку за год, надежность, срок службы и стоимость источников) и общую потребляемую мощность 26800 Вт, предлагается следующее распределение мощности источников:

- 55 % СЭС 15 кВт (занимаемая площадь 70 м²);
- 45 % ВЭС 12 кВт (занимаемая площадь 50 м²).

Показатели выработки электроэнергии солнечной электростанции представлены на рисунке 2.

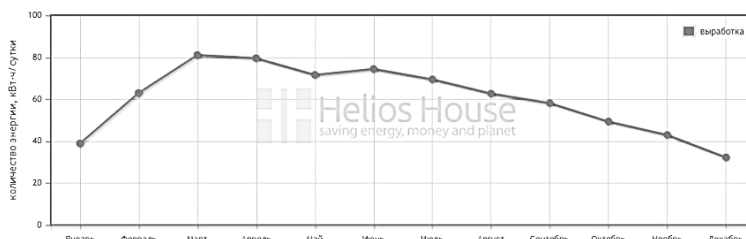


Рисунок 2 – Годовой график выработки электроэнергии солнечной электростанции

По результатам расчета суммарная выработка электроэнергии за год составляет 22007,27кВт·ч. Показатели выработки электроэнергии ветровой электростанции представлены на рисунке 3.

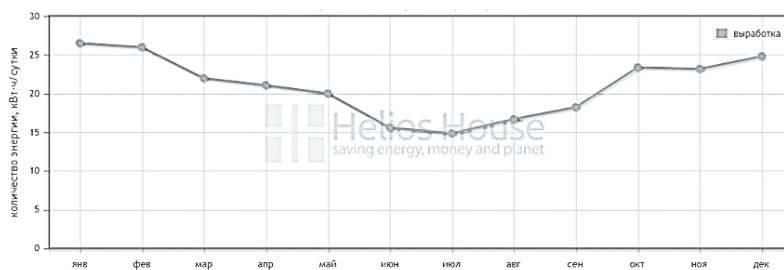


Рисунок 3 – Годовой график выработки электроэнергии ветровой электростанции

По результатам расчета суммарная выработка электроэнергии за год составляет 7690,24 кВт·ч.

Закключение. Разработка такой системы электроснабжения для малого предприятия позволяет нам использование не только гибридной солнечно-ветровой электростанции, но и гибридной системы накопления энергии. Также эта разработка позволяет получать прибыль за счет отдачи излишков электроэнергии в сеть.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ларин, Д. Как снизить затраты на электроэнергию на предприятии? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en-mart.com/zatraty-na-elektroenergiyu-na-predpriyatii/> (дата обращения 02.02.2021)

2 Кулова, Т.Л. Современные электрохимические системы аккумуляирования энергии / Т.Л.Кулова, И.И.Николаев, В.Н.Фатеев, А.Ш. Алиев // KIMYA PROBLEMLERI. – 2018. – №1. – С. 9-34.

3 Онлайн – калькулятор расчета работы солнечной и ветровой энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.helios-house.ru/on-line-kalkulyator.html> (дата обращения 02.02.2021).

УДК 629.048

Антонов Евгений Геннадьевич, студент; Antonov Evgeniy Gennadeevich
Климаш Владимир Степанович, профессор кафедры «Промышленная электроника», док-р техн. наук, профессор; Klimash Vladimir Stepanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОДКЛЮЧЕНИЯ КОНДЕНСАТОРОВ К ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРОННО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ АППАРАТОМ

RESEARCH OF THE DYNAMICS OF CONNECTING THE CAPACITORS TO THE THREE-PHASE NETWORK ELECTRONIC-ELECTRIC APPARATUS

Аннотация. Приводятся результаты моделирования и исследования динамических процессов при подключении конденсаторов к трехфазной сети электронно-электрическим аппаратом и шунтировании электронной части

аппарата короткозамыкателем при достижении установившегося процесса. Осциллограммами показано мягкое включение конденсаторной установки без нарушения качества электроэнергии в сети.

Abstract. The results of modeling and research of dynamic processes are presented when capacitors are connected to a three-phase network with an electronic-electrical apparatus and when the electronic part of the apparatus is shunted with a short-circuiter when a steady process is reached. Oscillograms show the soft start of the capacitor unit without disturbing the quality of power in the network.

Ключевые слова: трехфазная сеть, компенсация реактивной мощности, реактивная мощность, конденсаторы, электронно-электрический аппарат.

Keywords: three-phase network, reactive power compensation, reactive power, capacitors, electronic-electrical apparatus.

Проблема компенсации реактивной мощности является одним из приоритетных направлений в энергетике. Загрузка электрических сетей реактивной мощностью приводит к большим потерям электроэнергии и требует применения оборудования с завышенной мощностью.

Одним из решений этой проблемы в трехфазных сетях является применение конденсаторных установок (КУ) с прямым или косвенным принципом регулирования реактивной мощности в соответствии с изменением нагрузки [1]. Однако подключение конденсаторов к трехфазной сети электрическими аппаратами сопровождается большими бросками токов и асимметричными переходными процессами, что ухудшает качество электроэнергии и сокращает срок службы конденсаторов.

Применение электронно-электрического аппарата для подключения конденсаторов к трехфазной сети [2] позволило исключить указанные недостатки. Схема такого пускателя приведена на рисунке 1. Здесь СУ – система управления, ВВ – высоковольтный выключатель, КБ – конденсаторная батарея, Р – токоограничивающий реактор, ДВ – мостовой диодный выпрямитель, К – шунтирующий ключ, РР – разгрузочный резистор, МК – механический контактор

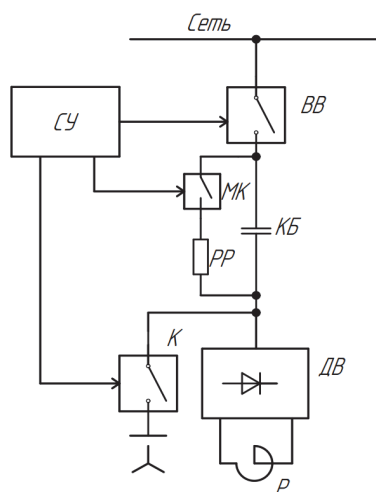


Рисунок 1 – Структурная схема конденсаторной установки с электронно-электрическим аппаратом

Целью работы является моделирование и исследование динамических процессов при пуске КУ и шунтировании электронной части аппарата (пускателя) короткозамыкателем.

На рисунках 2 – 4 приведены результаты численных экспериментов подключения конденсаторов к трехфазной сети в среде MATLAB.

Осциллограммами показан безударный пуск конденсаторов с благоприятным выбором уставки времени (рисунок 2) для включения короткозамыкателя.

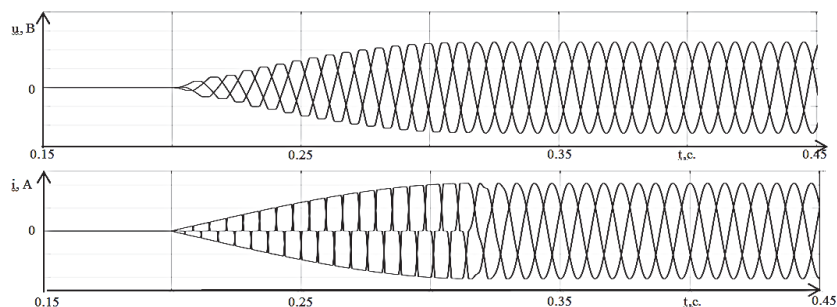


Рисунок 2 – Осциллограммы напряжений и токов трехфазной конденсаторной батареи, при включении короткозамыкателя в 0.35 с

Плавный симметричный пуск конденсаторов производится естественным путем за счет изменения угла коммутации диодов.

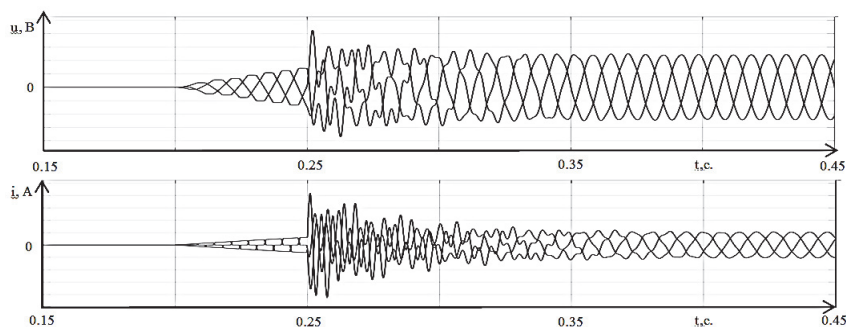


Рисунок 3 – Осциллограммы напряжений и токов трехфазной конденсаторной батареи, при включении короткозамыкателя в 0.25с

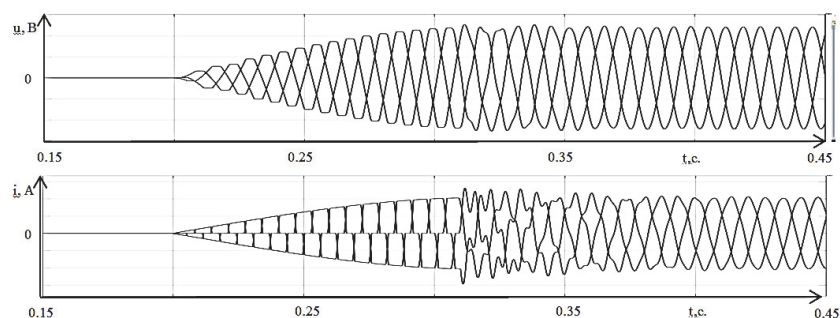


Рисунок 4 – Осциллограммы напряжений и токов трехфазной конденсаторной батареи, при включении короткозамыкателя в 0.3с

Преждевременное включение короткозамыкателя (рисунки 3 и 4) приводит к нарушению качества электроэнергии, дополнительным потерям и сокращению срока службы конденсаторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ильяшов В. П. Конденсаторные установки промышленных предприятий. – 2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 152 с.

2 Устройство для подключения конденсаторов к трехфазной сети // Патент России № 2665476. / Климаш С.В., Власьевский С.В., Иньков Ю.М., Климаш В.С., 2018, Бюл. № 25.

3 Константинов Б.А., Зайцев Г.З. Компенсация реактивной мощности. – Л.: Энергия, 1976. – С. 43–68.

УДК 621.314

Биленко Илья Игоревич, студент; Bilenko Ilya Igorevich

Сериков Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент;

Serikov Alexandr Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

RELAY PROTECTION OF A SPECIAL TRANSFORMER FOR POWER SUPPLY OF OBJECTS

Аннотация. Работа посвящена исследованию способов повышения энергоэффективности силовых масляных трансформаторов.

Abstract. This work is devoted to the study of ways to improve the energy efficiency of power oil transformers.

Ключевые слова: силовой трансформатор, энергоэффективность, снижение потерь.

Keywords: power transformer, energy efficiency, loss reduction.

Согласно Указу Президента Российской Федерации № 899 от 07 июля 2011 года определены приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации. Одним из важных приоритетных направлений является направление «Энергоэффективность, энергосбережение и ядерная энергетика». Также определены критические технологии Российской Федерации. Работа выполнена в рамках критической технологии «Технология создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии». Кроме того, согласно энергостратегии России на период до 2035 года определены цели, задачи и приоритеты по вопросам реализации инвестиционных проектов в Дальневосточном федеральном округе. Наиболее актуальными из них, являются стимулирование и поддержка повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и производственного потенциала, минимизация негативного влияния производства и потребления энергоресурс-

сов на окружающую среду, а также развитие инфраструктуры Дальневосточного федерального округа. Эти факторы указывают на необходимость обновления и замены оборудования трансформаторных подстанций с приоритетом устройств повышенной эффективности.

Более половины трансформаторов работают с превышением срока эксплуатации и не могут соответствовать современным требованиям энергоэффективности. Например, в нашей стране потребляется более 900 млрд. кВт·ч электроэнергии, из которых около 4 млрд. кВт·ч приходится на потери в силовых трансформаторах. К тому же, ежегодное обслуживание трансформаторов обходится в 8-10 % от их первоначальной стоимости.

Особенно остро стоит проблема замены силовых трансформаторов на более совершенные. Таким образом, совершенствование силового электрооборудования и повышение энергосберегающих свойств масляных трансформаторов являются актуальными задачами.

Процесс совершенствования трансформаторного оборудования и уменьшения потерь позволят оптимизировать расходы предприятий. Все улучшения в трансформаторах носят эволюционный характер. Совершенствуется конструкция магнитопроводов, применяются более современные магнитные и проводниковые материалы. В последнее время много внимания уделяют системам слежения и диагностики состояния трансформатора, в конструкцию добавляются различные датчики. Меняются системы охлаждения и изоляции.

При совершенствовании системы охлаждения можно обратить внимание на ту тепловую энергию что выделяется при работе трансформатора. Это тепло, вырабатываемое в сердечниках и проводниках, можно использовать в полезных целях. Для этого предлагается в конструкцию силового масляного трансформатора включить нагревательный блок, связанный с системой отопления расположенных рядом помещений предприятия [1]. Нагревательный блок представляет собой конструкцию с развитой поверхностью теплообмена, которая размещается на активной части силового трансформатора и погружается в бак с маслом. Нагревательный блок присоединяется к системе теплоснабжения отапливаемого помещения. Теплоноситель попадает в нагревательный блок, нагревается за счет потерь силового трансформатора и поступает в систему отопления. С целью обеспечения необходимой температуры теплоносителя в конструкции нагревательного блока размещается дополнительная обмотка. Включение этой обмотки производится с помощью вентильных полупроводниковых приборов (тириستоров, симисторов или силовых транзисторов) [2].

Таким образом, предложенный способ повышения энергоэффективности позволяет полезно использовать тепловые потери силового масляного трансформатора на нужды теплоснабжения, что в целом приводит к повышению КПД преобразовательного устройства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Литовец, А.В. Силовой трансформатор с блоком нагрева жидкости / А.В. Литовец, А.В. Сериков // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии: материалы IV российской молодежной научной школы-конференции. – Томск : Томский политехнический университет, 2016. – С. 36–38.

2 Патент на полезную модель № 160354 РФ, МПК H05B 6/10. Устройство для преобразования энергии с регулируемым нагревом жидкости: / А.В. Сериков, А.В. Литовец. № 2015114276/02; заявл. 16.04.2015; опубл. 20.03.2016, Бюл. № 8.

УДК 621.314.224.8

Варыбок Иван Романович, студент; Varybok Ivan Romanovich

Скорик Виталий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент;

Skorik Vitaliy Gennadievich

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАСЫЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛЭП

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SATURATION OF CURRENT TRANSFORMERS ON THE ACCURACY OF DETERMINING THE LOCATION OF POWER LINE DAMAGE

Аннотация. В статье рассматриваются принципы работы и электромагнитные процессы, происходящие в режиме насыщения сердечников измерительных трансформаторов тока. Произведен анализ работы ИТТ при режиме насыщения, влияние на точность определения места повреждения (ОМП).

Abstract. The article examines the principles of operation and electromagnetic processes occurring in the saturation mode of the cores of measuring current transformers. The analysis of the operation of the ITT under the saturation mode, the impact on the accuracy of determining the location of damage.

Ключевые слова: трансформаторы тока, релейная защита, насыщение, устройства определения места повреждения.

Keywords: current transformers, relay protection, saturation, fault location detection devices.

Главной отличительной особенностью в работе и функционале современных микропроцессорных релейных защит (далее – МПТ РЗА), является их быстроедействие. В комплекс релейной защиты и устройств различной автоматики принято учитывать и измерительные органы, правильность работы которых, обуславливает точность срабатывания (или не срабатыва-

ния) релейной защиты. Данные части релейного комплекса «общаются» между собой благодаря связи по медным проводам или по ВОЛС, тем самым являясь единым целым [1].

Выбор измерительных трансформаторов тока (ТТ) производится, как правило, исходя из условий на проектирование и в переходных режимах, в т.ч. при перегрузке и коротком замыкании. Работа энергосистемы в таких «нестабильных» режимах способна пагубно отразиться на форме выходного сигнала ТТ, что обуславливается наличием такого понятия как «насыщение» сердечника.

Согласно ПНСТ 283-2018 [4] все вновь устанавливаемые измерительные трансформаторы тока должны быть проверены по времени до насыщения при наличии остаточной намагниченности ($K_f=0,86$).

Суть проверки состоит в том, чтобы различными способами (по огибающей кривой, аналитический) установить время, за которое трансформатор тока в самом неблагоприятном режиме, насыщается. Иными словами, определить в течение какого времени ТТ способен обеспечить правильность выходного сигнала для точной работы РЗА и устройств по определению места повреждения (УОМП) [2]. Если ТТ насыщается, требуется большее значение тока для намагничивания сердечника, и, в результате, вторичный ток (I_2), поступающий на входы реле, не может быть уменьшенной копией фактического первичного тока (I_1). Это может поставить под вопрос правильность работы РЗА и требует внимательного рассмотрения [3]. На автоматизированных рабочих местах диспетчеров Центра управления сетями (далее – ЦУС) различных уровней, а также иных субъектов электроэнергетики, отвечающих за расчет ОМП, установлена программная среда WinBres. В феврале 2021 года произошло четырехкратное отключение воздушной линии 220 кВ Л-255 Комсомольская – Селихино №1 от работы дифференциальной защиты линии (ДЗЛ) и токовой защиты нулевой последовательности (ТЗНП) 1 ступени. Из-за географического расположения трассы ВЛ 220 кВ Л-255, которая проходит в полосе с сильными ветрами, в условиях метели, на одной из опор произошло перекрытие проводника через изоляторы на тело опоры, тем самым получая практически металлическое однофазное короткое замыкание на землю.

Было установлено, что повреждения от всех четырех отключений находится в одной и той же точке, на расстоянии 12,1 км от ПС 500 кВ Комсомольская. В ходе расчета ОМП были получены точки в 12,2 км, 14,7 км, 16,2 км и 17,4 км от ПС.

Время отключения от ДЗЛ во всех случаях не превышало 60 мс, полное же время протекания тока короткого замыкания составляло 240 мс.

На рисунке 1 приведен график, отражающий зависимость погрешности ОМП от общего времени протекания тока КЗ для рассмотренной ситуации.

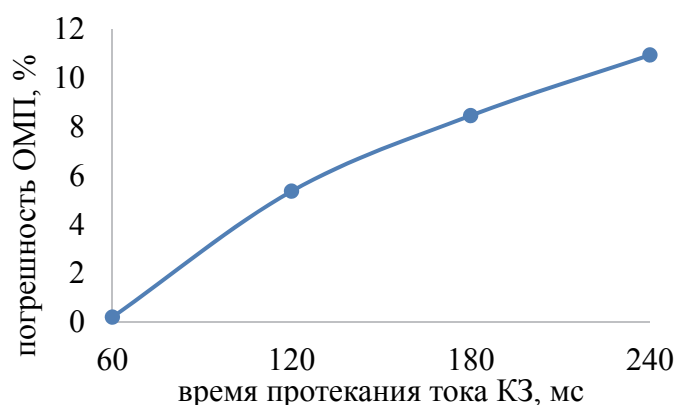


Рисунок 1 – Зависимость погрешности ОМП от длительности КЗ

На рисунке 2 представлена осциллограмма с четвертого отключения. Индексом «л3» обозначена искомая линия Л-255. На аналоговом сигнале тока фазы А Л-255 видна несинусоидальная форма сигнала. Одновременно, на смежной линии ВЛ 220 кВ Л-254 возникает синусоидальный сигнал. Искажение формы сигнала 13 и 16 вызвано остаточной намагниченностью измерительных ТТ.

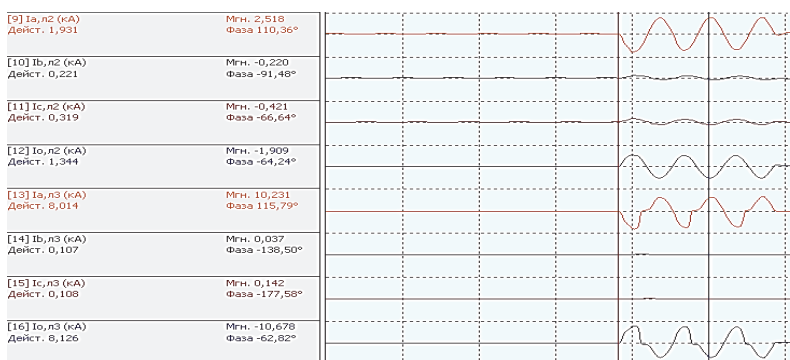


Рисунок 2 – Осциллограмма токов отключения

Из приведенного примера и других аналогичных ситуаций можно сделать вывод о том, что по мере увеличения остаточной намагниченности на измерительных трансформаторах тока по обоим концам линии, погрешность измерения неизменно росла.

Выводы. В ходе анализа было установлено, что остаточная намагниченность при устойчивых КЗ в цикле успешного АПВ оказывает большое влияние на точность не только расчетов места повреждения, но и на работу измерительных органов, в частности ТТ. Для устранения указанного недостатка предлагается использовать алгоритм, использующий разложение измерительного сигнала на составляющие в ряд Фурье, производя расчет параметров системы на основе значения первой гармоники. В совокупности с поясом Роговского, который способен отфильтровать апериодическую составляющую тока, предлагаемая система способна обеспечить стабильную работу и правильность передачи измерительного сигнала для формирования управляющего воздействия со стороны УОМП и РЗА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Сопьяник, В. Х. Расчет и анализ переходных и установившихся процессов в транс-форматорах тока и токовых цепях устройств релейной защиты / В. Х. Сопьяник.- Минск: БГУ, 2000. – 143 с.

2 Д.Мутумуни, Р.Джаясинхе - Моделирование насыщения трансформаторов тока для изучения устройств релейной защиты / Журнал «Наука. Релейщик» №2 – 2014.

3 Шмурьев, В. Я. Цифровые реле защиты / В. Я. Шмурьев. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 1999. – 56 с.

4 ПНСТ 283-2018 Трансформаторы измерительные. Часть 2. Технические условия на трансформаторы тока. – М.: Стандартиформ, 2018. – 41 с.

УДК 628.97-048.32

Воробьев Никита Константинович, студент; Vorobev Nikita Konstantinovich

Макашева Светлана Игоревна, доцент, кандидат технических наук;

Makasheva Svetlana Igorevna

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИЕЙ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ КРУПНЫХ ОФИСНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

INCREASING THE EFFICIENCY OF ENERGY SAVING BY MODERNIZATION OF LIGHTING SYSTEMS OF LARGE OFFICE BUILDINGS AND FACILITIES

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию перспектив внедрения автоматизированных систем освещения, экономической целесообразности модернизации уже смонтированных систем. Итогом работы является ряд существенных предложений по внедрению передовых средств автоматизации освещения в различных учреждениях и организациях.

Abstract. This work is devoted to the study of the prospects for the introduction of automated lighting systems, the economic feasibility of modernizing already installed systems. The result of the work is a number of significant proposals for the implementation of advanced lighting automation in various institutions and organizations.

Ключевые слова: автоматизация, датчик, освещение.

Keywords: automation, sensor, lighting.

В наше время нет такой отрасли промышленности или хозяйства, где бы отсутствовала потребность в искусственном освещении. Как системы внутреннего, так и внешнего освещения любого помещения, являются существенным потребителем электроэнергии.

В свою очередь, современные способы энергосбережения позволяют значительно снизить расходы предприятия на оплату освещения. В целом, мероприятия по энергосбережению призваны улучшить и рационализировать управление систем освещения, повысить их эксплуатационные показатели и снизить расходы на их обслуживание [1,2].

Важнейшим мероприятием по снижению уровня потребляемой электрической энергии является внедрение систем автоматизации освещения.

Автоматизированная система управления освещением – это комплекс технологических решений, способный обеспечивать нужное количество света в нужное время и в нужном месте. Автоматизация является одним из трех шагов, на пути к снижению энергопотребления наряду с переходом на энергоэффективные источники света (специальные светильники) и правильным расположением осветительных приборов. В зависимости от характера объекта, потребление электроэнергии на его освещение составляет от 5 до 30% от общего энергопотребления [1,2].

В действительности у каждой крупной организации есть реальная возможность снизить счета за электрическую энергию путем оптимизации системы освещения. Сделать это возможно путём использования элементов системы автоматизации освещением, установкой простейших датчиков движения, что позволит достигнуть значительного сокращения времени работы осветительных приборов, когда каждый прибор будет включаться по мере необходимости, например, при приближении человека к нему. Так как внедрение систем автоматизации подразумевается в крупных зданиях, то необходимые вложения в оборудование быстро окупятся за счет значительного снижения размеров счетов за электрическую электроэнергию.

В данной работе рассматривается пример автоматизации системы освещения лабораторного корпуса ДВГУПС. Количественная оценка произведена для строения лабораторного корпуса, включая его основные этажи, без учета двух имеющихся башен этого корпуса.

На данном объекте внедрение датчиков движения возможно исключительно в ходе масштабной замены осветительных приборов в корпусе, так как уже имеющиеся приборы не предназначены для использования совместно с датчиками и, в целом, исчерпали свой ресурс, заложенный заводом изготовителем. Такое положение дел позволяет объединить реконструкцию системы освещения с внедрением средств автоматизации, что, в свою очередь, снизит общие затраты на закупку и монтаж оборудования.

В разрабатываемом проекте модернизации системы освещения предлагается заменить имеющиеся в здании восемьдесят люминесцентных светильников общей мощностью 6400 кВт на восемьдесят светодиодных светильников общей мощностью 2880 кВт.

Как нетрудно заметить, первоначальная экономия от замены типа светильников уже имеется. Почти двойная экономия электроэнергии уже

будет достигнута за одной только замены светильников с люминисцентных на светодиодные.

Еще одним мероприятием по модернизации системы освещения является установка датчиков движения, что позволит, во-первых, увеличить время службы светильников за счёт экономии их ресурса, а во-вторых исключить работу ламп “в холостую”, когда в помещениях отсутствуют люди.

Определим годовое потребление электроэнергии на освещение помещений с временным пребыванием людей с использованием светодиодных светильников, $W_{\text{сд}}$, кВт·ч, по выражению:

$$W_{\text{сд}} = n_{\text{сд}} \cdot P_{\text{сд}} \cdot t_{p(d)} \cdot N \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

где $n_{\text{сд}}$ – количество светодиодных светильников в помещении с временным пребыванием людей, шт.;

$P_{\text{сд}}$ – мощность светодиодного светильника, Вт;

$t_{p(d)}$ – время работы светильника с использованием датчиков движения, ч.;

N – количество рабочих дней в году, примем в расчет 248 дней;

Для расчёта уловимся, что освещение в лабораторном корпусе ДВГУПС включается в 08:00, а выключается в 20:00. Учтём, что после 16:45 количество срабатываний на датчиках упадёт в связи с окончанием учебы у большей части студентов. В связи с этим в (форм.1) вводится коэффициент посещаемости k , который позволит учесть значительное снижение срабатываний на рассматриваемых датчиках.

Проведем расчет годового потребления электроэнергии по ф.(1) с поправочным коэффициентом:

– для интервала времени суток с 08:00 до 16:45 часов примем $k=0,7$;

– для интервала времени суток с 16:45 до 20:00 примем $k=0,3$.

$$W_{\text{сд год}} = 80 \cdot 36 \cdot (8.75 \cdot 0.7 + 3.25 \cdot 0.3) \cdot 248 \cdot 10^{-3} = 5071,104 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

В настоящее время ДВГУПС получает электроэнергию по цене 6,6 рублей за кВт/ч, поэтому далее рассчитаем затраты на оплату электрической энергии в рассчитанном объёме путем перемножения цены за 1 кВт/час и величины $W_{\text{сд год}}$, в результате чего получим 33 469,2864 руб.

Рассчитаем годовое потребление электроэнергии на освещение помещений без использования датчиков движения, $W_{\text{сд бд год}}$, кВт·ч

$$W_{\text{сд бд год}} = 80 \cdot 36 \cdot 12 \cdot 248 \cdot 10^{-3}$$

$$W_{\text{сд бд год}} = 8570.88 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Рассчитаем затраты на электроснабжение корпуса, не оборудованного системами автоматизации: $8570,88 \cdot 6,6 = 56\,567,808$ руб.

Рассчитаем разницу в размерах оплаты за электроэнергию:
 $56\,567,808 - 33\,469,2864 = 23\,098,5216$ руб.

Как показывает расчёт, экономия в рамках одного четырехэтажного лабораторного корпуса достаточно небольшая. Применение систем автоматизации позволит экономить около 23 тысяч рублей ежегодно.

Использование средств автоматизации систем освещения даёт значительную экономию в потреблении электроэнергии.

Расчитаем срок окупаемости, сведя его для краткости в табл.1 .

Рассчитаем срок окупаемость проекта, разделив итоговые затраты из табл.1 на рассчитанную экономию: $139\,811 / 23\,098.29 \approx 6$ лет. Полученное значение меньше нормативного срока окупаемости для технических проектов, равного 8 годам, что говорит о экономической целесообразности применения данного решения [3].

Таблица 1 – Расчет затрат на реализацию проекта модернизации системы освещения лабораторного корпуса ДГУПС

№п/п	Наименование прибора	Количество, шт	Стоимость, руб/шт	Сумма, руб.
1	Датчики движения			
	TDM ДДП-04	24	872	20 928
	TDM ДДС-01	15	443	6 645
2	Приборы освещения			
	SPO-5-40-4K-M	42	500	21 000
3	Кабельная продукция			
	ВВг (А)-LS 3х1.5 ГОСТ	518 м	41	21 238
4	Стоимость монтажных работ			70 000
Итого				139 811

Вывод. Проведенный расчет доказал, что замена люминисцентных ламп и ламп накаливания на светодиодные светильники, а также внедрение систем автоматизации освещением путем применения датчиков движения является эффективным способом снижения энергопотребления в здании. Несмотря на относительно большой срок окупаемости, проект остаётся перспективным, так как позволяет в значительной мере экономить электроэнергию. Отметим, что в случае, если на объекте уже имеются современные светодиодные светильники, и для него требуется только докомплектация системы освещения датчиками движения, то срок окупаемости проекта значительно снижается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гужов, Н. П. Системы электроснабжения: учебное пособие для вузов / Н. П. Гужов, В. Я. Ольховский, Д.А. Павлюченко. – Ростов н/Д: Феникс. – 2011. – 382 с.

2 Козловская, В. Б. Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич – 2-е изд. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 271 с.

3 Семенов, Б. Ю. Экономичное освещение для всех / Б. Ю. Семенов– Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2010. – 224 с.

УДК 621.313.333

Горбунов Денис Сергеевич, студент; Gorbunov Denis Sergeevich

Размыслов Валерьян Александрович, кандидат технических наук, доцент;

Razmyslov Valeryan Aleksandrovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОСОБЕННОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ГОФРИРОВАННЫМИ ЗУБЦОВЫМИ ЗОНАМИ

FEATURES OF ASYNCHRONOUS MOTORS WITH CORRUGATED TOOTHED ZONES

Аннотация. В статье рассматриваются особенности применения безотходных магнитопроводов с гофрированными зубцовыми зонами и витыми ярмами в асинхронных двигателях.

Abstract. The article discusses the features of the use of waste-free magnetic cores with corrugated toothed zones and twisted yoke in asynchronous motors.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, безотходный магнитопровод, гофрированная зубцовая зона, витое ярмо.

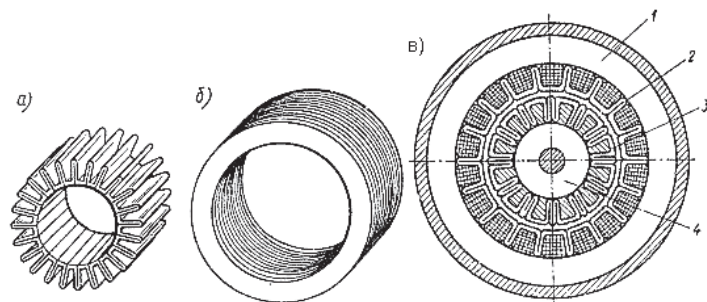
Keywords: asynchronous motor, waste-free magnetic core, corrugated tooth zone, twisted yoke.

В настоящее время важнейшей задачей в промышленности является эффективное использование материальных и энергетических ресурсов. В частности при производстве электрических машин значительная часть дорогой листовой электротехнической стали уходит в отход. Он получается при вырубке пазов, отверстий под вал, вырубке круглых статорных листов. Так при производстве самых массовых асинхронных двигателей малой и средней мощности 40...50% электротехнической стали идет в отход. При этом надо иметь ввиду, что магнитопроводы из электротехнической стали занимают по массе первое место, по стоимости - первое-второе место среди используемых материалов. Большой отход электротехнической стали приводит к увеличению непроизводительного расхода не только материальных, но и энергетических, и финансовых расходов [2].

Среди разных конструкций безотходных и малоотходных магнитопроводов электрических машин наиболее рациональными, на наш взгляд, являются магнитопроводы с гофрированными зубцовыми зонами и витыми ярмами [1]. Конструкция асинхронной машины с такими магнитопроводами показана на рисунке 1.

Зубцовая зона формируется путем гофрирования ленты из тонколистовой электротехнической стали [3]. Ширина ленты равна ширине магнитопровода. Гофры образуют зубцы, между ними имеется пазовая перемычка, располагаемая со стороны воздушного зазора. Ярмо выполняется путем навивки на ребро ленты из электротехнической стали. Ширина этой ленты

равна высоте ярма. Ярмо и зубцовая зона стыкуются между собой. Таким образом, пазы и статора и ротора получаются закрытыми со стороны воздушного зазора и открытыми со стороны ярем.



а – гофрированная зубцово-пазовая зона; б – витое на ребро ярмо;
 в – общий вид двигателя с безотходным магнитопроводом
 1 – витое ярмо статора; 2 – зубцо-пазовая зона статора;
 3 – зубцово-пазовая зона ротора; 4 – витое ярмо ротора
 Рисунок 1 – Асинхронный электродвигатель с безотходным магнитопроводом

Среди достоинств электрических машин с такой конструкцией магнитопровода следует отметить:

- 1) Почти полное устранения отхода электротехнической стали.
- 2) Возможность выполнения зубцовых зон и ярем из сталей разных по толщине, свойствам и стоимости.
- 3) Возможность выполнения зубцов малой ширины (например, 0,6 мм при толщине листа 0,3 мм), что важно для машин малой мощности.
- 4) Закрытые со стороны воздушного зазора пазы, что способствует уменьшению шума и вибраций.
- 5) Возможность укладки фазных обмоток до сочленения с зубцовой зоны с ярмом в открытые пазы. Это позволяет выполнять упорядоченную намотку секций обмотки, что увеличивает заполнение паза и повышает надежность обмотки.

6) Исключение при изготовлении магнитопровода штамповки, процесса дорогостоящего и энергозатратного.

Недостатки машин с гофрированными зубцовыми зонами:

- 1) Наличие немагнитных включений между зубцовыми зонами и ярмами, что немного увеличивает намагничивающий ток.
- 2) Некоторые ограничения при выборе ширины зубцов, длины магнитопровода и высоты ярем. Ширина зубца должна быть кратной толщине листа. Длина магнитопровода l_m должна удовлетворять условию

$$\frac{l_m - \Delta}{l_p} = \text{целое число},$$

где l_p – ширина используемого рулона стали;
 $\Delta = 5 \dots 10$ мм – припуск на изъёмы краев рулона.

Однако, как показали расчеты, данные ограничения не критичны.

3) Некоторое возрастание потерь на вихревые токи из-за цельности ленты, из которой выполняется зубцовая зона статора.

4) Небольшое увеличение индуктивных сопротивлений рассеяния обмоток из-за наличия пазовых перемычек со стороны воздушного зазора.

Дополнительные потери от вихревых токов и индуктивные сопротивления рассеяния можно значительно уменьшить, выполнив продольные прорези в пазовых перемычках.

Внедрение безотходных магнитопроводов в производство, конечно, потребует от машиностроительных предприятий разработки и создания новых технологических линий и определенных капитальных затрат. Однако, они окупятся за счет уменьшения эксплуатационных затрат и снижения себестоимости выпускаемой продукции.

В заключение следует отметить, применение безотходных магнитопроводов с гофрированными зубцовыми зонами в асинхронных двигателях обеспечивает значительную экономию листовой электротехнической стали, снижение энергетических и финансовых затрат. При этом основные показатели двигателей (КПД и коэффициент мощности) практически не снижаются.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Юферов, Ф.М. Электрические машины автоматических устройств / Ф.М. Юферов. – М.: Высшая школа, 1988. – 479 с.

2 Яковлев, А.И. Электрические машины с уменьшенной материалоемкостью / А.И. Яковлев. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 240 с.

3 Казанский, В.М. Конструктивное развитие асинхронных машин с малоотходным магнитопроводом. Машины с малоотходными магнитопроводами и нетрадиционными обмоточными структурами / В.М. Казанский. – Новосибирск: НЭТИ, 1985. – 242 с.

УДК 620.9

Дадашова Фарида Ильясовна, студент; Dadashova Farida Ilyasovna
Суздорф Виктор Иванович, кандидат технических наук; Suzdorf Viktor Ivanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОБЗОР СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИЗ СОЛНЦА

OVERVIEW OF SOLAR POWER PLANTS AND WAYS TO GENERATE ELECTRICITY FROM THE SUN

Аннотация. В данной работе представлено обоснование для распространения солнечной энергетики взамен традиционных способов получения электроэнергии. Представлена классификация солнечных энергетических установок и способов преобразования солнечной энергии в электрическую.

Abstract. This paper presents a rationale for the spread of solar energy instead of traditional methods of generating electricity. The classification of solar power plants and methods of converting solar energy into electrical energy is presented.

Ключевые слова: солнечная энергетика, электроэнергия, кремний, солнечные панели, солнечные батареи.

Keywords: solar energy, electric power, silicon, solar panels, solar panels.

Введение

В мире все большую популярность в качестве получения электроэнергии, начинают получать технологии возобновляемой электроэнергии. К таковым можно отнести солнечную энергетику. Существует огромное разнообразие солнечных панелей, и различные способы преобразования солнечной энергии в электрическую. Установка солнечных энергетических установок на той или территории может иметь как минусы, так и плюсы. Необходимо учитывать особенности работы солнечных панелей, а потому нужно понимать принцип работы таких панелей, различные способы устранения недостатков при использовании таких панелей, факторы, которые необходимо учитывать при установке таких панелей и т.д.

Целесообразность применения солнечной энергетики

Энергетика, в основе которой применяется солнечное излучение, имеет в потенциале огромные возможности. Использование всего 0,0005% энергии Солнца могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики, а 0,5% – полностью покрыть потребности на перспективу. [3]

Одним из недостатков применения такого способа получения электроэнергии – это дороговизна, относительно других традиционных способов.

Однако существует мнение, что спустя примерно 10 лет, электроэнергия, полученная с помощью Солнца, будет продаваться гораздо дешевле, чем электричество, добываемое при помощи угля, ядерного топлива и природного газа. [1]

Способы получения электричества из солнечной энергии

Существует три поколения солнечных батарей. Первое поколение солнечных батарей работает с помощью традиционных солнечных элементов, или фотоэлектрических элементов. Фотоэлектрические элементы состоят из тонкой пластины кремния, так как кремний создает электрическую энергию при наведении на него солнечных лучей. Второе поколение солнечных батарей называют тонкопленочными. Состоят они из аморфного кремния, или же теллурида кадмия. В тонкопленочных фотоэлементах располагаются слои полупроводниковых материалов толщиной в несколько микрометров. Фотоэлементы второго поколения обладают гибкостью, поэтому их можно использовать в качестве покрытия для крыш, пленочного покрытия мансардных окон, фасадов зданий и т.д. Солнечные батареи третьего поколения могут не включать в свой состав кремний. Для таких фотоэлементов могут использоваться различные материалы, такие как солнечные чернила, которые можно наносить на поверхность традиционной печатью; «солнечная краска» – специальное соединение, абсорбиру-

ющее влагу из воздуха, и разлагающее ее на кислород и водород, с помощью солнечного света; проводящие полимеры и т.д. К третьему поколению солнечных батарей можно отнести и нанокристаллические солнечные батареи. Они включают в себя кремниевую подложку с покрытием из нанокристаллов.

Классификация солнечных энергетических установок и их особенности

Существует множество различных технологических схем преобразования солнечного излучения в электрическую энергию на основе широко известных в технике тепловых циклов, теплоэлектрических и термоэмиссионных процессов.

В связи с этим солнечные энергетические установки классифицируют:

1. По способу преобразования солнечной энергии в электроэнергию.

Фотоэлектрический способ является наиболее распространённым на сегодняшний день. В данном способе используют фотоэлектрические панели, которые под воздействием солнечных лучей вырабатывают электрическую энергию. Второй способ получения электричества при помощи Солнца – геотермальный. При таком способе осуществляется нагрев поверхности солнечными лучами специального коллектора. В качестве нагревательного вещества могут быть вода или воздух. Также существует возможность преобразования солнечной энергии с помощью тепловых машин, таких как термовоздушные электростанции и солнечные аэростатные электростанции. В первом случае тепловая машина преобразует солнечную энергию в поток воздуха, и уже поток воздуха вращает турбогенератор. Во втором случае нагревается селективно-поглощающее покрытие солнечными лучами аэростата, в результате чего происходит генерация водяного пара внутри самого аэростата. Водяной пар, в свою очередь, вращает турбогенератор.

2. По месту размещения на Земле.

Солнечные батареи преимущественно имеют наземное расположение. Их могут размещать на крышах различных зданий: домов, ферм; на специальных конструкциях: мобильных и неподвижных. Солнечные батареи могут размещаться на воздушных устройствах, самолетах, вертолетах и других воздушных установках. Также существуют сферические солнечные батареи, расположение которых надземное. Располагаться солнечные батареи могут и на воде, на специальных не тонущих конструкциях, или же практически на любом водном транспорте: катере, яхте, лодке и т.д. Наводные солнечные батареи применяют при недостатке большого количества свободной территории на суше. Солнечные батареи также используют в космической отрасли, в частности, для питания спутников. Различное расположение солнечных батарей приводит к различным способам преобразования солнечной энергии в электроэнергию, а также к различному уровню защиты батареи от внешней среды и различные способы предотвращения помех внешней среды. Например, защита солнечной батареи наводного типа будет выше солнечной батареи наземного типа, или

же солнечные батареи наземного типа необходимо периодически очищать от грязи и пыли.

3. По мобильности.

Солнечные установки по типу мобильности могут быть не подвижными, малоподвижными, полностью подвижными, а также передвижными. При этом они отличаются массогабаритными характеристиками и сложностью конструктивного исполнения. [3]

Выводы

В связи с неблагоприятной экологической обстановкой в мире, все больше возрастает интерес к использованию возобновляемых источников энергии и экологически безопасных для окружающей среды. К таковым можно отнести солнечную энергетику.

Однако каждая из солнечных установок имеет свои особенности и недостатки. К выбору той или иной установки солнечных батарей необходимо подходить продуманно и ответственно, учитывая климатические условия местности, время восхода и захода Солнца на той или иной местности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кашкаров, А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции / А. П. Кашкаров. - М. : ДМК Пресс, 2011. – 144 с.

2 Шиняков, Ю. А. Автономная фотоэлектрическая энергетическая установка / Ю. А. Шиняков, Ю. А. Шурыгин, В. В. Аржанов, О. А. Теущаков, А. В. Осипов, К. В. Аржанов // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 4. – С. 133-138.

3 Умаров, Г. Я. Солнечная энергетика / Г. Я. Умаров, А. А. Ершов. - М. : Знание, 1974 – 65 с.

УДК 620.92

Ербулатов Павел Александрович, студент; Erbulatov Pavel Alexandrovich

Кузьмин Роман Вячеславович, канд. техн. наук, доцент:

Kuzmin Roman Vyacheslavovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

ELECTROMECHANICAL POWER GENERATION SYSTEM BASED ON A WIND GENERATOR.

Аннотация. В статье рассматривается вопрос, о ветроэнергетике. Ветер является возобновляемым источником энергии, его можно преобразовать в электрическую энергию. Плюсы и минусы такого преобразования.

Abstract. The article discusses the issue of wind energy. Wind is a renewable energy source, it can be converted into electrical energy. The pros and cons of this conversion.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, электроэнергетика, альтернативная энергетика.

Keywords: renewable energy sources, electric power industry, alternative energy.

Введение

Так как теплоэлектроцентрали, газотурбинные электростанции, дизельные электростанции, конденсационная электростанция и т.д., работают на нефтепродуктах, газе и угле, но все они не возобновляемые источники энергии. Запасов в России на конец 2019г.:

- 1) Запасы нефти 14700 млн.тонн (доля в мире 6,18%)
- 2) Запасы природного газа 50279 млрд м³ (доля в мире 24,38%)
- 3) Запасы угля 157 010 млн тонн (доля в мире более 17%)

Потребление человеком электроэнергии возрастает, следовательно и использование природных ресурсов тоже. Нефти и газа хватит на ближайшие 50 лет, угля 100-200 лет. Атомная энергетика имеет большой потенциал, но добыча и переработка атомного топлива сложный и дорогой процесс. Так же, работа и вывод из эксплуатации очень ответственные мероприятия для окружающей среды. Авария может нанести большой ущерб, а хранение уже отработанного топлива дорого и необходима большая территория.

Для удаленного энергоснабжения участков необходимо строить понижительные и распределительные подстанции, вести ЛЭП. Всё это очень дорого стоит и не целесообразно строить для одного, двух потребителей.

Цель проекта: Обеспечение электроэнергией автономных объектов с использованием возобновляемых источников энергии.

Задачи:

1) Анализ известных технических решений и обоснование актуальности разработки ветрогенератора.

2) Исследование различных вариантов ветрогенератора

Ветрогенератор преобразовывает кинетическую энергию ветра в электрическую энергию. Она экологически безопасная и не требует природных ресурсов. Так же ветряки можно строить, там где нет или сложно провести ЛЭП.

Проанализировав рынок, часто ветрогенераторы выполняются 48 В с постоянными магнитами. Предлагаемый ветрогенератор будет выполнен с электромагнитным возбуждением, такая система возбуждения обеспечивает синхронному генератору более устойчивую работу и лучшие регулировочные свойства и выходным напряжением 380 В с частотой 50 Гц. Данный генератор будет удовлетворять все бытовые потребности человека.

Основные виды ветрогенератора: вертикальные и горизонтальные.

Вертикальные выполняются для малой мощности до 1 – 4 кВт, форма лопастей вызывает сложности в изготовлении, отсюда высокая стоимость лопастей.

Горизонтальные выполняются на высокие мощности, просты в изготовлении. В проекте выбираем число лопастей равным трём, т.к. две лопасти вызывают биение, а больше трёх не так значительно увеличивают мощность ветрогенератор, как массу и стоимость.

Рассматриваем ветрогенератор горизонтального типа с тремя лопастями. Рассчитаем зависимость мощности от диаметра колеса и скорости ветра формула (1):

$$N = \frac{\vartheta^3 \cdot S \cdot \rho}{2} \quad (1)$$

Где N – мощность ветрогенератора, S – площадь колеса, ϑ – скорость ветра, ρ – плотность воздуха

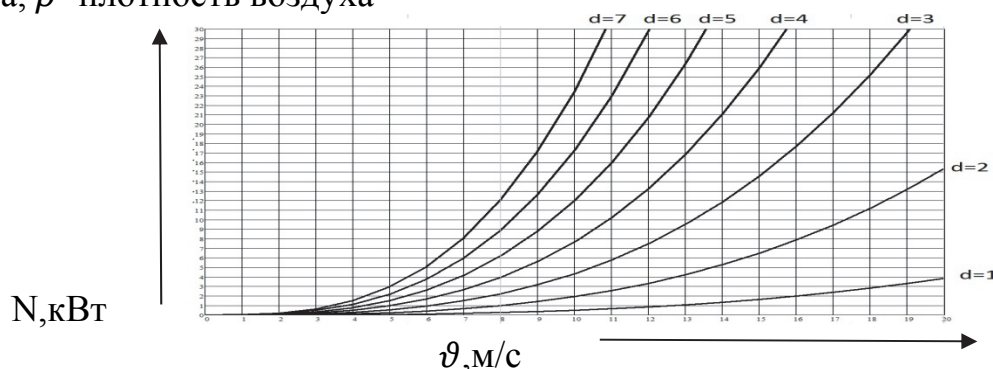


Рисунок 1 – График зависимости мощности от скорости ветра

По рисунку 1 видно, что при разных диаметрах ветроколеса момент трогания приблизительно равен, но при увеличении скорости ветра мощность генератора значительно отличается. Целесообразно использовать ветроколесо диаметром 5 метров, так как габариты не слишком большие и при малых скоростях ветрогенератор более эффективный.

В качестве генератора, выбираем синхронный генератор с электромагнитным возбуждением.

Таблица 1 – Плюсы и минусы ветрогенератора

Плюсы	Минусы
Отсутствие загрязнения окружающей среды	Изменение мощности во времени
Использование возобновляемых источников энергии	Шум
Использование близлежащих территорий	Угроза для птиц
Минимальные потери при передачи электричества	Изменение ландшафта
Простота в строительстве и эксплуатации	

Заключение. Электромеханическую систему автономного электропитания на базе ВЭУ перспективный проект. Так как первичные источники энергии заканчиваются, а потребность в электроэнергии растет. Процент выработки электроэнергии из возобновляемых источников энергии на Российском рынке мал. по сравнению с западными странами, но он растет. ВЭУ можно устанавливать в труднодоступных местах, куда строить ЛЭП и подстанции не целесообразно, а использование бензиновых и дизельных агрегатов экономически не выгодно.

В таблице 2 указана стоимость эксплуатации за один месяц, по 16 часов в день на мощность равную 5кВт.

Таблица 2 – Экономический расчёт

Тип затрат	Стоимость, руб.				
	Ветрогенератор	Солнечные батареи	МикроГЭС	Дизельный Генератор (5кВт)	Бензиновый генератор (5кВт)
Суммарные капитальные затраты	≈250 000 (550 000 с учетом стоимости полной системы)	229 800 (529 800 с учетом стоимости полной системы)	257 000 (557 000 с учетом стоимости полной системы)	85 480	56 510
Затраты на топливо в месяц	0	0	0	61200	71 424

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.

2 В.С. Кривцов, Неисчерпаемая энергия. Книга 2. Ветроэнергетика. – Учебник. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2004. – 2004. – 519 с.

3 Балоцерковский С.М. Нестационарная нелинейная теория тонкого крыла произвольной формы в плане / С.М. Белоцерковский. М.И. Ништ // Изв. АН СССР. Сер. Механика жидкости и газа. – 1974. - № 4. – С.100-108

УДК 621.314.222.6

Иванов Виктор Викторович, студент; Ivanov Viktor Viktorovich

Серигов Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент,
Serikov Alexsandr Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С БЛОКОМ НАГРЕВА ЖИДКОСТИ

STUDY OF THE ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF A POWER TRANSFORMER WITH A FLUID HEATING UNIT

Аннотация. Работа посвящена исследованию влияния коммутации тиристорного регулятора мощности нагревательного блока силового масляного трансформатора на качество напряжения сети.

Abstract. This paper investigates the effect of thyristor power controller switching of an oil power transformer heating unit on mains voltage quality.

Ключевые слова: нагревательный блок, имитационная модель, силовой масляный трансформатор.

Keywords: heating unit, simulation model, power oil transformer.

Одним из путей повышения энергоэффективности силовых масляных трансформаторов является полезное использование потерь холостого хода и короткого замыкания для нагрева теплоносителя. Для этого в конструкцию трансформатора добавляется нагревательный блок. В работе рассматривается электромагнитная совместимость силовых масляных трансформаторов при регулировании мощности нагревательного блока.

Нагревательный блок выполняется в виде трубы из немагнитного материала, и для обеспечения требуемой тепловой энергии его мощность регулируется с помощью встречно-параллельно включенных тиристоров. За счет коммутации тиристоров возникают электромагнитные помехи, которые влияют на нагрузку, подключенную к традиционной обмотке трансформатора. Поэтому при эксплуатации такой системы необходимо соблюдать нормы качества электрической энергии для обеспечения электромагнитной совместимости, установленные государственным стандартом ГОСТ 32144-201 [1]. Одним из важных параметров в нем является суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения K_U , который не должен превышать 8 %.

Для определения этого коэффициента была создана имитационная модель в программе MATLAB (рисунок 1). Основным элементом этой модели является 3-х обмоточный трансформатор типа ТМ-160/10/0,4-У/Ун, первичная обмотка которого подключается к источнику питания. Традиционная нагрузка подключается ко второй обмотке, а нагревательный блок моделируется с помощью третьей обмотки. При моделировании нагревательного блока выделена нагрузочная составляющая, которая подключается к обмоткам с помощью тиристоров. Для выявления гармонического состава напряжения использовалось разложение в ряд Фурье с помощью блока графического интерфейса пользователя «Powergui».

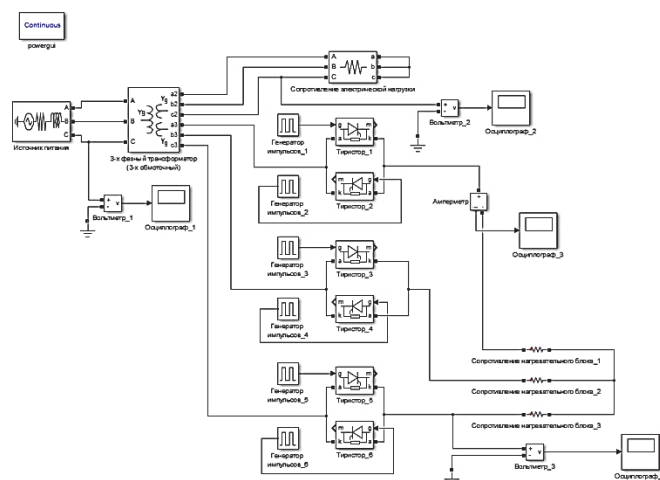


Рисунок 1 – Имитационная модель

С помощью модели получены осциллограммы напряжений на обмотке высокого напряжения (ВН) и обмотке низкого напряжения (НН), к которой подключена электрическая нагрузка (рисунок 2). На осциллограммах напряжений видны искажения в момент коммутации вентилей.

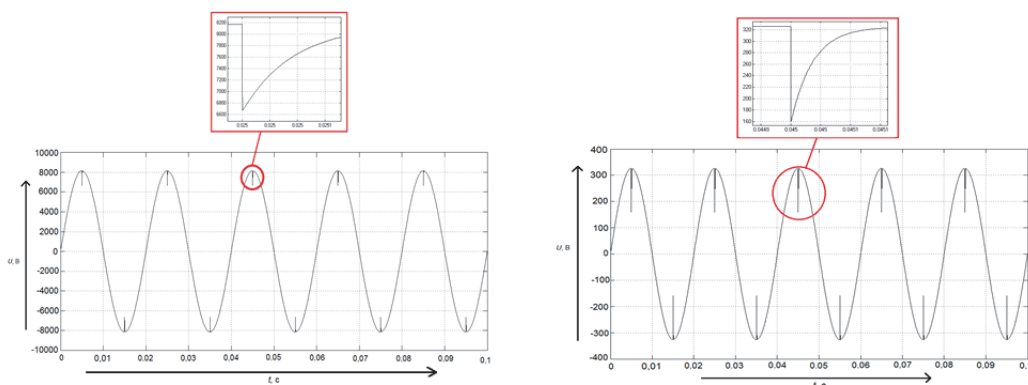


Рисунок 2 – Осциллограммы напряжений на обмотках ВН и НН

Для обеспечения надлежащего качества электроэнергии, передаваемой потребителю от трансформатора, была построена зависимость суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения K_U от угла управления тиристорами α для разных значений мощности нагревательного блока. В исследованиях менялся угол управления вентилями от 0 до 100 град. Результаты приведены для различных мощностей нагревательного блока (рисунок 3).

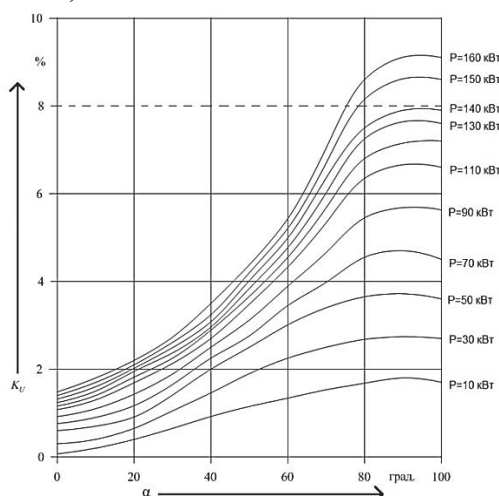


Рисунок 3 - Результаты исследования

В результате исследований получено, что при больших мощностях нагревательного блока (близких к полной мощности трансформатора) и при больших углах управления вентилями суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения K_U выходит за допустимые пределы 8 %. Например, при мощности нагревательного блока 150 кВт угол управления тиристорами можно изменять только до 77 град. При соотношении нагревательного блока к мощности трансформатора менее 0,87 электромагнитная совместимость обеспечивается с любым углом управления тиристорами.

Таким образом, в работе представлена имитационная модель электромагнитных процессов, протекающих в трансформаторе. Исследовано влияние нагревательного блока на качество электроэнергии и получены рекомендации по выбору мощности нагревательного блока и угла управления тиристорами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 2013-03-25. – М.: Стандартинформ, 2014. – 20 с.

УДК 621.313.04

Иванов Виктор Викторович, студент; Ivanov Viktor Viktorovich

Сериков Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент,

Serikov Alexsandr Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

THERMAL CONDUCTIVITY IMPROVEMENT IN INSULATION MATERIALS

Аннотация. Работа посвящена исследованию теплопроводящих свойств оксида алюминия.

Abstract. This paper investigates the thermal conductivity of aluminium oxide.

Ключевые слова: теплопроводящие свойства, оксид алюминия.

Keywords: thermal conductivity, aluminium oxide.

Актуальность. Улучшение систем преобразования и передачи электроэнергии играет важную роль в развитии страны. Поэтому повышение надежности и долговечности изоляции всегда являлось одной из важнейших задач при проектировании и производстве электромеханических преобразователей энергии [1]. На надежность и долговечность таких систем влияет температура изоляционных материалов. Уменьшение этой температуры возможно за счет повышения теплопроводящих свойств изоляции. Основным параметром процесса теплопроводности является коэффициент теплопроводности (КТП) λ . Это один из теплофизических параметров вещества, целиком зависящий от его химического состава и физического состояния [3].

Цель исследования. Оценка влияния диэлектрических включений с высоким коэффициентом теплопроводности на теплопроводящие свойства диэлектрика.

Исследуемый объект. Использование частиц диэлектрика с высоким коэффициентом теплопроводности представляют собой перспективную добавку для повышения теплопроводности изоляции. Это позволит не только уменьшить вероятность выхода электромеханических приборов из строя и продлить срок службы изоляции, но и увеличить их КПД.

Высокий коэффициент теплопроводности, который обеспечивает снижение температуры токопроводящих элементов, является одной из важных характеристик изоляции для применения в различных областях. Основной проблемой при работе электромеханических устройств является их нагрев, вызываемый проходящим по проводнику током, что может привести к перегреву изоляции токопроводящих элементов оборудования.

При изменении свойств изоляции, когда в его структуру добавляют иные диэлектрики с высокой электропроводимостью, теплоотвод от токопроводящих элементов можно улучшить. Для исследования влияния теплопроводящих добавок выполнено имитационное моделирование температурного поля с последующим расчетом коэффициента теплопроводности.

Моделирование. В качестве среды моделирования тепловой картины при нагреве изоляции был использован интерактивный программный комплекс ELCUT для моделирования двухмерных полей [2]. Основной целью моделирования было определение изменений коэффициента теплопроводности изоляции при добавлении в нее Al_2O_3 .

Для решения задач по определению температурного поля используют дифференциальное уравнение теплопроводности, которое выводится на основе закона сохранения энергии и закона Фурье. Уравнение стационарного температурного поля в исследуемой области описывается с помощью двухмерного дифференциального уравнения в частных производных [3]. Это уравнение при отсутствии внутренних источников тепла имеет вид:

$$\lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = 0. \quad (1)$$

Теплопередачи боковых граней с окружающей средой не происходит. Разность температур в задаче задана граничными условиями первого рода:

- 1) Температура на границе «проводник» (нижняя грань) – $T_1 = 373$ К;
- 2) Температура на границе «воздух» (верхняя грань) – $T_1 = 293$ К.

В качестве изоляционного материала выступает изоляция, выполненная из промышленного полиэтилена. В качестве диэлектрика был взят оксид алюминия. Свойства данных материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства материалов

Материал	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/К · м	Удельная электропроводность γ , См/м
Полиэтилен (промышленный)	0,32	10^{-11}
Оксид алюминия (Al_2O_3)	40	10^{-7}

В работе были исследованы изменения коэффициента теплопроводности в зависимости от процентного содержания Al_2O_3 . Концентрация ди-

электрика менялась путем увеличения количества «включений». Теплопередача стационарная. На рисунке 1 стрелками указано направление теплового потока через диэлектрик от токопроводящего элемента в окружающую среду (воздух). Изоляционный материал представлен в прямоугольной «развёрнутой» форме.

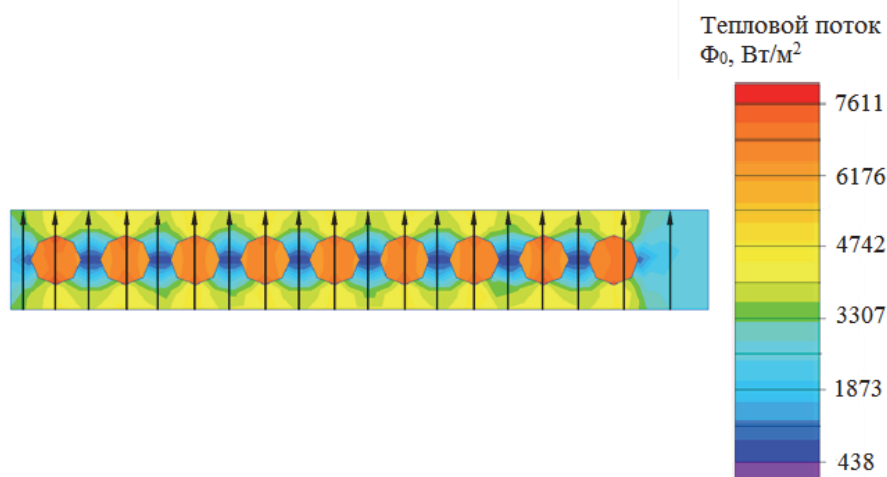


Рисунок 1 – Картина теплового поля в ELCUT

Согласно закону Фурье, тепловой поток в плоской стенке направлен от горячей поверхности к холодной и вычисляется через теплопроводность стенки, её толщину и разницу температур:

$$\Phi_0 = \lambda \frac{(T_2 - T_1)}{d}, \quad (2)$$

где Φ_0 – тепловой поток, Вт/м²;

d – толщина стенки, м ($d = 0,01$ м);

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);

ΔT – разница температур на границах слоя, К.

Коэффициент теплопроводности λ определялся с помощью интегрального (полевого) калькулятора ELCUT путем подстановки значения теплового потока в формулу закона Фурье. Результаты моделирования занесены в таблицу 2.

Таблица 2 – Зависимость λ от процентного содержания Al_2O_3 в полиэтилене

Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)	0,686	0,69	0,702	0,704	0,706	0,706	0,707	0,71	0,711
Содержание Al_2O_3 , %	2,8	5,61	8,41	11,22	14,02	16,83	19,63	22,44	25,24

По результатам построен график зависимости коэффициента теплопроводности (λ) от процентного содержания Al_2O_3 в полиэтилене (рисунок 2).

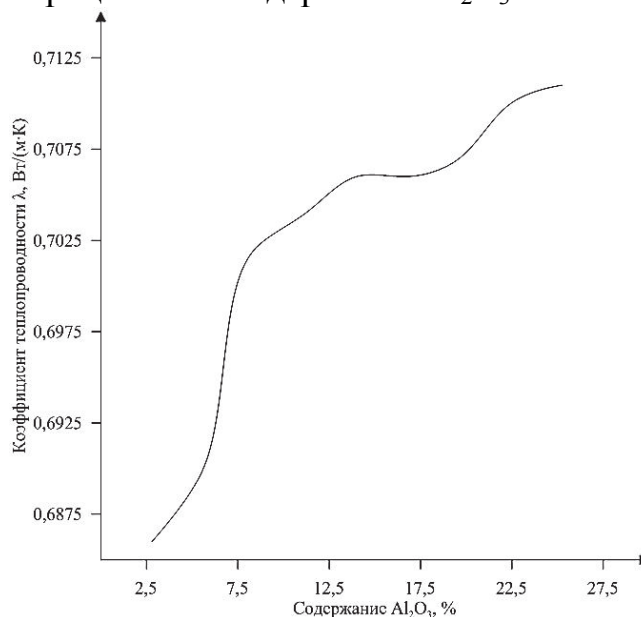


Рисунок 2 - Зависимость λ от процентного содержания Al_2O_3 в полиэтилене

Оценка данных, представленных рисунках 1 и 2, показывает, что при наличии Al_2O_3 и последующем увеличением его процентной доли существенно увеличивается способность изоляционного материала проводить тепло. При этом это незначительно влияет на изоляционные свойства диэлектрика из-за высокого удельного сопротивления Al_2O_3 .

Закключение. Таким образом, использование теплопроводящих диэлектрических материалов в изоляции позволяет существенно повысить передачу тепла от нагретого проводника к наружному слою изоляции и соответственно уменьшить температуру нагрева самого проводника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шестоपालко, Д. К. Моделирование электротехнических материалов для электромеханических преобразователей энергии с заданными эксплуатационными характеристиками / Д. К. Шестоपालко, С.Н. Иванов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 46-й научно-технической конференции студентов и аспирантов. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016. – С. 663-665.

2 Elcut. Моделирование электромагнитных, тепловых и упругих полей методом конечных элементов. Руководство пользователя. Санкт-Петербург. ООО «Тор», 2013. – 472 с.

3 Сипайлов, Г. А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах / Г. А. Сипайлов, Д. И. Санников, В. А. Жадан. – М.: Высш. шк., 1989. – 239 с. : ил.

УДК 621.311.1

Инзаркин Евгений Александрович, студент;

Inzarkin Evgeniy Aleksandrovich

Малышева Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент;

Malysheva Olga Aleksandrovna

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

ЯВЛЕНИЕ ЛАВИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ: ПРОБЛЕМА, ПУТИ РЕШЕНИЯ

THE PHENOMENON OF AN AVALANCHE OF TENSION: PROBLEM, SOLUTIONS

Аннотация. В предложенной статье исследуется вопрос причин возникновения такого разрушительного явления для электроэнергетических систем как «лавины напряжения», которая пагубным образом влияет на работу электроэнергетических систем разного уровня. Рассмотрены различные причины возникновения «лавины напряжения», выявлены основные пути решения сложившейся ситуации, используемых в настоящее время. В ходе анализа предложено решение путем применения батареи конденсаторов (СТАТКОМ).

Abstract. The proposed article examines the causes of such a destructive phenomenon for electric power systems as the "avalanche of voltage", which adversely affects the operation of electric power systems of different levels. Various causes of the "surge avalanche" are considered, and the main ways of solving the current situation, which are currently used, are identified. In the course of the analysis, a solution was proposed by using a static battery of capacitors (STATCOM).

Ключевые слова: электроэнергетическая система, надежность, устойчивость, лавина напряжения, конденсаторы, компенсаторы, СТАТКОМ.

Keywords: electric power system, reliability, stability, voltage avalanche, capacitors, compensators, static current.

Электроэнергетическая система (ЭЭС) – это обособленная конкретная часть энергетической системы, условно отделяемой от энергетической системы, в которой происходят процессы, связанные с электрической энергией. Для образования надежных связей в межсистемных энергетических отраслях создаются объединения энергосистем. Основные физические процессы с разделением на составляющие производства представлены на рисунке 1 [1].

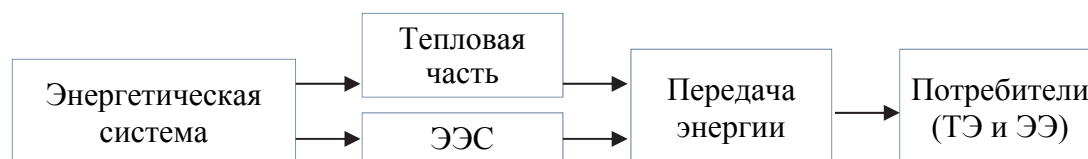


Рисунок 1 – Составляющие части энергосистемы

На рисунке 2 представлен «главный принцип» производства, передачи, потребления электроэнергии заключающийся в невозможности хранения и накопления электроэнергии в промышленных масштабах, так как, вышеуказанные процессы являются непрерывными и безостановочными, связанными единым технологическим процессом. Таким образом, надежность электроснабжения обусловлена правильным балансом между генерируемой и потребляемой мощностями [2].

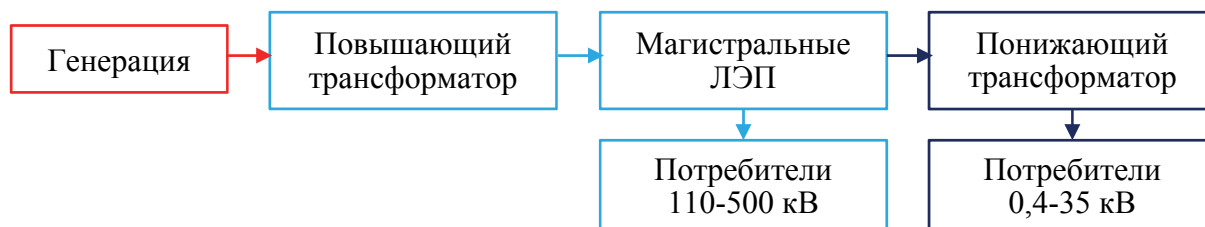


Рисунок 2 – Элементы ЭЭС с указанием основных процессов

С точки зрения теории устойчивости электроэнергетических процессов, статическая устойчивость (способность противодействовать малым возмущениям) узла нагрузки обусловлена свойствами двигательной нагрузки, которая носит исключительно индуктивным характер.

При классическом анализе условий устойчивости режима работы сети руководствуются статическими характеристиками, которые отражают состояние системы в нормальном режиме работы, либо в любой другом установившемся [3].

При анализе классической Т-образной схемы замещения асинхронного двигателя (генератора), становится очевидно, что в случае, когда происходит резкое изменение в значении скольжения двигателя (торможение), активное сопротивление ротора, которое приведено к статору, резко возрастает. На основе вышесказанного, происходит увеличение тока рассеяния.

Обратимся к зависимости типа $\Delta Q = f(U)$, данная зависимость называется статической характеристикой.

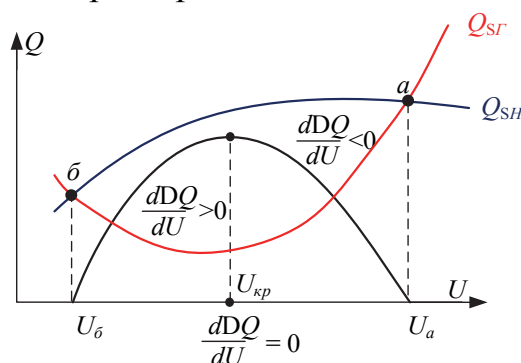


Рисунок 3 – Характеристика статической устойчивости

Из [1] критерием устойчивого режима является (1), а неустойчивого (2)

$$\frac{d\Delta Q}{dU} < 0 \quad (1)$$

$$\frac{d\Delta Q}{dU} > 0 \quad (2)$$

Очевидно, что в точке *a* система устойчива, так как при бесконечно малых возмущениях режим способен вернуться в прежнее состояние.

Рассмотрим условия возникновения и протекания «лавины напряжения» (рисунок 4). По вышеприведенным условиям можно сделать вывод, что при уменьшении напряжения в узле происходит резкий рост реактивной мощности, которое приобретает «лавинообразный» характер. При снижении напряжения в узле нагрузки до критического $U_{кр}$ происходит опрокидывание генератора.

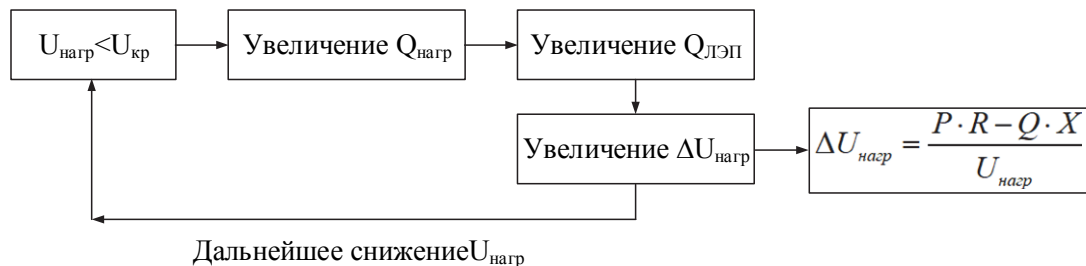


Рисунок 4 – Явление лавины напряжения

Основными причинами для образования «лавины напряжения» служат отключение генераторов и ЛЭП. В конце концов, при отсутствии противодействия «лавина напряжения» способна привести к прекращению работы энергосистемы (точка *б*, рис. 4).

Основным способом, для ограничения участков протекания реактивной составляющей мощности является компенсация. Очевидными недостатками данного решения является некоторая задержка относительно изменений параметров сети, и изменение параметров напряжения сети, так, например, применение конденсаторных уставок с автоматическим переключением между отпайками на ПП-элементы (чаще всего тиристоры) приводит к появления переходных процессов.

Вывод. В ходе анализа было установлено, что «лавина напряжения» – это опасное явление в энергосистеме, которое сопровождается снижением напряжения в узле из-за нарушений в перетоках реактивной мощности. В настоящее время существует несколько типов решения данной проблемы, одной из которых является применение батареи статических компенсаторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Игнатенко, И. В. Устойчивость электроэнергетических систем: учеб. пособие / И.В. Игнатенко. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2017. – 106 с.
- 2 Куликов, Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: учеб. пособие / Ю.А. Куликов. – М.: Омега-Л, 2013. – 384 с.
- 3 Шабад, В.К. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: учеб. пособие для высш. проф. образования / В.К. Шабад. – М.: Академия, 2013. – 192 с.

УДК 537.6

Минебаев Николай Леонидович, студент; Minebaev Nikolay Leonidovich
Калугина Наталья Анатольевна, канд. физ. - мат. наук, доцент;
Kalugina Natalia Anatolyevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАБДИСКА

THE STUDY OF FAST PROCESSES WITH THE USE OF LABDISKA

Аннотация. В работе представлены результаты исследований явлений электромагнетизма с применением стандартного оборудования и ЛабДиска - универсального регистратора данных физического эксперимента. Прибор позволяет проводить эксперименты с непосредственной регистрацией данных и их обработкой на компьютере.

Abstract. The paper presents the results of studies of the phenomena of electromagnetism using standard school equipment and LabDisk - a universal data logger of physical experiment. The device allows you to conduct experiments with direct data recording and processing on a computer.

Ключевые слова: эксперимент, ЛабДиск, регистратор, явление электромагнитной индукции, обработка данных.

Keywords: experiment, Labdisk, the Registrar, the phenomenon of electromagnetic induction, data processing.

При изучении физических явлений, определении технических характеристик и исследовании возможностей различных устройств и механизмов используются приборы, имеющие конкретное назначение и зачастую, производящие измерения усредненных значений исследуемых параметров. Отслеживание экспериментальных данных при быстропротекающих процессах в режиме реального времени дает больше информации для изучения и понимания исследуемых объектов и явлений.

Такую возможность дает использование ЛабДиска - универсального регистратора данных физического эксперимента, позволяющего предавать результаты измерений на компьютер. ЛабДиск можно рассматривать как современную лабораторию, содержащую мультисенсорные регистраторы данных, цифровые датчики, программное обеспечение для управления работой регистраторов и анализа эксперимента (рисунок 1).

Прибор производит измерения кинематических величин, таких как расстояние, ускорение. Регистрирует одновременно координаты места, скорость, дату и время. Например, ЛабДиск незаменим при исследовании



Рисунок 1- Внешний вид ЛабДиска

колебаний осциллирующих тел, когда возникает необходимость измерить амплитуды, оценить сдвиги по фазе этих величин, увидеть влияние резонансных явлений.

Одновременная регистрация температуры окружающей и исследуемой среды, давления газа позволяет отследить термодинамические параметры.

Поскольку ЛабДиск может измерять электрический ток и напряжение, громкость звука и освещенность, то открываются широкие возможности для научных исследований при одновременном применении разных датчиков в различных сочетаниях.

Особенно ценным является возможность устанавливать желаемую длительность и частоту замеров. Например, максимальная частота замеров тока и напряжения составляет 24000/с, что позволяет регистрировать быстропротекающие, кратковременные процессы и периодические с периодом колебаний до микросекунд.

Регистратор имеет LCD экран, на котором отображаются результаты измерений, информация о сетевых подключениях, заряд встроенного аккумулятора.

ЛабДиск является основой для создания цифровых лабораторий в учебных заведениях, где для успешного изучения естественно-научных дисциплин очень важно иметь возможность самостоятельного экспериментирования, направленного на проверку справедливости законов, более эффективного освоения и запоминания законов природы.

Наличие такого оборудования открывает широкий простор к творческой деятельности, созданию новых экспериментов и лабораторных работ.

Продemonстрируем возможности применения ЛабДиска при исследовании законов электромагнетизма, знание которых способствует в дальнейшем к пониманию природы света, квантовой электроники, физики лазеров, и многих других разделов современной физики.

Мы придумали эксперимент для лабораторной работы и собрали установку, в которой использованы стандартное демонстрационное оборудование, ЛабДиск и компьютер.

Программное обеспечение позволяет проводить обработку и анализ полученных данных.

В эксперименте нужно определить количества электричества, прошедшего через катушку индуктивности при возникновении индукционного тока.

Известный опыт Фарадея для демонстрации открытого им явления электромагнитной индукции проводится с использованием

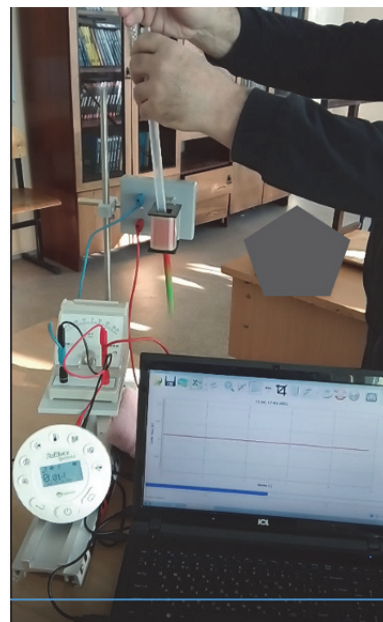


Рисунок 2 - Установка для регистрации индукционного тока

традиционного гальванометра, подключенного к катушке индуктивности. Индукционный ток возникает при введении полосового магнита в катушку и последующего его извлечения, гальванометр показывает наличие тока при движении магнита. Однако зарегистрировать ток с помощью гальванометра не представляется возможным, сила тока зависит от скорости движения магнита. Невозможно на большой скорости вручную зафиксировать мгновенные значения. Мы усовершенствовали опыт, параллельно гальванометру подключили ЛабДиск, при этом использовались кабели датчиков напряжения и тока. Установку собрали таким образом, что полосовой магнит пролетал через катушку индуктивности в свободном падении (рисунок 2, виден магнит, вылетающий из катушки).

С помощью USB-кабеля ЛабДиск взаимодействовал со специальной компьютерной программой GlobiLab. Программа предусматривает выбор измеряемой величины, в нашем случае выбрана сила тока. Заданы параметры измерения: частота измерений - 100 раз в секунду, общее количество измерений – 1000. Для отображения и анализа данных выбран график, можно также добавить таблицу.

Кратковременный импульс тока фиксируется на экране компьютера. Полученный график с помощью программы GlobiLab используется для дальнейшей обработки. Можно увеличить и выделить область импульса тока. Для определения величины заряда, необходимо проинтегрировать зависимость силы тока от времени (иначе - определить площадь под кривыми тока). В программе предусмотрена такая возможность, в поле зрения графика выводится вся необходимая информация (рисунок 3).

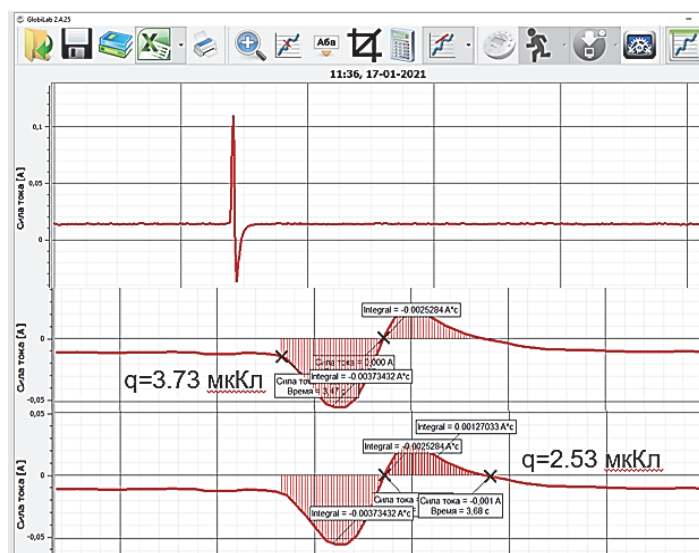


Рисунок 3 - Данные эксперимента и результаты обработки

Параллельно с измерением силы тока, можно регистрировать скорость движения магнита, тем самым произвести проверку закона Фарадея. Кроме описанного эксперимента, были опробованы: опыт Эрстэда, демонстрация силы Ампера, действие вращательного момента на круговой ток в магнитном поле и так далее.

Таким образом, мы продемонстрировали современные возможности проведения физических экспериментов с применением ЛабДиска, использование которого делает эксперименты более интересными и полезными.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трактуева, С.А. Мобильная естественно-научная лаборатория «ЛабДиск Физика», Справочно-методическое пособие / С.А.Трактуева.- М: ИНТ, 2012.-90с.

УДК 621.316.925

Карпов Никита Алексеевич, студент; Karpov Nikita Alekseevich
Сериков Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент;
Serikov Alexandr Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА СПЕЦИАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

RELAY PROTECTION OF A SPECIAL TRANSFORMER FOR POWER SUPPLY OF OBJECTS

Аннотация. Данная работа посвящена проблемам релейной защиты силового трансформатора с блоком нагрева жидкости. Рассмотрена особенность конструкции такого трансформатора. Выявлена проблема осуществления дифференциальной защиты.

Abstract. This work is devoted to the problems of relay protection of a power transformer with a liquid heating unit. The design feature of such a transformer is considered. The problem of implementation of differential protection is revealed.

Ключевые слова: силовой трансформатор, блок нагрева, дифференциальная защита.

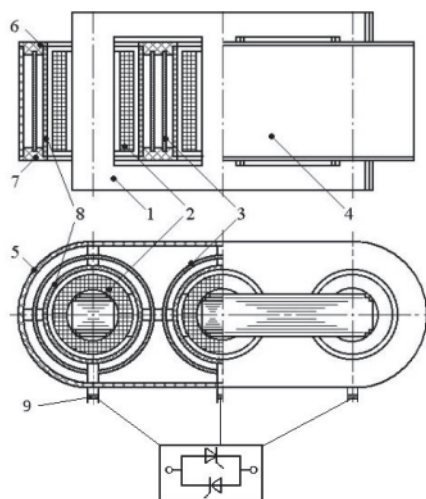
Keywords: power transformer, heating unit, differential protection.

Силовые трансформаторы служат устройствами, преобразующими переменный ток 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.

Для повышения энергоэффективности силовых трансформаторов и уменьшения тепловых потерь, предложено включить в конструкцию силового масляного трансформатора нагревательный блок, который состыковывается с системой отопления рядом расположенных производственных, бытовых или служебных помещений. На рисунке 1 представлена активная

часть специального трансформатора с блоком нагрева жидкости и его составляющие элементы [1].

Основными повреждениями в силовых трансформаторах являются междуфазные короткие замыкания в обмотках и на их выводах, однофазные замыкания на землю и между витками одной фазы, нарушение изоляции между листами магнитопровода, что приводит к внутренним повреждениям, увеличению потерь на перемагничивание и вихревые токи. В соответствии с требованиями документа «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ) трансформаторы снабжаются релейной и другими типами защит.



- 1 – плоская трехстержневая магнитная система; 2 – обмотки низкого и высокого напряжения; 3 – нагревательный контур; 4 - нагревательный блок; 5 – боковина; 6 – верхняя крышка; 7 – нижняя крышка;
8 – цилиндры; 9 – встречно-параллельные силовые тиристоры

Рисунок 1 – Активная часть трансформатора с блоком нагрева жидкости

В масляных трансформаторах основной защитой от внутренних повреждений является газовая защита. Кроме этого, трансформаторы оборудуются дифференциальной защитой. Особенностью этой защиты является то, что со стороны обмоток высокого и низкого напряжений контролируются величины протекающих токов [2]. При отсутствии внутренних повреждений с учетом коэффициента трансформации эти токи практически одинаковы. Разность в значениях токов появляется вследствие внутренних повреждений изоляции обмоток и последующего замыкания. Продольная дифференциальная защита реагирует на эту разность. В специальном трансформаторе с нагревательным блоком токи обмоток во включенном состоянии нагревательного блока разные, поэтому классическая продольная дифференциальная защита будет срабатывать в нормальном режиме работы трансформатора, и без модернизации такую защиту нельзя использовать.

Таким образом, выявлена необходимость совершенствования релейной защиты при использовании специального трансформатора с блоком нагрева в системах электроснабжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Каплан, И.А. Исследование силового трансформатора с блоком нагрева жидкости / И.А. Каплан, А.В. Литовец, А.В. Сериков // Электропривод на транспорте и в промышленности : тр. II Всерос. науч.-практ. конф. (Хабаровск, 20–21 сентября 2018 г.), 2018. – С. 284-289

2 Копьев, В.Н. Релейная защита. Принципы выполнения и применения // В.Н. Копьев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 153 с.

УДК 621.311.1

Ковтунов Артем Игоревич, студент; Kovtunov Artem Igorevich

Веселова Наталья Михайловна, кандидат технических наук, доцент;

Veselova Natalia Mikhailovna

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

INTEGRATION OF DIGITAL ELECTRICAL SUBSTATIONS FOR AGRICULTURAL CONSUMERS

Аннотация. Работа посвящена интеграции цифровых электрических подстанций, рассмотрены предпосылки внедрения цифровых подстанций с использованием искусственных нейронных сетей. Представлена структура программно-технического комплекса цифровой подстанции 35/10 кВ. Сделаны выводы о возможности внедрения цифровой электрической подстанции.

Abstract. The work is devoted to the integration of digital electrical substations, the prerequisites for the introduction of digital substations using artificial neural networks are considered. The structure of the software and technical complex of the 35/10 kV digital substation is presented. Conclusions are drawn about the possibility of introducing a digital electrical substation.

Ключевые слова: цифровая электрическая подстанция, IT-технологии, искусственные нейронные сети, программно-аппаратный комплекс.

Keywords: digital electrical substation, IT technologies, artificial neural networks, software and hardware complex.

Сельскохозяйственные электрические сети напряжением 35-10кВ имеют многоотпаечную разветвленную структуру. Понижающие распределительные подстанции этих сетей зачастую удалены от центров питания на несколько километров. В связи с этим у эксплуатационных служб возникают дополнительные расходы на транспорт техники, оперативного и ремонтного персонала. Удаленность от централизации сельских электри-

ческих сетей ведет к частым перерывам в электроснабжении, большим коммерческим потерям и как следствие недоотпуску электроэнергии потребителям.

Решение данных проблем возможно путем использования современных информационных технологий в управлении и автоматизации энергетических объектах. Таким образом, предпосылками цифровизации электроэнергетической системы агропромышленного комплекса (АПК) являются давно возникшие проблемы обеспечения устойчивого функционирования этих систем [1], а именно: уязвимость систем управления сетями; контроль осуществления отдельных операций; отсутствие оперативных процессов, реагирующих на внешние и внутренние изменения системы.

Цифровая электрическая подстанция (ЦПС) – это подстанция с широким внедрением систем автоматизации и управления, цифровых коммуникационных систем, оснащенная взаимодействующими в режиме единого времени цифровыми информационными и управляющими системами и функционирующая без присутствия постоянного дежурного персонала.

Цифровую подстанцию называют стержневым компонентом создания интеллектуальной системы. Это передовой метод автоматизации, для эффективного управления сетью, полностью переводящий ее в цифровой формат, что способствует обеспечению и повышению надежности системы, а также оптимизацию рабочего процесса [2].

Среди положительных эффектов, от цифровой подстанции можно выделить следующие: своевременное и оперативное предоставление данных об объемах потребления электрической энергии; снижение ошибок учета электроэнергии; повышение безопасности и надежности работы микропроцессорных устройств; отсутствие постоянного дежурного персонала; существенное сокращение затрат на вторичные цепи, что приближает источники цифровых сигналов к первичному оборудованию [3].

Для автоматизации электрических подстанций в настоящее время используется международный стандарт МЭК 61850. В стандарте описываются процессы конфигурации и параметризации функций необходимых для обмена данными микропроцессорных устройств с использованием протокола. Работа над стандартом началась еще в начале 90 годов прошлого века и к 2004 году он сформировался. Но с быстрым развитием IT-технологий и внедрением оборудования с микропроцессорным управлением и мониторингом основных параметров данный стандарт неоднократно дополнялся. А с появлением искусственных нейронных сетей есть предположение, что последуют следующие дополнения.

Искусственные нейронные сети позволяют осуществлять расчет потерь электроэнергии с учетом неограниченного количества факторов, влияющих на работу электрической сети, получать точность прогнозирования потребления электроэнергии (96–97%), добиваться быстрого оперативного управления режимами системы электроснабжения, автоматизировать про-

цессы диагностики оборудования в реальном времени (самодиагностика, предупреждение аварий, малое время восстановления).

При диагностировании оборудования подстанции для каждого вида и элемента оборудования создается свой алгоритм обучения модуля нечеткого управления и состоит он из следующих этапов:

- 1) оценка технического состояния элемента оборудования (например, для трансформатора – магнитная система);
- 2) оценка состояния комбинированного объекта (трансформатора);
- 3) оценка состояния объектов всей подстанции.

Базовый комплект программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции с использованием искусственных нейронных сетей представлен на рис. 1.

Как видно из рисунка при малом аппаратно-технологическом оснащении электрической подстанции для внедрения цифровизации требуется большой аппаратно-цифровой комплекс, что ведет за собой большие капитальные затраты не всегда соизмеримые с технологическими потерями электроэнергии и потерями из-за отказа оборудования. Но тем не менее, как показывает опыт, плановое внедрение ЦПС повсеместно, а не как единственный случай, дает быструю окупаемость в течении 4-5 лет.

Таким образом, можно сделать вывод что интеграция цифровых подстанций в сельские электрические сети позволит улучшить надежность и качество электроэнергии, что приведет к повышению продуктивности сельского хозяйства.

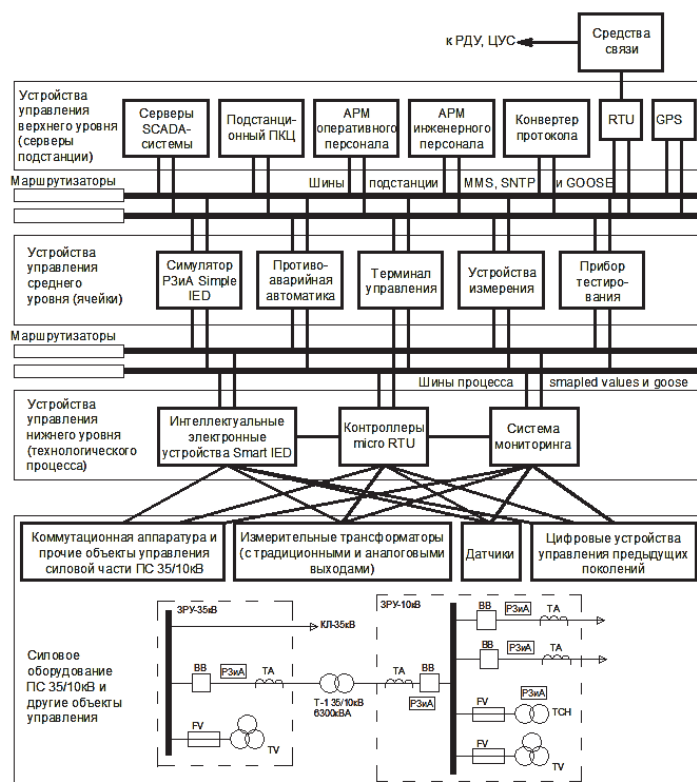


Рисунок 1 – Структура программно-технического комплекса цифровой подстанции 35/10 кВ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гибадуллин А.А. Модели устойчивого функционирования и развития электроэнергетической отрасли // Вестник Челябинского государственного университета. 2019. №3(425). Экономические науки. Вып. 64. С. 59-66.

2 Воропай Н.И., Осак А.Б. Электроэнергетические системы будущего // Энергетическая политика. 2014. №5. С.60-63.

3 Жалилов Р.Б. Предпосылки создания автоматизированных систем управления промышленным энергоснабжением// Главный энергетик. 2006. №6. С. 41-43.

УДК 621.9:519.8

Колесник Максим Борисович, студент; Maxim Kolesnik

Просолович Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент; Alexey Alexandrovich Prosolovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ДЕЙСТВУЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ

ALGORITHM FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF THE TRANSMISSION ELEMENTS OF ELECTROMECHANICAL CONVERTERS TAKING INTO ACCOUNT THE OPERATING VOLTAGES

Аннотация. Приведен алгоритм выбора диаметра ротора приводного механизма по заданной осевой нагрузке. Установлены критерии устойчивости резьбового соединения, обеспечивающего линейное перемещение тяги, с учетом напряжений сжатия/растяжения и изгиба.

Abstract. An algorithm for selecting the rotor diameter of the drive mechanism for a given axial load is presented. The stability criteria of a threaded connection that provides linear traction movement, taking into account compression/tension and bending stresses, are established.

Ключевые слова: электромеханический привод, исполнительный элемент, передача винт-гайка.

Keywords: electromechanical drive, actuator, screw-nut transmission.

Электропривод занимает высокое место в решении задач по повышению производительности труда в различных отраслях, таких как автоматизация, народное хозяйство, механизация процессов на производстве. Известно, что превращение электрической энергии в механическую осуществляется электродвигателями и составляет около 70 % от всей вырабатываемой электроэнергии. Электродвигатели приводят в движение элек-

тромобили, корабли, поезда, станки и многое. Современный электропривод имеет широкий диапазон мощностей, средств управления, к которым относится, как коммутационная аппаратура, так и ЭВМ, возможность регулирования скоростей в широком диапазоне от тихоходных до сверхскоростных электродвигателей.

В данной работе проводится расчет исполнительного элемента электропривода. Поэтому задачей настоящей работы является определение минимально допустимого диаметра наружной резьбы исполнительного элемента (винта), являющегося валом электромеханического преобразователя.

Расчет в программе Mathcad производился по алгоритму, который был разработан для решения данной задачи по подбору внутреннего диаметра стержня.

Для ускорения процесса подбора диаметров под требуемые проектные параметры была написана программа на языке программирования Java. Для получения более высокой точности результата таблица зависимости коэффициентов понижения φ допускаемого напряжения от гибкости λ для материалов была аппроксимирована полиномом десятой степени, полученным в программе Mathlab [1, 2].

Расчет, произведенный в Mathcad был повторен в написанной программе. В данном случае величина критического диаметра приняла значение $d = 12,67389463306$ мм. Относительная погрешность полученных диаметров в программе Mathcad и в написанной программе составила:

$$\gamma = 1,489 \cdot 10^{-4} \%$$

Такая малая величина погрешности свидетельствует о том, что программа работает верно. Поэтому эта программа была использована для построения трехмерной зависимости внутреннего диаметра винта от силы, приложенной к нему, и от расстояния между закреплениями. Зависимость $d = f(P, L)$ представлена на рисунке 1 [3, 4].

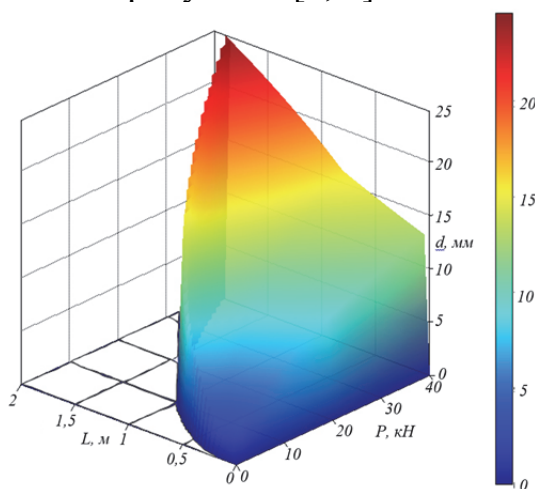


Рисунок 1 – Зависимость $d = f(P, L)$

Внешний вид графика наглядно показывает, как изменяется величина требуемого внутреннего диаметра винта при изменении прилагаемой силы или изменении расстояния между закреплениями.

Вторым этапом был произведен непосредственный подбор параметров резьбы из ГОСТ 24737-81. В алгоритме учтены:

- 1 Износ резьбовой пары.
- 2 Параметры шага резьбы.
- 3 Расчет на прочность витков резьбы:
 - a. Определение действующего в опасном сечении напряжения среза
 - b. Определение действующего в опасном сечении напряжения изгиба
- 4 Расчет винта на устойчивость [5, 6].

Также была написана программа на языке программирования Java.

В результате работы была разработана программа по определению основных размеров трапецеидальной резьбы исполнительного элемента электропривода. Данную программу или метод, который включает эта программа, рекомендуется использовать при начальном подборе резьбы исполнительного элемента электропривода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Колесник, М. Б. Определение потерь в передаточных механизмах специальных электромеханических приводов / С. Н. Иванов, М. Б. Колесник, В. А. Макаренко, Фискова Т. К. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного университета. Науки о природе и технике. – 2020. – №45 – С. 44-50.

2 Ivanov, S. Synthesis Of The Control Device Of The Electromechanical Drive Of The Main Valve / S. N. Ivanov, K.K. Kim, A. V. Gorbunov // 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 18-22 May. 2020, DOI: 10.1109/ICIEAM48468.2020.911 2086.

3 Ким, К.К. Автоматизированный электромеханический привод вагонных дверей / К.К. Ким, С.Н. Иванов, А.В. Горбунов, Т.С. Титова, В.В. Никитин, И.Г. Киселев // Электротехника. - 2019. - № 10. - С. 11-16.

4 Колесник, М. Б. Анализ совместимости в задаче управления безредукторным приводом стрелочного перевода / М. Б. Колесник, Ю. Б. Колошенко, А. А. Просолович // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного университета. Науки о природе и технике. 2020. - № 47 – С. 14-19.

5 Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин: Справочник / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. – М. : Машиностроение, 1979. – 702 с.

6 Колесник, М. Б. Анализ эффективности линейных электромеханических приводов стрелочных переводов / К.К. Ким., С.Н. Иванов, М.Б. Колесник // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. – 2020. – Том 2. – С. 61-64.

УДК 621.3.019

Колесник Максим Борисович, студент; Maxim Kolesnik

Колошенко Юлия Борисовна, старший преподаватель;

Koloshenko Yulya Borisovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ВЫБОРА РАЗМЕРНЫХ СООТНОШЕНИЙ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

STATEMENT OF THE PROBLEM OF CHOOSING THE DIMENSIONAL RATIOS OF TRANSFER ELEMENTS OF ELECTROMECHANICAL CONVERTERS

Аннотация. Рассмотрена задача определения минимально допустимого диаметра исполнительного элемента, являющегося валом электромеханического преобразователя. Приведены основные проектные параметры и показаны связи между ними.

Abstract. The problem of determining the minimum permissible diameter of the actuating element, which is the shaft of an electromechanical converter, is considered. The main design parameters are given and the relationships between them are shown.

Ключевые слова: электромеханический привод, исполнительный элемент, передача винт-гайка.

Keywords: electromechanical drive, actuator, screw-nut transmission.

В данной работе рассматривается возможность применения электропривода на основе асинхронного короткозамкнутого двигателя с линейным перемещением исполнительного элемента, конструктивное исполнение и принцип действия которого описаны в [1-3]. Анализ конструкции передаточного механизма показал, что используемое в нем сопряжение типа «винт-гайка» является наиболее слабым звеном привода. Поэтому задачей настоящей работы является разработка методики выбора размерных соотношений передаточных элементов на основе технических и эксплуатационных характеристик электромеханических преобразователей. При этом определяющим критерием выбора размерных соотношений передаточного элемента является механическая устойчивость с учетом всех воздействующих усилий.

Выбор проектных параметров. Начальный этап выбора требует установления номенклатуры проектных параметров, включающей следующие величины.

1. Определение типа резьбы.
2. Осевое усилие, приложенное к винту P .
3. Допустимая из условия износа удельная нагрузка на виток - q .
4. Относительная высота витка - ψ_h . Для трапецеидальной резьбы $\psi_h = 0,5$.

5. Относительная высота гайки ψ_H . Рекомендуется принимать $\psi_H = 1,2 \dots 2,5$.
6. Средний диаметр наружной резьбы – d_2 .
7. Число витков в гайке – z (не более 15).
8. Шаг резьбы – p .
9. Допустимое напряжение на срез – $[\tau_{ср}]$.
10. Прочность витков – ψ_a . Для трапецеидальной резьбы $\psi_a = 0,67$.
11. Допустимое напряжение на изгиб – $[\sigma_{изг}]$.
12. Коэффициент приведения длины, зависящий от способа закрепления концов винта μ . При заземлении верхнего и нижнего концов $\mu = 0,5$.
13. Допускаемое напряжение при смятии – $[\sigma_{см}]$.
14. Коэффициент уменьшения допускаемого напряжения при продольном изгибе – φ .
15. Гибкость стержня λ , находится по формуле:

$$\lambda = \frac{\mu L}{i_{min}},$$

где i_{min} – минимальный радиус инерции.

16. Внутренний диаметр наружной резьбы – d_3 .
17. Длина винта между закреплениями – L .

В заданных условиях применения принят способ закрепления концов винта, приведенный на рис.1.



Рисунок 1 – Способ закрепления концов винта

Определение размерных соотношений. Учитывая характер нагрузки, действующей на передаточный элемент электромеханического привода, можно определить внутренний диаметр наружной резьбы винта. Исходные данные для расчета в программе Mathcad приведены в таблице 1 [4, 5].

Таблица 1 – Исходные данные

Критическая сила P , Н	L , мм	μ	$[\sigma_{см}]$, МПа	φ
10000	1000	0,5	190	0,5

Внутренний диаметр наружной резьбы равен, мм:

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi \varphi [\sigma_{см}]}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 10000}{\pi \cdot 0,5 \cdot 190 \cdot 10^6}} \cdot 1000 = 11,576.$$

Гибкость винта:

$$\lambda = \frac{4\mu L}{d},$$

$$\lambda = \frac{4 \cdot 0,5 \cdot 1000}{11,576} = 172,757.$$

Коэффициент продольного изгиба равен:

$$\psi = \varphi_2 + \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\lambda_1 - \lambda_2} (\lambda - \lambda_2),$$

где $\varphi_1, \varphi_2, \lambda_1, \lambda_2$ берутся из [4]: $\varphi_1 = 0,26, \varphi_2 = 0,23, \lambda_1 = 170, \lambda_2 = 180$.

$$\psi = 0,23 + \frac{0,26 - 0,23}{170 - 180} (172 - 180) = 0,251.$$

Относительная погрешность полученного результата:

$$\gamma_1 = \frac{|\psi - \varphi|}{\varphi} \cdot 100 \%,$$

$$\gamma_1 = \frac{|0,251 - 0,5|}{0,5} \cdot 100 \% = 49,654 \, \%.$$

Пересчитывается коэффициент продольного изгиба:

$$\varphi = \frac{\varphi + \psi}{2},$$

$$\varphi = \frac{0,5 + 0,251}{2} = 0,375.$$

Расчет продолжается до получения заданного значения относительной погрешности результата γ_1 .

Определяется критическая сила для полученного диаметра. При этом, если $\lambda > 100$, то критическая определится как:

$$P_{кр} = \frac{\pi^3 \cdot E \cdot d^2}{4 \cdot \lambda^2}.$$

где E – модуль Юнга;

если $\lambda < 100$, то критическая определится как:

$$P_{кр} = (a - b \cdot \lambda) \frac{\pi \cdot d^2}{4}.$$

Относительная погрешность полученного результата равна:

$$\gamma_2 = \frac{|P_{кр} - P_0|}{P_0} \cdot 100 \%,$$

где P_0 – принимается равным заданному значению критической силы, которое не изменяется в процессе расчетов.

Если относительная погрешность полученного результата γ_2 не удовлетворяет заданным требованиям, то переопределяется исходная сила P :

$$P = \frac{P \cdot P_0}{P_{кр}}.$$

Затем производится пересчет диаметра по первому циклу.

Эти циклы повторяются, пока конечная относительная погрешность γ_2 не достигает необходимого значения, то есть пока P_0 не становится равной $P_{кр}$.

Расчеты в Mathcad обеспечивают точность $\gamma_2 = 5,96 \cdot 10^{-4} \, \%$, то есть при заданной исходной критической силе $P = 10000 \, \text{Н}$, была получена критическая сила $P_{кр} = 9999,4 \, \text{Н}$, которой соответствует и критический диаметр $d = 12,67 \, \text{мм}$.

Полученное значение d позволяет перейти к выбору типового электромеханического преобразователя с использованием информационных справочных ресурсов [6, 7].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Колесник, М. Б. Определение потерь в передаточных механизмах специальных электромеханических приводов / С. Н. Иванов, М. Б. Колесник, В. А. Макаренко, Фискова Т. К. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного университета. Науки о природе и технике. – 2020. – №45 – С. 44-50.

2 Ivanov, S. Synthesis Of The Control Device Of The Electromechanical Drive Of The Main Valve / S. N. Ivanov, K.K. Kim, A. V. Gorbunov // 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 18-22 May. 2020, DOI: 10.1109/ICIEAM48468.2020.911 2086.

3 Ким, К.К. Автоматизированный электромеханический привод вагонных дверей / К.К. Ким, С.Н. Иванов, А.В. Горбунов, Т.С. Титова, В.В. Никитин, И.Г. Киселев // Электротехника. - 2019. - № 10. - С. 11-16.

4 Колесник, М. Б. Анализ совместимости в задаче управления безредукторным приводом стрелочного перевода / М. Б. Колесник, Ю. Б. Колошенко, А. А. Просолович // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного университета. Науки о природе и технике. 2020. - № 47 – С. 14-19.

5 Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин: Справочник / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. – М. : Машиностроение, 1979. – 702 с.

6 Колесник, М. Б. Анализ эффективности линейных электромеханических приводов стрелочных переводов / К.К. Ким., С.Н. Иванов, М.Б. Колесник // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. – 2020. – Том 2. – С. 61-64.

7 Технический каталог электродвигателей. – URL: https://www.edsmask.ru/index.php?site_page=motors (дата обращения: 21.12.2020). – Режим доступа свободный.

УДК 620.92

Козик Андрей Алексеевич, студент; Kozik Andrey Alekseevich

Кузьмин Роман Вячеславович, канд. техн. наук, доцент;

Kuzmin Roman Vyacheslavovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ГИДРОГЕНЕРАТОРА

ELECTROMECHANICAL POWER GENERATION SYSTEM BASED ON A HYDRO GENERATOR.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы гидроэнергетики. Вода является источником энергии, который возобновляется и механическую энергию потока воды преобразовывают в электрическую энергию. Рассматриваются достоинства и недостатки такого преобразования.

Abstract. The article discusses the issue of hydropower. Water is an energy source that is renewable and the mechanical energy of the water flow is converted into electrical energy. The advantages and disadvantages of such a transformation are discussed.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, электроэнергетика, альтернативная энергетика.

Keywords: renewable energy sources, electric power industry, alternative energy.

Введение

В мире глобальной проблемой является истощение природных ресурсов. В современном производстве электроэнергии на теплоэлектростанциях и подобных электростанциях, где при сжигании топлива можно получить механическую энергию и в дальнейшем преобразовать её в электрическую. Самые ценные ресурсы, используемые человеком, не возобновляются и на данный момент запасов угля, нефти и газа хватает, но с каждым годом их становится меньше. По прогнозам ученых нефти и газа, при том же уровне добычи и использования, хватит на 50 лет, а угля на 150 лет.

В связи с этим нужно обращать внимание на неисчерпаемые энергоресурсы. К ним можно отнести энергию солнца, ветра и воды.

Кинетическую энергию воды можно преобразовать в электрическую энергию с помощью гидрогенератора. Он безопасен и не имеет выбросов в окружающую среду: продуктов горения или распада элементов (в случае с АЭС). Гидроэлектростанции можно производить малой мощности с высокой мобильностью, что позволяет в разных ситуациях получить электроэнергию из водного ресурса, когда нет возможности иного метода получения электроэнергии.

Патент RU 2 370 660 C1 электрогенератор выполнен биротативным в виде цилиндрического корпуса.

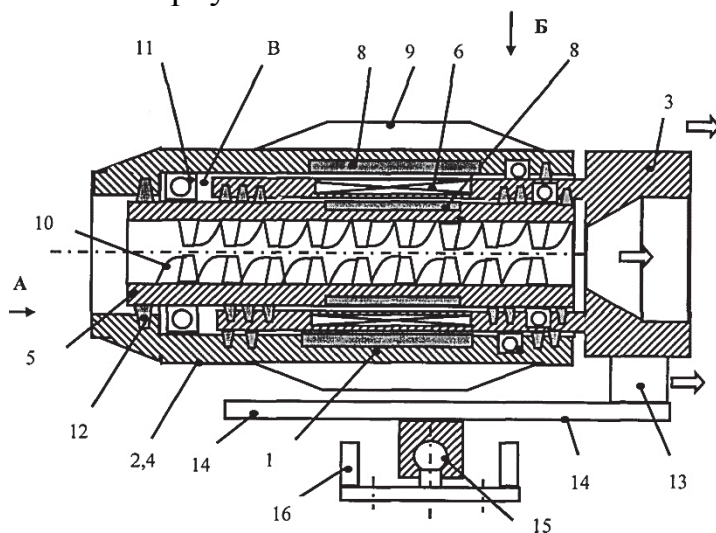


Рисунок 1 - Электрогенератор биротативного исполнения

Изобретение является установкой для преобразования энергии движущегося водяного потока в электроэнергию.

При использовании конструкции ее нужно установить в районе непрерывного течения воды. Поток воды приводит в действие гидродинамический привод, который начинает вращательное движение роторы. При этом рекомендовано, чтобы роторы вращались в противоположных направлениях. Это приводит к увеличению изменения скорости магнитного потока, который проходит через обмотки (обмотку) возбуждения электрогенератора.

Патент RU 166310 U1 гидрогенератор, содержащий статор с установленной на нем верхней крестовиной.

В центре размещен ротор с валом, отличается тем, что на валу расположен магнитный подшипник, содержащий в себе встроенную в корпус устройства магнитную систему с функцией изменения работы из внешних и внутренних кольцевидных постоянных магнитов с расположенными на них экранами из немагнитного вещества.

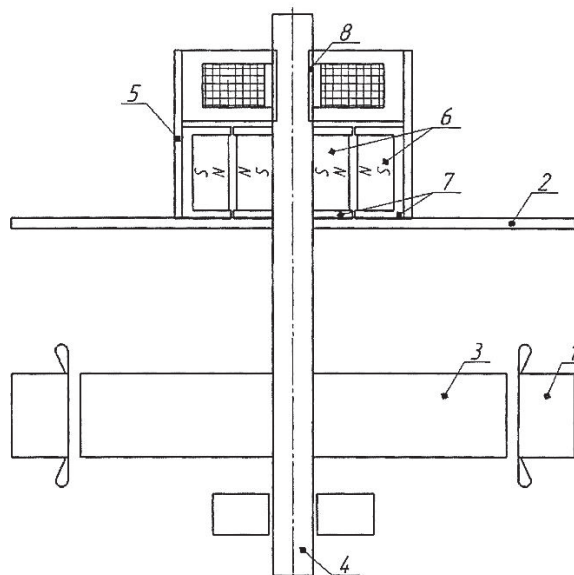


Рисунок 2 – Гидрогенератор с верхней крестовиной

Таблица 1 – Достоинства и недостатки гидрогенератора

Достоинства	Недостатки
Гидростанции не выделяют угарный газ, не загрязняют почву	Засуха уменьшает и может даже остановить производство электрической энергии на гидростанции
Производительность ГЭС легко контролировать, изменяя скорость водяного потока	Снижение количества растворенного в воде кислорода, почти останавливают течение реки.
Чистая вода находится в искусственно созданных водохранилищах	Большие водохранилища затопливают земляные участки
Очень дешёвая электроэнергия	
Использование возобновляемого источника и энергии	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Голицын М.В., Голицын А.М., Пронина Н.М. Альтернативные энергоносители М: Наука, 2004. - 159 с.
- 2 Н. Аршеневский, Ф. Губин, М. Губин Гидроэлектрические станции (учебник для ВУЗов) Москва, Энергия, 1980 г. - 368 с.
- 3 Щавелев Д.С. Гидроэнергетические установки Энергоиздат, Издание 2-е, 1981. - 520 с.
- 4 Кривченко Г.И. Карелина В.Я. Гидроэлектрические станции 3-е изд., перераб. и доп. - Энергоатомиздат, 1987. - 464с.

УДК: 62-83.01

Максимов Никита Максимович, студент; Maksimov Nikita Maksimovich
Буйлаков Данил Евгеньевич, студент; Buylakov Danil Evgenevich
Посаднов Александр Евгеньевич, студент; Posadnov Aleksandr Evgenevich
Григорьев Максим Анатольевич, доктор технических наук, профессор;
Grigorev Maksim Anatolevich
Южно-Уральский государственный университет (национальный
исследовательский университет)

НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ ШУМОВЫХ ПОМЕХ НА РАБОТУ ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

NEGATIVE EFFECT OF NOISE INTERFERENCE ON THE OPERATION OF THE POSITIONAL ELECTRIC DRIVE

Аннотация. В работе рассмотрены примеры возникновения шумовых помех, их вредное влияние на систему управления электроприводом. Путем регулирования пропорционального канала контура положения, произведены исследования по уменьшению амплитуды импульсов помех.

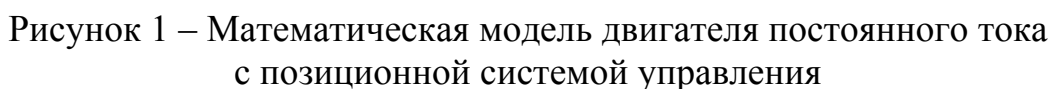
Abstract. The paper considers examples of the occurrence of noise interference, their harmful effect on the control system of an electric drive. By adjusting the proportional channel of the position loop, studies were carried out to reduce the amplitude of the noise pulses.

Ключевые слова: оборотные пульсации, подчиненное управление, электропривод, ошибка по скорости.

Keywords: noise interference, position control, electric drive, position error.

Развитие современной промышленности все больше представляет на рынке цифровые приборы измерения, вытесняя тем самым аналоговые. Но ввиду их явных преимуществ, они также не лишены недостатков. Так самым явным являются шумы. Шумовые помехи – это сторонние возмуще-

Ввиду этого поставлена задача, аппаратным путем уменьшить амплитуду пульсаций шумовых помех. Для этого создана математическая модель (Рис.1) двигателя постоянного тока с позиционной системой управления. В канал обратной связи по скорости добавляется источник белого шума «White noise», имитирующий шумовые помехи.



Для решения данной проблемы увеличивается пропорциональный канал регулятора положения. В результате наблюдается значительное уменьшение амплитуды пульсаций в контуре положения. Ошибка по положению составляет около 6..8 мм (Рис. 2б).

Благодаря полученным результатам составлена зависимость изменения пропорционального канала регулятора положения в зависимости от амплитуды шумовых помех (Рис. 3).

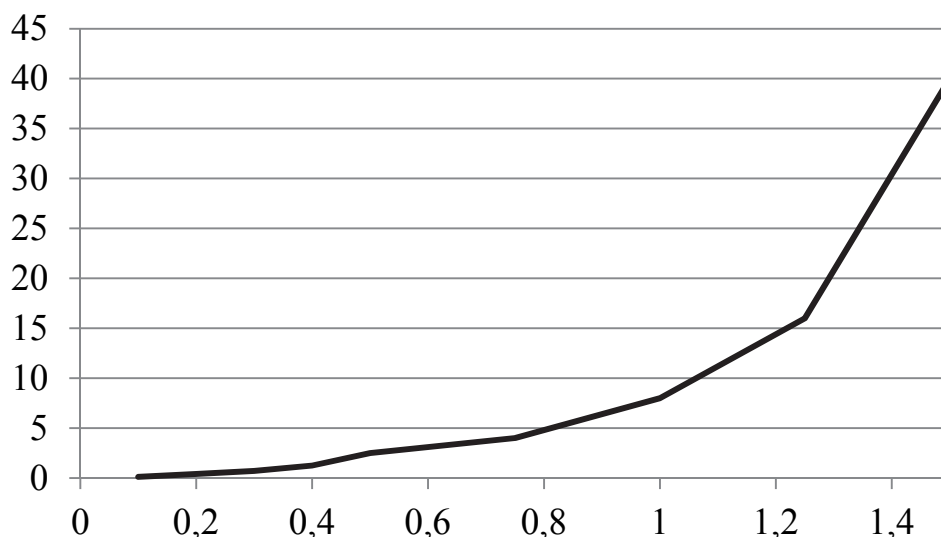


Рисунок 3 – Зависимость значения пропорционального канала регулятора положения от амплитуды шумовых помех

Решение данной проблемы позволит уменьшить ошибку точности поддержания скорости в замкнутых системах управления электропривода, а также достичь высокой точности в позиционных системах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Усынин, Ю.С. Теория автоматического управления: учебное пособие для вузов / Ю.С. Усынин – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 176с.

2 Беянин Л.Н., Дмитриев В.С., Ву Д.К Алгоритмы вычислений в системе аналитического гироскопирования с вращающимся датчиком угловой скорости// Современные наукоемкие технологии. 2018. №6. С. 25-33

3 Усынин Ю.С., Виноградов К.М. Генераторная установка с синхронной реактивной машиной независимого возбуждения// Вестник ЮУрГУ. 2007. Т. 12. Энергетика. С. 37-40.

УДК: 62-83.01

Максимов Никита Максимович, студент; Maksimov Nikita Maksimovich

Буйлаков Данил Евгеньевич, студент; Buylakov Danil Evgenevich

Посаднов Александр Евгеньевич, студент; Posadnov Aleksandr Evgenevich

Григорьев Максим Анатольевич, доктор технических наук, профессор;

Grigorev Maksim Anatolevich

Южно-Уральский государственный университет (национальный
исследовательский университет)

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЛИЯНИЯ ОБОРОТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE INFLUENCE OF REVERSE PULSATIONS ON THE OPERATION OF THE ELECTRIC DRIVE

Аннотация. Работа посвящена решению проблемы негативного влияния обратных пульсаций на работу электрического двигателя с подчиненным регулированием. Путем увеличения пропорционального канала регулятора скорости наблюдается уменьшение влияния амплитуды вредных пульсаций на систему управления.

Abstract. The work is devoted to solving the problem of the negative influence of circulating pulsations on the operation of an electric motor with subordinate regulation. By increasing the proportional channel of the speed controller, a decrease in the influence of the amplitude of harmful pulsations on the control system is observed.

Ключевые слова: обратные пульсации, подчиненное управление, электропривод, ошибка по скорости.

Keywords: circulating pulsations, subordinate control, electric drive, speed error.

Для поддержания постоянной скорости используется подчиненная система управления электроприводом. Для создания обратной связи по скорости необходим датчик скорости. На сегодняшний день самыми распространенными являются: энкодер и тахогенератор.

В свою очередь датчики не являются идеальным устройством, ввиду появления обратных пульсаций, которые приводящие к погрешности измерений. Пульсации возникают ввиду неравномерного вращения вала датчика (несоосность), а также из-за неоднородности магнитного сопротивления железа статора вдоль его расточки (в случае тахогенератора). Необходимо отметить возникновение пульсаций приводит не только к погрешности измерений, но и к вынужденным пульсациям тока якоря двигателя, которые приводя к потере мощности и нагреву двигателя.

Для начала проведения необходимых исследований в программе Matlab Simulink создается математическая модель системы с подчиненным регулированием двигателя постоянного тока с независимым возбуждением

(Рис.1). В канал обратной связи по скорости добавляется блок, выступающий в роли имитации оборотных пульсаций с одноименным названием. В таблице 1 представлены характеристики электрического двигателя, используемого в математической модели.

Таблица 1 – Технические характеристики двигателя постоянного тока Д21

Параметры	Значение
Мощность, кВт	3,6
Номинальная скорость, об/мин	1500
Сопротивление якоря, Ом	0,94
Момент инерции, кгм ²	0,125
Номинальный ток, А	21

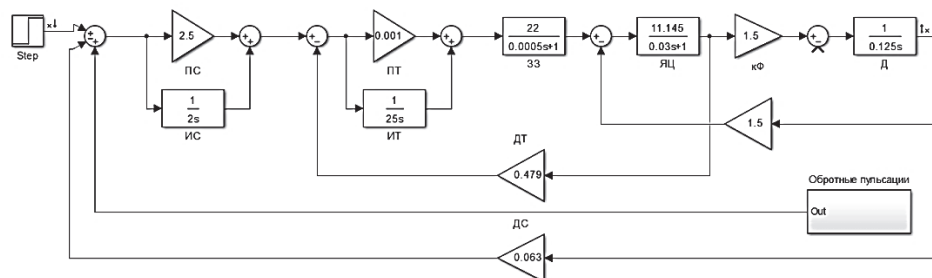


Рисунок 1 – Математическая модель

Амплитуда оборотных пульсаций обычно составляет от 0,5 до 3% от выходного напряжения двигателя. Принимается равной 0,3 В., что соответствует 3% от номинального напряжения на выходе тахогенератора равного 10 В. Из переходного процесса, изображенного на рисунке 2а, видно что пульсации тока якоря увеличились до 0,6 А, а ошибка по скорости составляет 9,4%, при точности измерений $\pm 0,01$.

Далее, для сглаживания оборотных пульсаций увеличим П-канал регулятора скорости. Из переходного процесса (Рис. 2б) видно уменьшение амплитуды пульсаций тока якоря до 0,4%, ошибка по скорости составляет 5,4%.

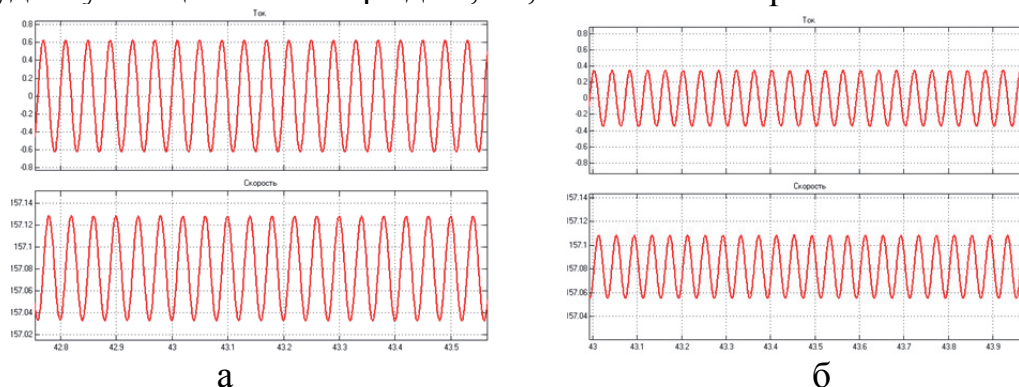


Рисунок 2 – Переходные процесс тока и скорости

Полученные результаты исследования можно использовать в работе с электроприводом с подчиненным регулированием, где требуется поддержание скорости высокой точности. Решение данной проблемы позволит уменьшить ошибку точности поддержания скорости в замкнутых системах управления электропривода, а также достичь высокой точности в позиционных системах.

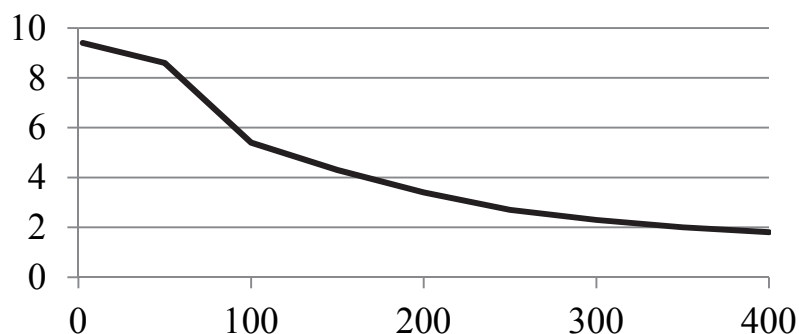


Рисунок 5 – Зависимость значения ошибки по скорости от пропорционального канала регулятора скорости

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Усынин, Ю.С. Теория автоматического управления: учебное пособие для вузов / Ю.С. Усынин – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 176с.

2 Мерзляков Ю.В., Толмачев Г.Г. Исследование влияния обратных пульсаций напряжения тахогенератора на дополнительные потери мощности в электроприводе// Электротехнические системы и комплексы. С. 106-111.

3 Усынин Ю.С., Виноградов К.М. Генераторная установка с синхронной реактивной машиной независимого возбуждения// Вестник ЮУрГУ. 2007. Т. 12. Энергетика. С. 37-40.

УДК 621.3

Нгуен Ван Ха, аспирант; Nguyen Van Kha

Бурков Алексей Федорович, доктор технических наук, профессор,
Burkov Aleksey Fedorovich

Дальневосточный федеральный университет

СУДОВЫЕ ПРОПУЛЬСИВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ С ГРЕБНЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ

SHIPS PROPULSION SYSTEMS WITH ROWING ELECTRICAL INSTALLATIONS

Аннотация. Увеличение топливно-энергетического дефицита, обусловленного ограниченными запасами природных ресурсов и ростом потребления различных видов энергии, приводит к необходимости расширения областей исследований. В свете решения задач энергосбережения на морском транспорте актуальными представляются исследования повышения эффективности эксплуатации судов с электродвижением.

Abstract. The increase in the fuel and energy deficit caused by limited natural resources and increased consumption of various types of energy leads to the need to expand research areas. In the light of solving the problems of energy saving in marine transport, research on improving the efficiency of operation of ships with electric propulsion is considered relevant.

Ключевые слова: гибридные системы, гребная электрическая установка, пропульсивная установка, структурная схема, электрический двигатель.

Keywords: hybrid systems, rowing electric installation, propulsive installation, structure diagram, electric motor.

Гребные электротехнические комплексы (гребные электрические установки (ГЭУ)) представляют собой совокупности электротехнических устройств, объединенных процессом производства, преобразования, распределения электрической энергии (ЭЭ) и питания ею гребных электродвигателей (ЭД) [1]. Характеризуются большим конструкционным многообразием и широким диапазоном мощностей.

Суда с ГЭУ имеют относительно высокую приспособляемость к условиям плавания во льдах, при волнениях и буксировках, позволяющую использовать первичные двигатели (ПД) без перегрузок, обладают повышенной надежностью и живучестью, связанной с дроблением всей установки на отдельные агрегаты.

Выбор ГЭУ для современных судов осуществляется с учетом повышения надежности, увеличения ресурса и энергоэффективности.

Основу научного решения комплексной задачи определения ГЭУ при проектировании судов может составлять представление о судовом пропульсивном комплексе (ПК) как о системном объекте [2, 3].

На судах с ГЭУ главные ПД (дизели) работают в квазиноминальных режимах при наиболее полном сгорании топлива и минимальной доле вредных веществ в выхлопных газах. К более экономичным и экологичным относятся ГЭУ на переменном токе со среднеоборотными дизелями.

В настоящее время существуют различные архитектуры гребных электротехнических комплексов и типы основных агрегатов варианты ГЭУ [4].

На судах разных классов (ледоколах, паромах, танкерах и др.) находят применение схемы с едиными электроэнергетическими системами (ЭЭС).

К перспективным направлениям развития судостроения относится гибридизация судовых ЭЭС, актуальность которой обусловлена требованиями VI Международной конвенции по предотвращению загрязнения воздушной среды с судов (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL 73/78), снижением расходов топлива и др.

Улучшить энергетическую эффективность и экологические характеристики, расширяя перечень судов-электроходов, позволяет использование ГЭУ с нетрадиционными источниками ЭЭ, в частности, аккумуляторными батареями (АБ) различного типа. Примерами аккумуляторных судов, которые относятся к экологически чистым без выбросов вредных веществ в окружающую среду, являются паромы-электроходы «Ampere», «Elektra», «Tycho Brahe» [5] и др.

Гибридные системы нашли применение на судах, главные энергетические установки которых сравнительно часто работают в маневренных и долевых (частичных) режимах.

Наиболее ярким географическим районом возможного применения аккумуляторных электроходов представляется город Владивосток, территориально расположенный на юге полуострова Муравьёва-Амурского. Изрезанная береговая линия, включающая глубоко врезающиеся бухты и заливы, способствуют широкому применению малотоннажного флота, поскольку расстояние от Владивостока напрямую до ближайших, расположенных по обе стороны от этого полуострова на побережье населенных пунктов составляет десятки километров и существенно короче сухопутных автомобильных дорог.

Выполненные исследования аккумуляторных ГЭУ малотоннажных судов показали, что наибольший расход емкости судовых АБ происходит в маневренных режимах – при пуске гребных ЭД и разгоне судов.

К одному из вариантов увеличения автономности малотоннажных судов с аккумуляторными энергоустановками относится использование комбинированных (гибридных) энергетических установок, включающих АБ и дизель-генераторные агрегаты, позволяющих улучшить по сравнению с традиционными ГЭУ их экологические и экономические показатели [6].

Установлено, что в настоящее время электродвижение имеет определенное устойчивое применение на морском транспорте. К судам-электроходам относятся ледоколы и суда активного ледового плавания, буксиры, паромы, пассажирские и другие типы судов. Современный этап развития электродвижения характерен расширяющимся применением главных винто-рулевых колонок (ВРК), осуществляющих функции пропульсивных установок и рулевых машин.

Выполненный анализ гребных электротехнических комплексов (ГЭУ) судов, дает основание сделать вывод о том, что актуальной задачей дальнейшего развития судов прибрежного плавания является решение научно-технических задач, направленных на внедрение гибридных ЭЭС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Разработка и исследование методов и средств устранения обменных колебаний мощности в судовых электротехнических комплексах: дис. на соиск. уч. ст. канд. тех. наук / А. Е. Савенко. – Иваново: Иван. гос. энергетич. ун-т им. В. И. Ленина, 2015. – 200 с.

2 Обзор опыта совершенствования конструкции и применения движительных систем в современном судостроении / А. А. Иванченко, В. А. Шишкин, В. Н. Окунев // Вестник гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. – 2016. – № 4 (38). – С. 156-176.

3 Судовые энергетические установки / Г. А. Артемов, В. П. Волошин, Ю. В. Захаров, А. Я. Шквар. – Л.: Судостроение, 1987. – 480 с.

4 Развитие теории и методов расчета режимов судовых единых электроэнергетических систем: дис. на соиск. уч. ст. докт. тех. наук / И. М. Калинин. – СПб.: ФГУП «Крыловский гос. науч. центр» филиал «ЦНИИ СЭТ», 2015. – 328 с.

5 Ради тишины и чистоты / О. Макаров // Популярная механика. – 2018. – № 5. – С. 40-47.

6 Повышение энергоэффективности морского транспорта и транспортной инфраструктуры / А. Ф. Бурков, В. Ф. Веревкин, П. М. Радченко; под общей ред. А. Ф. Буркова. – СПб.: Лань, 2019. – 132 с.

УДК 621.314

Ниматов Рустам Рамазонович, аспирант; Nimatov Rustam Ramazonovich
Климаш Владимир Степанович, доктор технических наук, профессор;
Klimash Vladimir Stepanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ ДЛЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

DEVELOPMENT OF HYBRID STARTERS FOR TRANSFORMER SUBSTATIONS

Аннотация. Приводятся результаты исследования процессов при поочередном подключении гибридным пускателем нагрузок к вторичным обмоткам двух силовых трансформаторов подстанции. В разработанном гибридном пускателе используются те же автоматы с добавлением к ним диодно-реакторного блока. Показано, что его применение сокращает продолжительность переходных процессов, ограничивает пусковые токи в сети и просадку напряжения у потребителей, обеспечивает мягкое симметричное включение силовых трансформаторов под нагрузку с высоким быстродействием.

Abstract. The results of a study of processes are given when a hybrid starter is alternately connected loads to the secondary windings of two power transformers of a substation. The developed hybrid starter uses the same automatic machines with the addition of a diode-reactor unit to them. It is shown that its application reduces the duration of transient processes, limits inrush currents in the network and voltage drop at consumers, provides soft symmetrical switching on of power transformers under load with high speed.

Ключевые слова: гибридный пускатель, двухтрансформаторной подстанций, силовой трансформатор в среде Matlab.

Keywords: hybrid starter, power transformer, in Matlab medium.

На трансформаторных подстанциях применяют автоматические выключатели, которые одновременно подключают три фазы нагрузки к силовым трансформаторам. При таком включении возникают броски токов, просадки напряжения, ударные нагрузки на электрооборудование и дополнительные потери в системе электроснабжения.

Для устранения этих недостатков предназначены совместно с автоматическим выключателем применять тиристорные пускатели с управляе-

мым включением посредством микроэлектронного блока [1], которые имеют ограничения по надежности.

Целью работы является разработка электронной части гибридного пускателя повышенной эксплуатационной надежности.

Структурная схема двух трансформаторной подстанции с общим для них гибридным пускателем приведена на рис 1. Она содержит трехфазную сеть (U_c), высоковольтные выключатели (Q1, Q2), силовые трансформаторы (СТ1, СТ2), гибридный пускатель (HS), низковольтные выключатели (Q3, Q4) и активно-индуктивные нагрузки (Z_H).

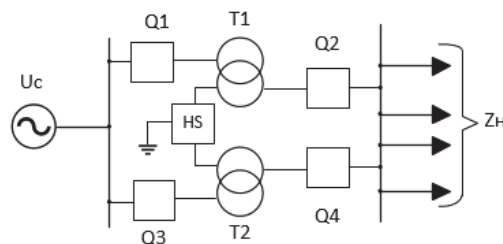


Рисунок 1 - Структурная схема трансформаторной подстанции с гибридным пускателем

Гибридный пускатель HS (рис. 1) состоит из двух мостовых диодных выпрямителей, выходы которых подключены к общему сглаживающему реактору, а входы включены в рассечку звезды вторичных обмоток соответственно первого и второго силовых трансформаторов и короткозамыкателям. Короткозамыкатели предназначены для шунтирования входных зажимов выпрямителей после достижения токами силовых трансформаторов установившихся значений [2].

Для исследования штатной и новой схемы трансформантой подстанции была разработана модель в среде Matlab.

Результаты моделирования этих схем приведены рис. 2 и рис. 3. Здесь суммарные токи сети (а) и токи нагрузки СТ1 (б) и СТ2 (в). Численные эксперименты проводились для приведенных трансформаторов в относительных единицах.

Предлагаемый пускатель на основе диодов прост и надежен в эксплуатации. Его применение обеспечит симметрию и ограничение пусковых токов в сети и у потребителей электроэнергии и, как следствие, снизит электрические и магнитные потери в энергосистеме, повысит электродинамическую стойкость электрооборудования и его срок службы, качество электроэнергии в электропередаче и на подстанции.

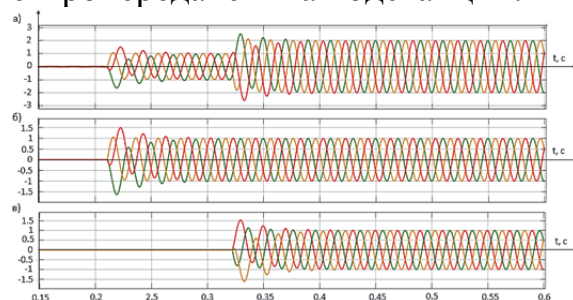


Рисунок 2 - Осциллограммы токов для двух СТ по штатной схеме

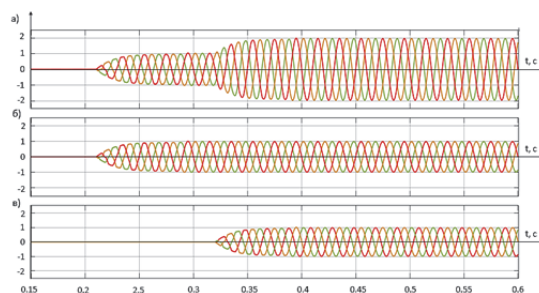


Рисунок 3 - Осциллограммы токов для двух СТ по новой схеме

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Климаш В.С., Тараканов В.И. // Способы включения трехфазного электрооборудования и их реализация – Воронеж, Электротехнические комплексы и системы управления. 2015. № 2. С. 24-28.

2 Патент № 2715047 РФ, МПК: H02M 1/16, Устройство для включения силового трансформатора// Климаш В.С., Ниматов Р.Р. (Россия), опубл. 26.02.2020, Бюл. № 6.

УДК 621.314

Петухов Александр Владимирович, аспирант;

Petukhov Alexander Vladimirovich

Климаш Владимир Степанович, доктор технических наук, профессор;

Klimash Vladimir Stepanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ЛИНИИ

A METHOD FOR CONTROLLING THE ELECTRIC DRIVE OF AN ELECTRICAL COMPLEX OF A WOODWORKING LINE

Аннотация. В статье рассматривается способ управления электроприводом электротехнического комплекса деревообрабатывающей линии по производству шпона. Приведено краткое описание способа управления электроприводом, с рациональным перераспределением энергии между двигателями специализированных механизмов через автономные инверторы и общее звено постоянного напряжения.

Abstract. The article deals with the method of controlling the electric drive of the electrical complex of the woodworking line for the production of veneer. A brief description of the method for controlling the electric drive, with a rational redistribution of energy between the motors of specialized mechanisms through autonomous inverters and a common link of constant voltage, is given.

Ключевые слова: автономные инверторы напряжения, общий выпрямитель, звено постоянного напряжения, автоматическое включение резерва.

Keywords: autonomous voltage inverters, common rectifier, constant voltage link, automatic switching on of the reserve.

На предприятии “Амурская лесопромышленная компания” (г. Амурск, Хабаровского края), эксплуатируются автоматизированные деревообрабатывающие линии по производству шпона. Одной из особенностей промышленного производства шпона является сложная технологическая последовательность обработки сырья, состоящая из нескольких ступеней. Эта особенность требует бесперебойного электроснабжения линии во избежание нарушения всего технологического процесса и экономических потерь для предприятия. В настоящее время, одной из причин незапланированных остановок линии являются большие провалы напряжения в питающей сети.

Для повышения устойчивости электротехнического комплекса деревообрабатывающей линии к провалам напряжения в сети предложен способ управления электроприводом деревоперерабатывающей линии во время автоматического включения резерва [2] для схемы, где автономные инверторы напряжения с индивидуальными электродвигателями объединены общим звеном постоянного напряжения [1].

Предлагаемый способ основан на управлении частотой автономных инверторов в функции напряжения на конденсаторе промежуточного звена. При потере питающего напряжения в одной или всех фазах на входе общего выпрямителя, система управления переводит электродвигатели в режим генераторного торможения для замедления разряда конденсатора C фильтра, с плавным снижением скорости, пропорционально изменению напряжения. В случае восстановления напряжения на входе выпрямителя, производится плавный разгон электродвигателей до номинальной скорости, или полная их остановка если питающее напряжение не восстановилось.

На рис. 1 представлена имитационная модель [3] электротехнического комплекса деревообрабатывающей линии, на которой проводилась апробация нового способа управления.

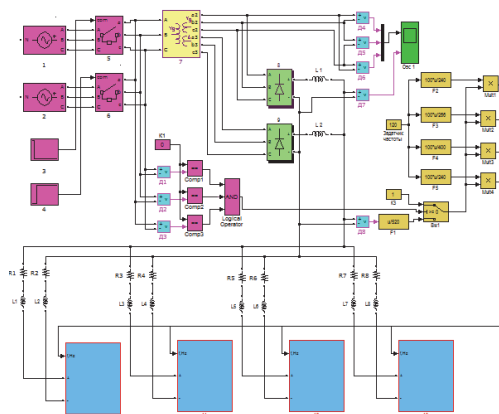


Рисунок 1. Модель электротехнического комплекса

В ходе численного эксперимента моделировалось срабатывание АВР с полным снятием напряжения во всех фазах трёхфазной сети на интервале времени 500 мс в двух вариантах: - без использования, и с использованием предлагаемого способа управления. На рис.2 представлены осциллограммы, полученные в ходе эксперимента.

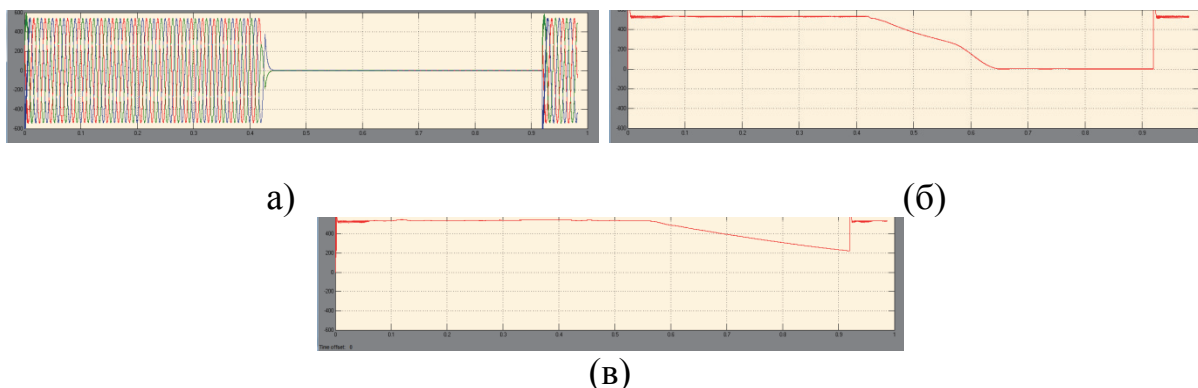


Рисунок 2. - Осциллограммы напряжений сети (а), конденсатора без под- заряда (б) и с под зарядом (в)

Сравнительная оценка результатов исследования подтверждает возможность практического использования рассматриваемого способа, повышающего устойчивость электротехнического комплекса деревообрабатывающей линии к провалам напряжения в питающей сети при срабатывании АВР и авариях в системе электроснабжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Klimash V.S., Petuhov A.V. Elektric Drive with Common Rectifier and Individual Inverters for Asynchronous Electric Motors of Woodworking Line. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies 10.1109/FarEastCon.2019, 2019. 8934051.

2 Патент 2740813 РФ. МПК: B27L 5/02, H02P 1/16, H02P 3/06. Способ управления электроприводом деревообрабатывающей линии в время автоматического включения резерва / В.С. Климаш, А.В. Петухов. Оpubл. 21.01.21, Бюл. № 3.

3 Свидетельство 2021611165 РФ о регистрации программы для ЭВМ. Программный комплекс математической модели электропривода деревообрабатывающей линии в среде MATLAB / В.С. Климаш, А.В. Петухов. Оpubл. 22.01.21, Бюл. № 2.

УДК 621.313.3

Пивоваров Константин Геннадьевич, студент;

Pivovarov Konstantin Gennadievich

Серигов Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент;

Serikov Alexander Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

ASYNCHRONOUS GENERATORS SIMULATION

Аннотация. Рассмотрена имитационная модель асинхронного генератора с бесконтактным возбуждением от конденсаторов. Описывается перевод асинхронной машины из двигательного в генераторный режим. С помо-

щью имитационной модели получена внешняя характеристика асинхронного генератора.

Abstract. The article is devoted to the simulation of an asynchronous generator of contactless excitation from capacitors. The features of a simulation model for transferring an asynchronous machine from a motor to a generator mode are described. Using a simulation model, the external characteristic of the asynchronous generator is obtained.

Ключевые слова: асинхронный генератор, бесконтактное возбуждение, имитационное моделирование, внешняя характеристика.

Keywords: asynchronous generator, contactless excitation, imitation modeling, external characteristic.

Одним из важнейших вопросов современной энергетики является создание высоконадежных и высокоэффективных систем генерирования электроэнергии. Особенно значимо это направление для автономных объектов, в авиационной промышленности, морских и речных судах, в автомобильных комплексах и т.д. Источники электроэнергии, предназначенные для автономных систем, кроме того, должны удовлетворять таким требованиям, как простота конструкции, удобство обслуживания, компактность и высокие энергетические показатели. Асинхронные генераторы с короткозамкнутым ротором соответствуют этим требованиям.

Для исследования электромагнитных процессов в асинхронном генераторе с помощью программы Matlab[1] создана имитационная модель (рисунок 1). При моделировании использовались параметры асинхронной машины с короткозамкнутым ротором мощностью 30 кВт, напряжением 220 В и с числом пар полюсов 1.

В конструкции асинхронной машины с короткозамкнутым ротором не предусмотрена обмотка возбуждения, поэтому для создания необходимого магнитного потока и самовозбуждения использована батарея конденсаторов, подключенная к обмотке статора. Так же к статорной обмотке подключена трехфазная активная нагрузка. Формы кривых токов и напряжений отображаются с помощью осциллографов. Действующие значения тока и напряжения вычисляются посредством блоков RMS и результаты выводятся на дисплей.

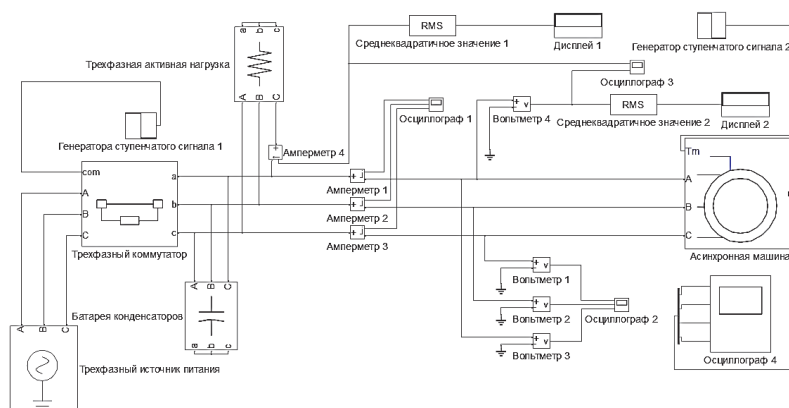


Рисунок 1 – Имитационная модель асинхронного генератора

При переводе асинхронной машины в режим генератора необходимо предварительно зарядить батарею конденсаторов. Для этого использован блок трехфазного источника питания. В момент времени, пока идёт зарядка конденсаторной батареи, трехфазный коммутатор находится во включенном состоянии. В этот период времени на соответствующий статическому моменту вход блока асинхронной машины, подаётся положительный сигнал от генератора ступенчатого сигнала (рисунок 1). Это состояние соответствует положительному статическому моменту на валу, и асинхронная машина работает в двигательном режиме. По истечении определенного периода времени конденсаторы полностью заряжаются, и с помощью трехфазного коммутатора отключается источник питания. В этот момент времени с генератора ступенчатого сигнала подается отрицательный сигнал на вход, соответствующий статическому моменту асинхронной машины, и машина переходит в генераторный режим с возбуждением от конденсаторной батареи.

В ходе исследования получены осциллограммы скорости вращения ротора, электромагнитного момента, токов и напряжений (рисунок 2) асинхронной машины. На осциллограммах виден переходный процесс при переключении из режима двигателя в режим генератора.

Получена внешняя характеристика асинхронного генератора мощностью 30 кВт (рисунок 3), по которой видно, что величина напряжения сильно зависит от нагрузки. Для обеспечения стабильного напряжения при работе асинхронного генератора на автономную нагрузку необходимо применять дополнительные меры. Например, для стабилизации напряжения на полезной нагрузке можно использовать дополнительную балластную нагрузку. Для обеспечения качества выходного напряжения перспективно использовать преобразователь частоты со звеном постоянного тока.

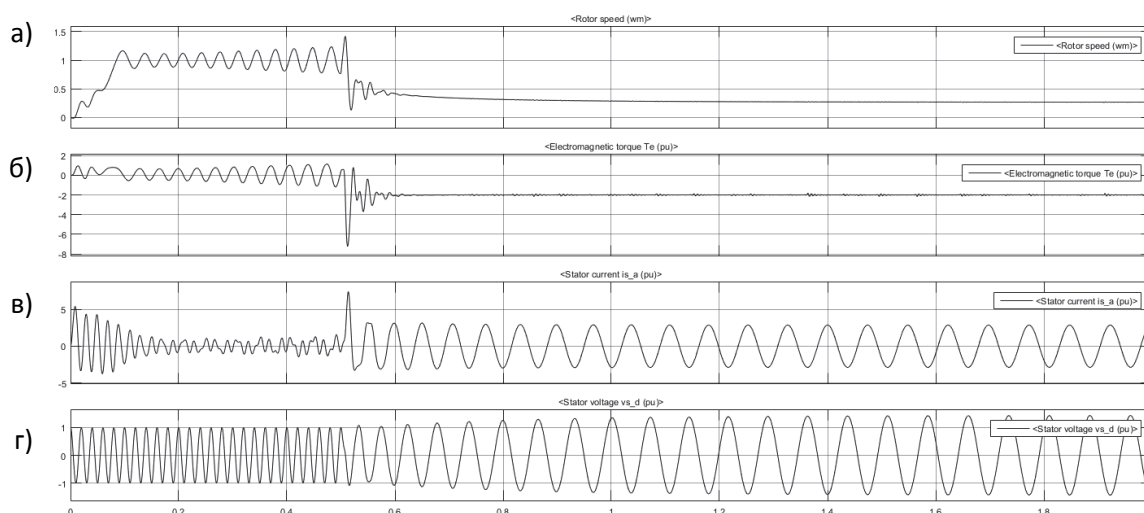


Рисунок 2 – Осциллограммы скорости(а), электромагнитного момента(б), тока (в) и напряжения (г)

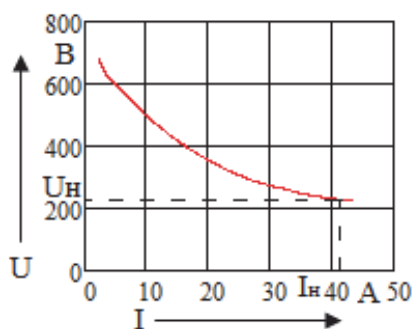


Рисунок 3 – Внешняя характеристика асинхронного генератора

Таким образом, предложена имитационная модель асинхронного генератора с возбуждением от конденсаторов. Выявлены особенности перевода асинхронной машины из двигательного в генераторный режим работы, получены осциллограммы скорости, электромагнитного момента, токов и напряжений в обмотке статора, построена внешняя характеристика. Дальнейшее совершенствование разработанной модели перспективно в направлении повышения стабильности и качества выходного напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / И.В. Черных – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288с.

УДК 621.438, 621.311

Соловьев Илья Сергеевич, магистр; Solovyev Ilya Sergeevich

Валиев Рамиль Ильгизович, магистр; Valiyev Ramil Ylgizovich

Нугманов Дамир Фаильевич, магистр; Nugmanov Damir Failyevich

Титов Александр Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;

Titov Alexander Vyacheslavovich

Маслов Игорь Николаевич, кандидат технических наук, доцент;

Maslov Igor Nikolayevich

Казанский государственный энергетический университет

ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ МИНИ-ТЭЦ С ГТУ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР ОСВОЕНИЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ

APPLICATION OF MOBILE MINI-CHP WITH GTU AS AN IMPORTANT FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF HARD-ACCESSIBLE TERRITORIES OF RUSSIA

Аннотация. Данная работа посвящена роли малой энергетики в освоении труднодоступных территорий России.

Abstract. This work is devoted to the role of small-scale power generation in the development of hard-to-reach territories of Russia.

Ключевые слова: мини-ТЭЦ, ГТУ, когенерация, малая энергетика.

Keywords: mini-CHP, gas turbines, cogeneration, small-scale power.

Развитие труднодоступных территорий всегда было важным фактором развития нашей страны в целом, так как преуспевающими в промышленном и социальном освоении являются регионы в Европейской части России. По многим причинам малоизученные места все больше привлекают к себе внимание ввиду наличия в них полезных ископаемых и прочих ресурсов. Для доступа к ним нашим производствам необходимы развитая инфраструктура и энергетическое обеспечение.

Для первичного освоения труднодоступных территорий является важным наличие энергоемких и мобильных средств производства электрической и тепловой энергии в суровых условиях северных и северо-восточных регионов России.

Так, например, для энергообеспечения предполагается использовать современные технологии малой энергетики: энергоустановки с газотурбинными и газопоршневыми двигателями.

Немаловажным фактором для их применения является применение в них когенерационных технологий. Ввиду того, что основным развивающимся направлением в малой энергетике являются дизельные электростанции [1], не подразумевающие когенерацию, применение ГТУ и ГПД становится актуальным.

Главной проблемой в данном направлении является малое количество отечественных производителей ГТУ малой мощности [2]. Одним из решений представлялось строительство Хабаровского газотурбинного завода[3], основной задачей которого было бы освоение производства импортных установок японского рынка. Модельный ряд представлял бы собой: «Kawasaki» M1T-13A и "INI Corporation" GPB-06. Но по результатам тяжелой международной политической ситуации после 2014 года, реализация данного проекта становится маловероятным.

Важным моментом выбора отечественного производителя является стоимость производимого оборудования, так как увеличение курса иностранной валюты привело к удорожанию импортной продукции, следовательно, развитие собственного серийного производства становится еще более актуальным.

Наиболее вероятным кандидатом на данную роль вполне может стать разработанная Омским заводом транспортного машиностроения мобильная мини-ТЭЦ «Вулкан 800/1500» контейнерной компоновки (рис.1).



Рисунок 1 - Мини-ТЭЦ «Вулкан 800/1500» контейнерной компоновки

Главным ее отличием и в то же время преимуществом является ГТУ, созданная на базе газотурбинного двигателя ГТД-1250, агрегатов и узлов, используемых в военной технике. Данный двигатель рассчитан на высокие нагрузки и тяжелые условия эксплуатации. Другим преимуществом «Вулкана» являются его размеры. В одном контейнере уместятся как ГТУ, так и котел-утилизатор. Наличие данного типа котла дает возможность эксплуатации ГТУ в простом цикле.

В таблице приведены основные характеристики ГТУ «Вулкана» и зарубежных производителей, взятые из каталога Turbines&Diesels-2010 [4]. КПД оценивалось в соответствии с подходом из «Каталога газотурбинного оборудования» [5].

Таблица 1 – Данные по мощности и КПД различных ГТУ малой мощности

ГТУ	Мощность номинальная, МВт	Мощность тепловая, МВт	КПД электрический, %	КПД полный, %
Вулкан 800/1500	0,8	1,48	27	78
Allide Signal ASE8	0,52	-	21	-
Daihatsu Diesel TX500	0,4	-	20	-
Daihatsu Diesel TX625	0,5	-	18,5	-
Daihatsu Diesel TX750	0,6	-	22	-
Daihatsu Diesel TX1000	0,8	-	21	-
International Energy System IES 400S	0,39	-	14,8	-
International Energy System IES 600B	0,66	-	17,4	-
Kawasaki Heavy Industries GPS500	0,4	-	11,8	-
Kawasaki Heavy Industries MGP500	0,5	-	13,1	-
Kawasaki Heavy Industries GPC 06	0,6	1,0	18,9	72,4
Kawasaki Heavy Industries GPS750	0,6	-	15,7	-
Kawasaki Heavy Industries MGP1000	0,8	-	11,8	-
Pratt&WhitneyCanada ST6L-813	0,81	0,93	26	54,4
Samsung Techwin SPG500S	0,4	-	11,8	-
Samsung Techwin SPG625S	0,5	-	18,9	-
Samsung Techwin SPG625S	0,5	-	18,9	-
Turbec T-600	0,66	1,9	23,5	68
Turbo Genset TG6	0,62	1,46	23,2	76,2
Vericor Power Systems VPS1	0,48	-	20,7	-
Yanmar Co. AT600	0,45	-	16,3	-

Отметим, что по данным таблицы, ГТУ отечественного производителя несколько не уступает продукции иностранных производителей.

На сегодняшний день такие мини-тэц активно используются частями Министерства Чрезвычайных Ситуаций и имеют несколько модификаций для определенных видов топлив (газообразных и жидких).

Одним из немаловажных факторов выбора завода-производителя является и то, что у ОЗТМ также производит и внедорожные и плавающие транспортные средства, которые могут быть использованы для передвижения мини-ТЭЦ в условиях бездорожья и отсутствия транспортной инфраструктуры.

С учетом огромного потенциала и качественной производственной базы данного проекта, его внедрение в освоение труднодоступных территорий России становится целесообразным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Леонтьев Г. Малая энергетика в разных ракурсах // Мировая энергетика. – 2009. – № 6 (65). – С. 28-29.

2 Новосельцев Д.А. Комплексная программа газотурбинного энергетического машиностроения. Военная техника, вооружение и технологии двойного применения: Материалы III Междунар. технол. конгресса (Омск, 7 – 11 июня 2005 г.): В 2 ч. – Омск: ОмГТУ, 2005. – Ч.1.

3 Светлов И.Б. Перспективы использования когенерационных ГТУ малой мощности в энергетике Дальнего Востока / И.Б. Светлов, Р.А. Мордасов // Газотурбинные технологии. – 2012. – № 4 (105). – С. 14 – 17.

4 Turbines&Diesels-2010, Power Equipment Catalogue.

5 Каталог газотурбинного оборудования, 2005 г. (ЗАО «Газотурбинные технологии», г. Рыбинск).

УДК [62-112+624.01]:004.9

Фискова Таисия Константиновна, студент; Fiskova Taisiya Konstantinovna
Иванов Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент;
Ivanov Sergey Nikolaevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF ELECTROMACHANICAL ENERGY CONVERTERS

Аннотация. В статье изложен подход к комплексному анализу электромеханических систем с использованием специализированных пакетов прикладных симулирующих программ. Показано, что выбор методики исследования обусловлен сложностью и взаимным влиянием энергетических процессов в электромеханических преобразователях и отсутствием вери-

фицированных аналитических решений. Определены основные этапы исследования, включающие построение геометрической модели объекта, определение типа решаемой задачи и соответствующих начальных и граничных условий, обоснование определяющих критериев, моделирование электромагнитных, тепловых и гидравлических процессов и их анализ.

Abstract. An approach to a comprehensive analysis of electromechanical systems using specialized packages of applied stimulation programs is described in the article. Shown that the choice of the research method is due to the complexity and mutual influence of energy processes in electromechanical converters and the lack of verification analytical solutions. The main stages of the research are defined, including the construction of a geometric model of the object, the definition of the type of the problem to be solved and the corresponding initial and boundary conditions, the justification of the defining criteria, the modeling of electromagnetic, thermal and hydraulic processes and their analysis

Ключевые слова: геометрическая модель, трехмерная параметризация, моделирование, анализ.

Keywords: geometric model, three-dimensional parametrization, modeling, analysis.

Существующие методики проектирования современных электромеханических преобразователей [3-5] позволяют получить приближенные результаты, что связано с рядом серьезных упрощений и допущений реальных энергетических процессов в исследуемых областях преобразователя. В основе лежит выделение при расчетах бестоковых областей (воздушных зазоров) и токовых областей (обмоточные элементы) и введение векторного магнитного потенциала для каждой области через уравнения Максвелл, Лапласа, Пуассона.

В качестве примера можно рассмотреть методику вентиляционного расчета при проектировании электродвигателей. При расчете учитываются наружный диаметр вентилятора, скорость вращения, количество лопастей. Исходя из этих параметров определяются производительность (расход) охлаждающего агента и напорные характеристики.

Для обеспечения равномерного распределения тепловых нагрузок внутри машины для выбранной схемы вентиляции необходимо определенное количество хладагента:

$$V_B = \frac{\sum P_B}{c_B \Delta v_B},$$

где V_B – производительность (объем в единицу времени); c_B – теплоемкость (удельная) хладагента; $\sum P_B$ – отводимые хладагентом при; $\Delta v_B = v_{гор} - v_{хол}$ – градиент температуры; $v_{гор}$, $v_{хол}$ – соответственно температура горячего и холодного хладагента.

Вентиляционная цепь разбивается на соединенные между собой элементарные квазиоднородные участки.

Гидравлическое сопротивление отдельного i -го участка:

$$Z_i = \frac{\xi}{2\rho S^2},$$

где ξ – коэффициент гидравлического сопротивления; ρ – плотность охлаждающей среды; S – сечение канала.

Напор вентилятора H_i

$$H_i = Z_i \cdot V_i,$$

где V_i – массовый расход охлаждающей среды i -го участка.

Для расчета сопротивления Z_i используют значения коэффициентов ξ , требующие экспериментального определения на реальной системе. Выбор ξ на этапе проектирования является неточным, но позволяет выбрать размеры и конфигурацию вентиляционных каналов.

Современные вентиляционные расчеты могут быть выполнены с использованием специализированных пакетов прикладных программ (Ansys, Comsol, Fluent, Solid Works&CosmoFlow, FlowVision). Методической основой расчета цепей вентиляции является решение системы дифференциальных уравнений.

Уравнения составляются в соответствии со схемой вентиляции для всех контуров и узлов. Это делается аналогично расчетам в электрических цепях (первый и второй законы Кирхгофа). Алгебраическая сумма расходов и сумма напоров во всех узлах равна нулю, также равны нулю потери давления всех ветвей любого замкнутого контура. При решении задачи необходима правильная постановка задачи в виде задания граничных условий. Основная проблема - основополагающие уравнения Навье-Стокса в общем виде точного численного решения не имеют.

Определение номинального напора - заключительный этап вентиляционного расчета. Номинальное давление $H_{\text{ном}}$ вычисляется через номинальный расход охлаждающей среды (воздуха) $V_{\text{ном}}$, умноженный на суммарное расчетное сопротивление всей схемы вентиляционной цепи Z_{Σ} :

$$H_{\text{ном}} = Z_{\Sigma} V_{\text{ном}}^2.$$

Из последней формулы видно, что существующая методика не позволяет определять расходные и напорные характеристики вентилятора с учетом его конструктивного исполнения и особенностей вентиляционной цепи (форма и размеры лопастей вентилятора, угол установки и т.д.).

Аналогичные выводы можно сделать при оценке точности расчета других конструктивных элементов (корпуса, вала и т.п.). Таким образом, используемые в настоящее время для анализа методики не позволяют учесть влияние большинства конструктивных параметров на эксплуатационные характеристики ЭМС. Поэтому основной задачей, решаемой в данной статье, является постановка задачи анализа ЭМС методами имитационного моделирования.

Методы исследования определяются содержанием задач на последовательно выполняемых этапах.

Постановку задачи и ее последующую реализацию поясняет алгоритм, приведенный на рис.1.



Рисунок 1 – Алгоритм анализа

Использование методов имитационного моделирования позволяет определять основные проектные параметры сложных электромеханических систем, не имеющих однозначного аналитического решения. Основой такого подхода является создание трехмерной параметрической модели и ее реализация в системах, симулирующих энергетические преобразования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ким, К.К. Электромеханические генераторы тепловой энергии [Электронный ресурс] : монография / К. К. Ким, С. Н. Иванов. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 289 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/85859.html>.

2 Иванов, С.Н. Теплогенерирующие электромеханические устройства и комплексы / С.Н. Иванов, К.К. Ким, В.М. Кузьмин. - СПб.: Издательство ОМ-Пресс, 2009.-347 с.

3 Kim, K.K., Ivanov, S.N. Raising of Reliability of Heat-Generating Electromechanical Devices(2019) / International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019, № 8934080, DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934080.

4 Иванов, С.Н. Определение потерь в передаточных механизмах специальных электромеханических приводов / С.Н. Иванов, М.Б. Колесник, В.А. Макаренко, Т.К. Фискова // Ученые записки КнАГТУ – 2020. – № V-1 (45). – С.107-114.

УДК 621.311

Цыбрина Юлия Александровна, студентка; TsybrinaYuliyaAleksandrovna

Янченко Андрей Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;

Yanchenko Andrey Vyacheslavovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОЦЕНКА ЗАПАСА МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛАБОРАТОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

ASSESSMENT OF RESERVE POWER SOURCES WHEN DESIGNING THE POWER SUPPLY OF THE LABORATORY OF ELECTRICAL MACHINES

Аннотация. Работа посвящена оценке соответствия источников питания учебной лаборатории электрическим нагрузкам с целью обеспечения надёжности и безопасности проведения учебного процесса.

Abstract. The work is devoted to the assessment of the compliance of the power sources of the training laboratory with electrical loads in order to ensure the reliability and safety of the educational process.

Ключевые слова: система электроснабжения, электроприёмник, лаборатория электрических машин, коэффициент спроса, график нагрузки.

Keywords: power supply system, electric receivers, laboratory of electric machines, demand coefficient, load schedule.

При модернизации и расширении учебной лаборатории возникает необходимость оценки запаса мощности существующих источников электроснабжения. При организации новой лаборатории решается обратная задача – выбор источников с необходимым запасом по мощности. Рассмотрим возможность оценки запаса мощности с помощью одного из методов расчёта электрической нагрузки. Есть несколько методов расчёта электрических нагрузок[1-3]:

- по номинальной мощности и коэффициенту использования;
- по номинальной мощности и коэффициенту спроса;
- по средней мощности и расчётному коэффициенту;
- по средней мощности и отклонению расчётной нагрузки от средней;
- по средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузки.

Воспользуемся методом по номинальной мощности и коэффициенту спроса. Известно, что коэффициент спроса K_c зависит от количества независимых электроприёмников, таблица 1. Для лаборатории электрических

машин такими электроприёмниками являются лабораторные стенды. Так как стенды распределены вдоль линии питания по всей лаборатории, то мощность, как самой линии, так и источников питания рассчитывают как суммарную расчётную мощность по формуле (1):

$$P_p = K_c \sum (P_{i \text{ уст}}), \quad (1)$$

где $P_{i \text{ уст}}$ - номинальная установленная мощность i -того приёмника;

K_c - коэффициент спроса для числа N независимых электроприёмников, присоединенных к линии[4].

Таблица 1 – Значения коэффициента спроса K_c для N приёмников

K_c	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,47	0,44	0,35
N	2	3	4	5	6	8	9	10	15

Учебная лаборатория электрических машин (ЭМ) представляет собой современную лабораторию, позволяющую проводить занятия в ней фронтальным методом с комплексным использованием технических средств обучения. Она оснащена как универсальными лабораторными стендами (УЛС), так и специализированными (СЛС), рассчитанными на проведение лабораторных работ для студентов электротехнических специальностей.

Таблица 2 – Перечень учебных стендов лаборатории ЭМ университета

№	Наименование стенда (электроприемника)	Установленная мощность электроприемника, $P_{\text{уст}}$, кВт	Коэффициент мощности, $\cos \varphi$	Напря- жение номи- нальное $U_{\text{ном}}$, В
1	СЛС - ДПТ постоянного тока	2,6	0,8	110
2	СЛС - ГПТ постоянного тока	3,5	0,84	110
3	СЛС - Исследование характе- ристик трехфазного СГ	4,0	0,83	380
4	СЛС - Включение трехфазного СГ параллельно с сетью	2,4	0,82	380
5	СЛС - Короткозамкнутый АД	1,7	0,82	220
6	СЛС - Асинхронный генератор	1,5	0,8	220
7	СЛС - АД с фазным ротором	2,0	0,81	220
8	СЛС - Трёхфазный трансформатор	2,0	0,94	380
9	УЛС Универсальный стенд	1,4	0,82	220

Рассчитаем суммарную электрическую нагрузку лаборатории ЭМ.

В таблице 2 приведен примерный состав лабораторных стендов с основными параметрами. Состав лабораторных стендов обеспечивает выполнение бригадой по 3-4 студента более 12 лабораторных работ: по трансформаторам и машинам постоянного и переменного тока. На рисунке 1 представлена структурная схема электроснабжения лаборатории электрических машин.

С учётом данных таблицы 2 расчётная мощность электрических нагрузок лаборатории электрических машин составит

$$P_p = K_c \sum P_{i_{уст}} = 0,47 \cdot 21,1 = 9,92 \text{ кВт.}$$

Проверим соответствие значения табличного K_c реальному по графикам нагрузки лаборатории ЭМ за период одной учебной пары, которые представлены на рисунке 2. Так как одновременно могут работать 4 бригады студентов, представлены четыре графика нагрузки наиболее энергозатратных стендов. Выберем за время проведения занятия четыре временных точки для оценки суммарной нагрузкой и сравним их.

1. При $t = 27$ мин – $1,2 + 1,7 + 3 + 3,2 = 9,1$.
2. При $t = 38$ мин – $1,7 + 2,3 + 3,8 = 7,8$.
3. При $t = 57$ мин – $1,7 + 2,6 + 2,8 + 3 = 10,1$.
4. При $t = 79$ мин – $1,2 + 1,3 + 3,8 = 6,3$.

Наибольшая нагрузка - 10,1 кВт. Тогда реальный K_c составит

$$K_{c \text{ реал}} = \frac{\sum P_{\max}}{\sum P_{i_{уст}}} = \frac{10,1}{21,1} = 0,478.$$

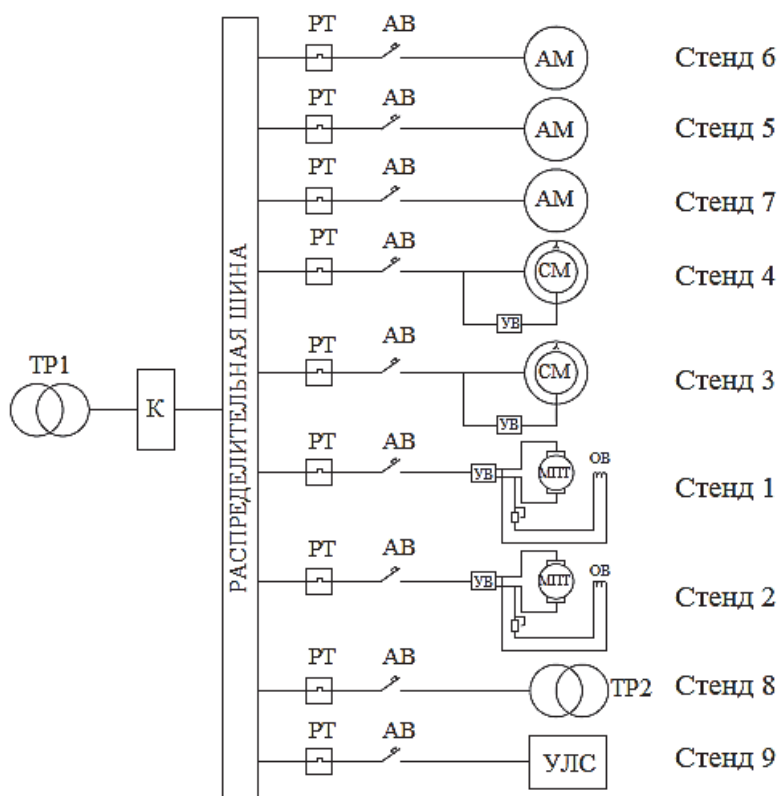


Рисунок 1 – Структурная схема электроснабжения лаборатории электрических машин

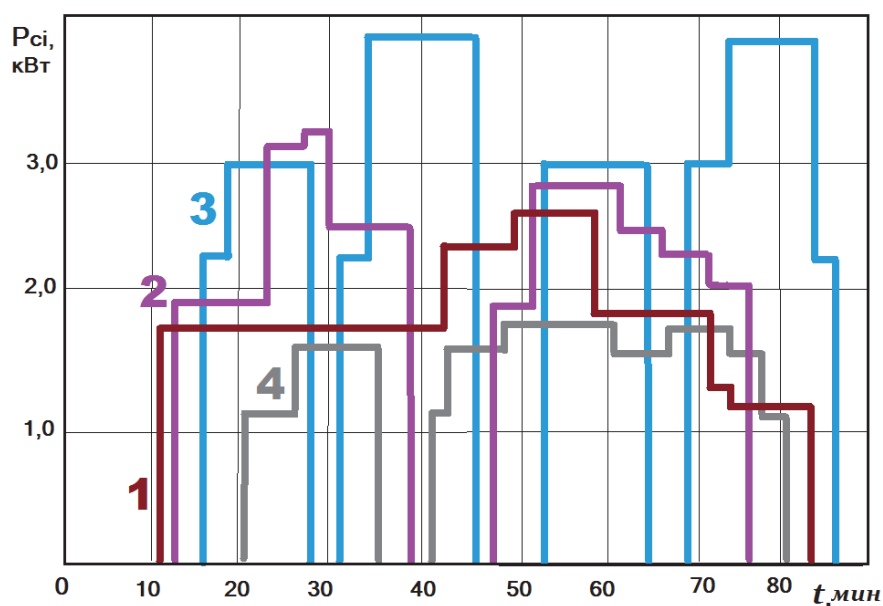


Рисунок 2 – Графики нагрузки при проведении лабораторных работ по 4 стендам в течение одного занятия (1 – стенд №1: ДПТ, 2 – стенд №2: ГПТ, 3 – стенд №3: СГ, 4 – стенд №4: СГ)

Вывод. Следовательно, с учётом реальных графиков нагрузки стенов рекомендуемое значение K_c из таблицы подтвердилось. Так как в лаборатории используется трансформатор РТТ-25/0,5 $S = 25\text{кВА.}$, то коэффициент запаса мощности составляет не менее $25/10,1 = 2,47$. Это даёт возможность увеличения состава стенов при модернизации лаборатории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Анчарова, Т. В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений / Т. В. Анчарова, Е. Д. Стебунова, М. А. Рашевская. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 416 с.

2 Шабад, М. А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей / М.А. Шабад. – Санкт-Петербург: Энергия, 2013. – 289 с.

3 Князевский, Б. А. Электроснабжение промышленных предприятий / Б. А. Князевский, Б. Ю. Липкин. - Москва: Высшая школа, 1979. – 115 с.

4 Королев, О. П. Электроснабжение промышленных предприятий : учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию / О. П. Королев, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич ; Белорусская государственная политехническая академия, Кафедра "Электроснабжение". - Минск : БГПА, 1998. – 142 с. : ил.

УДК 62-621.2

Яшанин Владислав Игоревич, магистрант; Yashanin Vladislav Igorevich

Маслов Игорь Николаевич, кандидат технических наук, доцент;

Maslov Igor Nikolaevich

Казанский Государственный Энергетический Университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПГУ ПРИ РАБОТЕ НА ОПТОВОМ РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

RESEARCH OF THE DEPENDENCE OF THE USEFUL EFFECT OF A CCGT UNIT WHEN OPERATING IN THE WHOLESALE ELECTRICITY MARKET

Аннотация. В статье рассматривалось повышение КПД ГТУ, работающей в составе ПГУ на оптовом рынке, при сжигании топлив с разным содержанием метано-водородной фракции. Расчёт производился в «Автоматизированной системе газодинамических расчётов энергетических турбомашин» (АС ГРЭТ) для режима работы ГТУ в составе ПГУ, где температура газов на выходе из КС составляла $T_1=1483$ К, а мощность, потребляемая электрогенератором - 110 МВт. В заключении статьи проводится анализ зависимости содержания в топливе МВФ на КПД при работе на оптовом рынке электроэнергии.

Abstract. The article discusses the increase in the efficiency of a gas turbine unit operating as part of a CCGT unit on the wholesale market, when burning fuels with different contents of methane-hydrogen fraction. The calculation was carried out in the "Automated system of gas-dynamic calculations of power turbomachines" (AS GRET) for the operation mode of a gas turbine unit as part of a CCGT unit, where the gas temperature at the outlet of the compressor station was $T_1 = 1483$ K, and the power consumed by the electric generator was 110 MW. At the end of the article, an analysis is made of the dependence of the IMF fuel content on efficiency when operating on the wholesale electricity market.

Ключевые слова: оптовый рынок электроэнергии, метано-водородной фракция, топливной смесь, коэффициент полезного действия, газотурбинная установка, удельная теплота сгорания, расход топлива, природный газ, оптовый рынок электроэнергии.

Keywords: wholesale electricity market, methane-hydrogen fraction, fuel mixture, efficiency, gas turbine unit, specific heat of combustion, fuel consumption, natural gas, wholesale electricity market.

Благодаря отсутствию вредных выбросов при сгорании, а также высокой теплотворной способности, водород уже в наше время может экономически эффективно применяться в качестве топлива при производстве электро-

энергии на основе топливных элементов. Также большой интерес представляет применение водорода в качестве добавки к топливной смеси (ТС).

Максимальная единичная мощность ГТУ достигла к настоящему времени 300 МВт, КПД при автономной работе составляет 36-38 %. В ГТУ, созданных на базе авиадвигателей с высокими степенями повышения давления, КПД достигает 40 %, начальная температура газов - 1300-1500 С, степени сжатия - 20-30 [2].

При создании или модификации с современными ГТУ на метано-водородной смеси КПД может превысить 50%, а в сочетании с тепловыми отопительными нагрузками полезное использование газа может быть доведено до 60%.

Содержание водорода в МВФ может изменяться от 0 до 50% как при изменении температуры нагрева исходного углеводорода, изменения давления и состава катализатора, так и путем разбавления МВС природным газом [1].

Главная роль водорода в метано-водородной смеси – это снятие ограничения на состав топливно-воздушной смеси и повышение устойчивости горения «сверхбедных» смесей [3].

В данной работе на основании математической модели производится дроссельный (внутренний) расчёт двигателя для трёх составов топливного газа по заданным характеристикам, а именно: T_r (К) - температура газа в камере сгорания (перед турбиной), используемая для расчета расхода топлива, Q_n^p (кДж/кг) - низшая теплотворная способность заданного топлива, L_0 (кг/кг) - количество воздуха, теоретически необходимое для полного сгорания 1 кг топлива.

В качестве прототипа берётся ГТЭ-110, газотурбинная энергетическая установка электрической мощностью 110 МВт, на базе одной газовой турбины ГТД-110, предназначенная для выработки электрической и тепловой энергии в простом и когенерационном циклах [4].

Были получены следующие зависимости: сжигание в камере сгорания топлива с более высоким содержанием метановодородной фракции, а значит и с более высокой удельной теплотой сгорания и температурой горения, приводит к снижению расхода топлива [6]. Так как температура горения МВФ выше, чем у природного газа, для получения необходимой температуры продуктов сгорания на выходе из КС, необходимо понизить расход топлива. Снижение расхода топлива, в конечном итоге, приводит к увеличению КПД турбоустановки [7].

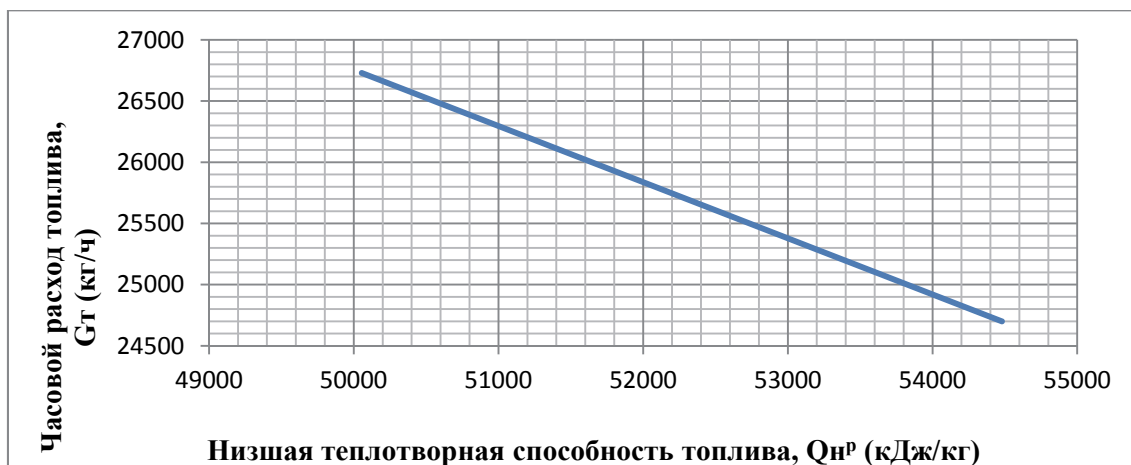


Рисунок 1- Диаграмма зависимости часового расхода топлива (кг/ч) от низшей теплотворной способности топлива (кДж/кг)

При добавлении к природному газу метано-водородной фракции понижается часовой расход топлива (при заданных $T_g=1483$ К - для всех режимов). Изменение этого параметра напрямую влияет на коэффициент полезного действия турбоустановки [5].

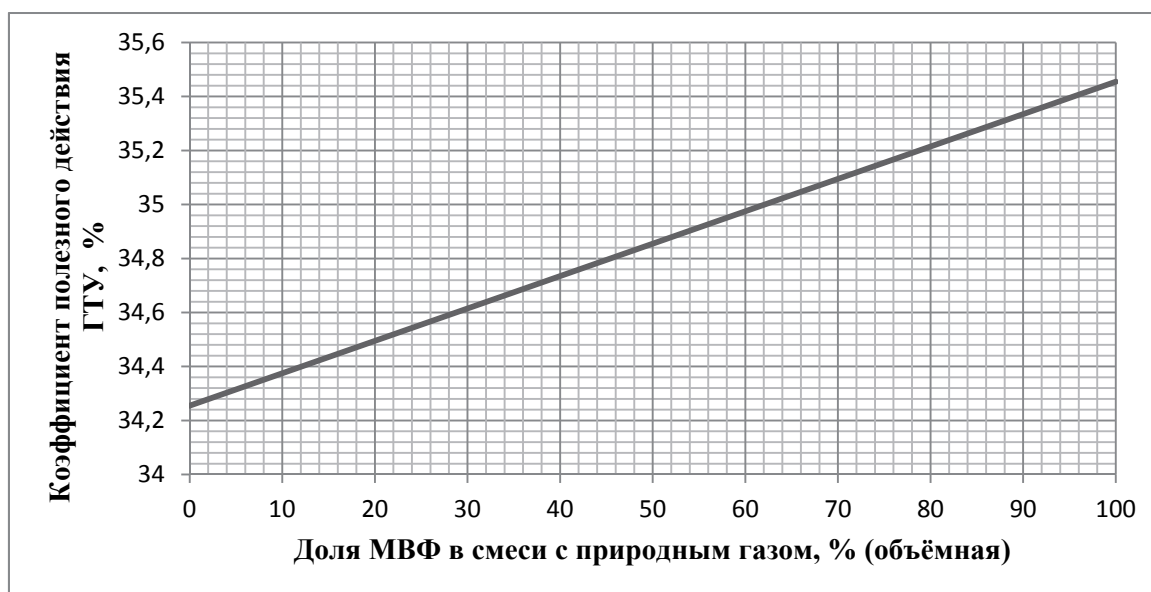


Рисунок 2- Диаграмма зависимости коэффициента полезного действия ГТУ (%) от содержания в топливе МВФ (%)

Таким образом, сжигание в ГТУ, работающей в составе ПГУ, топлива с более высоким содержанием (по объёму) метано-водородной фракции, а значит и с более высокой удельной теплотой сгорания, приводит к снижению расхода топлива, что в свою очередь приводит к увеличению КПД турбоустановки. Из этого следует, что снижение расхода топлива положительно сказывается на стоимости произведенной электроэнергии и делает

газотурбинную энергетическую установку ГТЭ-110 более привлекательной на оптовом рынке электроэнергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Зунино П., Менделеев Д.И. Влияние состава топлива на энергетические параметры газотурбинной установки. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 5. С. 41-51.

2 Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Халтурин В.А. Энергосберегающие решения в распределительных электрических сетях на основе анализа их фактических нагрузок. Электроэнергия. Передача и распределение. № 5 (62). 2020. С. 68-73

3 Марьин Г.Е., Осипов Б.М. Критерии выбора составов топлив при их сжигании в газотурбинных установках с незначительными переделками топливной системы. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. Т. 24. № 2 (151). С. 356-365.

4 Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Халтурин В.А. Актуализация расчетных электрических нагрузок с последующим практическим применением на примере Республики Татарстан. Промышленная энергетика. №2. 2021. С. 32-40.

5 Marin G.E., Mendelev D.I., Akhmetshin A.R. Analysis of changes in the thermophysical parameters of the gas turbine unit working fluid depending on the fuel gas composition. 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon) Publisher IEEE. art. no. 8934021. Vladivostok. Russia. DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934021.

6 Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И., Халтурин В.А. Актуализация удельных электрических нагрузок дошкольных образовательных и общеобразовательных учреждений. Вестник Чувашского университета. 2021. №1. С.134-145.

7 Mendelev DI, Maryin GE, and Akhmetshin AR, Improving the efficiency of combined-cycle plant by cooling incoming air using absorption refrigerating machine. International Scientific Electric Power Conference 23–24 May 2019. Saint Petersburg. Russian Federation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Volume 643. art. no. 012099. DOI: 10.1088/1757-899X/643/1/012099.

СЕКЦИЯ

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ИННОВАЦИИ**

ДЕКОМПОЗИЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

DECOMPOSITIONAL ANALYSIS OF THE CONTROL DEVELOPMENT PROCESS

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию особенностей процесса разработки системы управления технологическим процессом.

Abstract. This work is devoted to the study of the features of the process of developing a process control system.

Ключевые слова: декомпозиция, система управления, структура, инновации, технологии.

Keywords: decomposition, control system, structure, innovation, technology.

Для декомпозиции процесса разработки системы управления технологическим процессом, необходимо определить основные этапы разработки систем управления [1]. Первым и определяющим этапом является моделирование. Приступая к моделированию необходимо определить цели и задачи.

Задачами моделирования технологической установки будет являться следующее:

1. Получить информацию о поведении системы при возникновении изменений внутри системы в процессе эксплуатации;
2. Получить информацию о поведении системы при возникновении внешних воздействий на систему в процессе эксплуатации;
3. Сформировать перечень управляющих воздействий при ошибках, происходящих в системе в процессе эксплуатации.
4. Сформировать алгоритмы управляющих воздействий при возникновении конкретных изменений, воздействий внешней среды или ошибках.

Определение цели моделирования позволяет четко установить, какие данные являются исходными, что требуется получить на выходе и какими свойствами объекта можно пренебречь. На данном этапе моделирования нас интересуют динамические свойства системы. Целью моделирования абсорбционной системы будет являться создание модели объекта с заданными свойствами, определение последствий воздействия на объект и принятие правильного решения. Цели и задачи моделирования будут коррелировать с целями и задачами самой системы управления. На рисунке 1 представлена укрупненная модель процесса разработки системы управления.

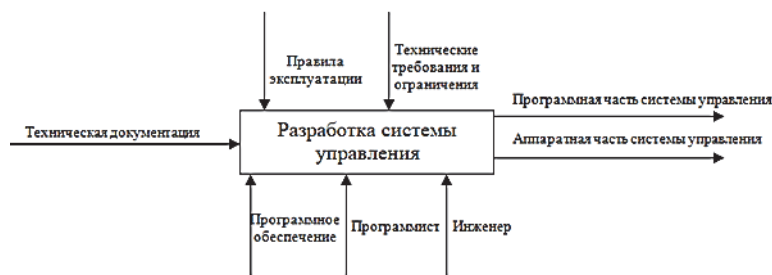


Рисунок 1 - Укрупненная модель процесса разработки системы

Декомпозируем процесс разработки системы управления на несколько подпроцессов. Результат представлен на рисунке 2.

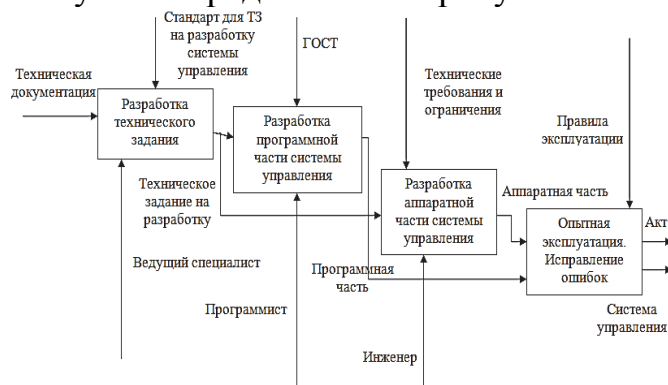


Рисунок 2 – Декомпозиция процесса разработки системы управления

Проведенная декомпозиция позволяет не только достаточно полно разделить систему на подсистемы, но и учесть в процессе разработки все имеющиеся его особенности, а также обеспечить независимую реализацию этапов создания системы управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Зайченко И.В., Соколова В.С., Гордин С.А., Бажеряну В.В. Параметрическая идентификация и математическое моделирование системы управления микроклиматом предприятия // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 3. С. 59-62.

УДК 681.3

Бажеряну Виктория Васильевна, аспирантка;

Bazheryanu Viktoriya Vasilevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ КОМАНДЫ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТА

DEVELOPMENT OF THE TEAM STRUCTURE OF THE INNOVATIVE TECHNOLOGICAL PROJECT

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию особенностей процесса формирования и управления командой при реализации технологических проектов.

Abstract. This work is devoted to the study of the features of the process of forming and managing a team in the implementation of technological projects.

Ключевые слова: команда, структура, инновации, технологии.

Keywords: team, structure, innovation, technology.

При формировании команды для реализации технологических проектов особое внимание необходимо уделять технологической специфике [1], а также степени компетентности группы разработчиков. Традиционно, управлением проектной группой занимается руководитель проекта. Но в случае реализации технологических проектов в команду обязательно должен быть эксперт, который обладает достаточными компетенциями в рассматриваемой предметной области – специалист по технологии. Непосредственно разработкой программной части системы управления занимается программист, а разработкой аппаратной части системы управления – инженер-электронщик. Координирует работу программиста и инженера руководитель группы разработчиков. Структура команды проекта представлена на рисунке 1.

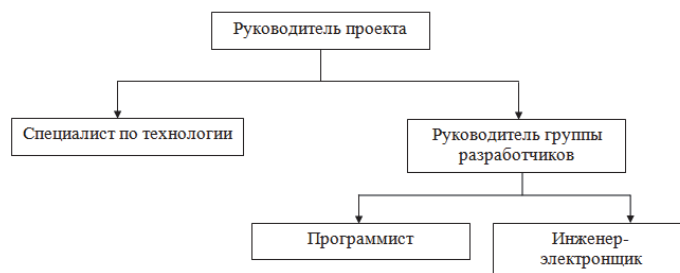


Рисунок 1 – Структура команды проекта

Командой проекта необходимо управлять и координировать действия на пути к цели проекта. Для этого имеется ряд мер, методик, способов и т.д. Для построения схемы управления командой существуют различные инструменты. Но в общем виде управления командой включает в себя формирование и развитие команды, организацию деятельности команды. Структуру системы управления командой проекта изобразим на рисунке 2.

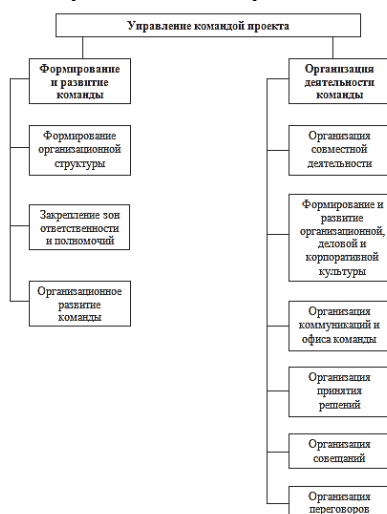


Рисунок 2 – Схема координации управления командой

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что управление проектной командой в значительной степени отличается от управления персоналом компаний. Анализ координационной схемы показал, что результативность работы эффективной проектной команды достигается прежде всего за счет того, что актуализируется комплексное рассмотрение вопросов управления командой проекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 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 681.5.08

Бакиров Ренат Толгатович, ведущий инженер НИО-1;

Bakirov Renat Tolgatovich

Шабалин Алексей Сергеевич, кандидат технических наук,

ведущий инженер НИО-1; Shabalin Alexey Sergeevich

ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОФИЛЯ СКОРОСТИ НА МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАСХОДОМЕРА

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE VELOCITY PROFILE ON THE METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF AN ELECTROMAGNETIC FLOW METER

Аннотация. Электромагнитные расходомеры – точные, надежные и универсальные по совокупности эксплуатационных характеристик средства измерений. Однако, как и все объемные расходомеры, электромагнитные расходомеры подвержены влиянию профиля скорости потока. Для определения метрологических характеристик данных расходомеров были проведены экспериментальные исследования в условиях, соответствующих идеальным, с осесимметричным профилем на входе в расходомер и в условиях, в которых в силу ограниченности размеров коммерческих узлов учета жидкостей, может потребоваться установка электромагнитного расходомера.

Abstract. Electromagnetic flowmeters are accurate, reliable and versatile measuring instruments in terms of their overall performance. However, like all volumetric flowmeters, electromagnetic flowmeters are affected by the flow rate profile. To determine the metrological characteristics of these flowmeters, experimental studies were conducted under ideal conditions, with an axisymmetric profile at the inlet to the flowmeter and in conditions in which, due to the limited

size of commercial liquid metering units, it may be necessary to install an electromagnetic flowmeter.

Ключевые слова: электромагнитные расходомеры, профиль скорости, точность, метрологические характеристики.

Keywords: electromagnetic flowmeters, speed profile, accuracy, metrological characteristics.

Электромагнитные расходомеры – точные, надежные и универсальные по совокупности эксплуатационных характеристик средства измерений. Огромными преимуществами электромагнитных расходомеров является определение интегрального значения скорости потока по поперечному сечению канала, отсутствие элементов конструкции, создающих дополнительное сопротивление для потока, отсутствие влияния изменения физических свойств измеряемой среды на точность измерений. [1] В связи с этим выбор электромагнитных расходомеров в качестве средств измерений наиболее предпочтителен.

Однако, как и все объемные расходомеры, электромагнитные расходомеры подвержены влиянию профиля скорости потока. Основной причиной, вызывающей изменение профиля скорости потока или нарушение осевой симметрии в трубопроводной системе являются задвижки, колена, тройники, конфузоры, фитинги и запорно-регулирующая арматура, а также местные гидравлические сопротивления (элементы трубопровода, вызывающие возмущение потока: шероховатость стенок, сварные швы, место соединения (фланцы, прокладки), эллипсность и несоосность). Идеальные условия измерений соответствуют строго осесимметричному полю скоростей потока, соответствующие турбулентному режиму. Для решения по созданию таких условий, обеспечивают до и после электромагнитного расходомера прямолинейные участки. В этом случае электромагнитный расходомер позволяет достичь высокой точности измерений. Однако большинство потоков в круглых трубопроводах на практике асимметрично, т.е. места установки при эксплуатации электромагнитного расходомера не позволяют обеспечить идеальные условия, что затрудняет измерение. Существующие исследования с применением математического моделирования демонстрируют, что погрешность измерения объемного расхода жидкости при определенном профиле (многопиковые профили характерные для профиля скорости на выходе из круглых теплообменников) скорости может достигать 8-10 % [2], что является существенной ошибкой для коммерческих узлов учета жидкостей.

В связи с этим было принято решение провести экспериментальные исследования электромагнитного расходомера в условиях, соответствующих идеальным, с осесимметричным профилем на входе в расходомер и в условиях, в которых в силу ограниченности размеров коммерческих узлов учета жидкостей, может потребоваться установка электромагнитного расходомера (рис. 1). Целью исследований было определение метрологических характеристик расходомера с определенной конфигурацией трубопровод-

ной обвязки на входе на различных расходах. В качестве измеряемой среды использовалась вода. Достоверность результатов достигалась проведением исследований на Государственном первичном специальном эталоне единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019. На основе опыта уже имеющихся исследований [3] профиль скорости ввиду сложности измерений моделировался с применением методов численного моделирования с применением программного комплекса вычислительной гидрогазодинамики ANSYS Fluent (рис. 2).

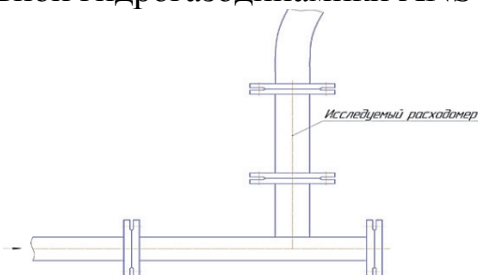


Рисунок 1 – Место установки исследуемого расходомера на рабочем столе эталона ГЭТ-63

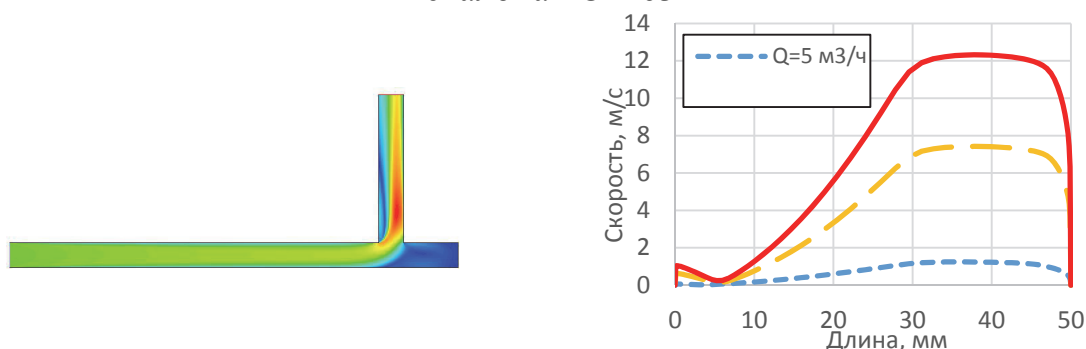


Рисунок 2 – Распределение скорости по сечению и профиль скорости на входе в исследуемый расходомер для различных расходов

По результатам проведенных исследований было установлено, что рассматриваемый профиль скорости не оказал влияния на исследуемый расходомер. Метрологические характеристики расходомера остались в допустимом диапазоне, установленном при испытаниях в целях утверждения типа. Проведенные исследования доказывают, что требуется тщательная проработка данной проблемы и выработка рекомендаций, позволяющих разработчикам и специалистам, занимающимся эксплуатацией коммерческих узлов учета жидкостей, избегать дополнительных погрешностей, вызванных влиянием условий эксплуатаций, таких как профиль скорости на входе в расходомер.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Roger C. Baker. Flow measurement handbook: industrial designs, operating principles, performance, and applications. Cambridge University Press, 2nd edition, 745 p.

2 Акимова О.Ю. Математическое моделирование влияния профиля скорости потока на сигнал электромагнитного расходомера // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № 3. С. 149-159.

3 О.К. Шабалина. Влияние монтажа турбинных преобразователей расхода на метрологические характеристики систем измерений количества и показателей качества нефти и нефтепродуктов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2019. № 12. С. 55-57.

УДК 001.895:338

Балагурова Анастасия Евгеньевна, студент;

Balagurova Anastasiya Evgenevna

Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, профессор;

Kudelko Anatoliy Romanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИННОВАЦИИ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

PRODUCTION INNOVATIONS AS ONE OF THE FACTORS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF THE LIGHT INDUSTRY ENTERPRISE

Аннотация. В статье рассмотрено значение эффективности производственной инновационной деятельности на рентабельность и конкурентоспособность предприятия. Обозначены проблемы, влияющие на развитие легкой промышленности России. Представлена инновационная технология, позволяющая повысить уровень эффективности деятельности предприятия за счет модернизации производственного процесса.

Abstract. Place abstract text in English here. The article discusses the importance of the efficiency of industrial innovation activities on the profitability and competitiveness of the enterprise. The problems influencing the development of the light industry in Russia are outlined. An innovative technology is presented that allows to increase the level of efficiency of the enterprise through the modernization of the production process.

Ключевые слова: производственный процесс, эффективность деятельности, швейное производство, производственная инновация, модернизация.

Keywords: production process, performance efficiency, garment production, production innovation, modernization.

От эффективности деятельности предприятия зависит его конкурентоспособность и рентабельность на рынке. Поэтому каждое предприятие заинтересованно в повышении эффективности своей деятельности. Это позволяет повысить эффективность труда, наиболее полно использовать производственные мощности, сырье и материальные ресурсы, достигать наибольших результатов при наименьших затратах.

Проблема низкой эффективности актуальна и для предприятий легкой промышленности, которая в России является значительной частью

сектора экономики государства. Данная отрасль, являясь многопрофильной, может быть привлекательной в инновационном отношении. Ее развитие может способствовать укреплению экономики страны и решению некоторых социальных вопросов.

Под влиянием исторических событий швейная промышленность совсем недавно находилась в весьма бедственном положении, которое удалось улучшить за последние 20 лет в результате реализации программ развития отрасли. Однако и данное положение нельзя считать успешным, так как далеко не все проблемы получили свое разрешение.

Также особое влияние на состояние отрасли в последнее время оказала пандемия 2020 года. Снизился спрос на продукцию промышленности, что связано с понижением покупательской способности населения в данный период, а также из-за приостановки работы целого ряда отраслей, использующих продукцию текстильной и легкой промышленности.

Развития легкой промышленности можно достичь путем развития каждого местного предприятия. В легкой промышленности нашей страны наблюдалось постоянное увеличение концентрации производства, выразившееся в преобладании крупных предприятий, «вымывании» мелких. К таким крупным предприятиям, в свое время, относилась и швейная фабрика «Комсомолка», расположенная в городе Комсомольске-на-Амуре, которая сегодня занимается преимущественно производством одежды, спецодежды и школьной формы. Процесс производства включает в себя последовательность действий и процессов, изображенных на блок-схеме на рисунке 1.

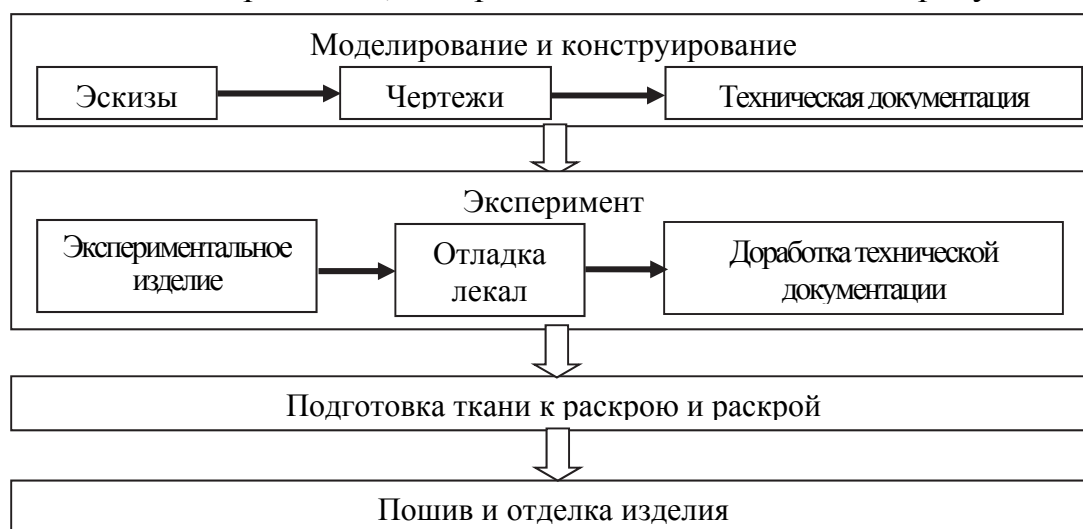


Рисунок 1 – Стадии производства швейных изделий

Весь процесс производства на швейной фабрике можно разделить на 4 последовательных блока действий: моделирование и конструирование, эксперимент, подготовка тканей к раскрою и раскрой, пошив и отделка изделия. Каждый из блоков включает в себя определенный набор действий. Так, моделирование и конструирование включает в себя действия по созданию эскиза модели изделия, по созданному эскизу строят лекала и формируют техническую документация, в которой прописывают технологию изготовления, комплект лекал и особенности отделки. Далее техническая

документация направляется в испытательный цех, где производится испытательное изделие, отладка лекал, испытание изделия и дополнения технической документации. Процесс подготовки ткани включает в себя ее прием, хранение, испытание на прочность и обработку. После этого согласно технической документации производится раскрой ткани по заданным лекалам и начинается пошив изделия с его дальнейшей отделкой. После того как вся партия изделий будет готова, она поступает к руководителю цеха, изготавливающего это изделие, где проводится окончательная проверка изделий на качество пошива и прикрепление бирок. Готовая продукция направляется в магазины и склады.

Такая технология производства характерна для всех крупных предприятий швейной промышленности. Плюсами организации труда и производства крупным производящим предприятием являются: увеличение масштаба производства, повышение производительности труда и снижение себестоимости единицы продукции. Однако имеются и свои «минусы», присущие крупным предприятиям. К основным из них относится затруднение реагирования на изменения спроса на продукцию с учетом рыночной конъюнктуры. Эта проблема возникает в результате сложности процесса производства: необходимость изготовления экспериментального изделия для обнаружения неточностей и доработки модели и ее дизайна.

Для упрощения процесса производства и повышения эффективности деятельности швейного предприятия необходимо осуществить переход на преимущественно машинный труд и перевести процесс создания и отладки лекал с бумаги на компьютер. В настоящее время разработано множество программ для формирования моделей, создания лекал и дизайна изделия. Это позволит исключить необходимость примерки и изготовления пробного образца для наглядного представления, ускорить процесс моделирования.

Одной из таких технологий может стать приложение Vidya Assyst для создания лекал, разработанное немецкой компанией Assyst. Программа предназначена для компьютерного моделирования, построения лекал и бесконтактного снятия мерок. Приложение позволяет создать трехмерную модель манекена для его дальнейшего использования при создании новых моделей одежды. Такое проектирование позволяет в точности рассчитать, сколько ткани понадобится для пошива того или иного изделия, экономит время и снижает стоимость готового изделия на 15-20 %.

Использование этого приложения открывает и дополнительные возможности позволяет создавать с помощью теневых эффектов реалистичные модели для рекламы и интернет магазина.

Внедрение инновации значительно повлияет на изменение процесса производства. Так как процессы моделирования, создания лекал, визуализация и отладка лекал становятся компьютеризированными, происходит объединение сразу двух этапов разработки в один: процесс моделирования и эксперимент объединяются в один компьютеризированный процесс моделирования и конструирования. Схема преобразованного процесса производства представлена ниже на блок-схеме на рисунке 2.



Рисунок 2 – Стадии измененного процесса производства

Приложение не требует финансовых затрат на его приобретение, но понадобятся расходы на техническое обеспечение инновации: компьютер/ноутбук для работы и принтер для печати лекал. Однако при таких расходах на преобразование процесса разработки ожидаются значительные финансовые выгоды: сокращение затрат на содержание персонала, занятого изготовлением экспериментального изделия и отладкой лекал, также исчезает необходимость в моделях и проведении фотосессии для рекламы. Также снижается стоимость готового изделия на 15-20 %.

Итогом внедрения производственной инновации ожидается повышение эффективности деятельности предприятия, так как сокращается число процессов разработки, более грамотно распределяется рабочее время персонала и снижается стоимость продукции, что приведет к повышению спроса на продукты фабрики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 «ЗАО «Комсомолка»» - интернет ресурс: <http://zaokomsomolka.ru/company/>.

2 «3D моделирование одежды. Программы для моделирования Vidya Assyst» - интернет ресурс: <https://assyst-cis.com/3d-modelirovanie/>.

УДК 67.05

Бордюгова Юлия Александровна, студентка, Bordyugova Julia A.

Кукушкина Вера Анатольевна, Член Союза дизайнеров России, доцент, Kukushkina Vera A.

Липецкий государственный технический университет

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ КАК ФАКТОР ПРОФОРИЕНТАЦИИ МОЛОДЕЖИ

INTEGRATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES AND EDUCATIONAL INSTITUTIONS AS A FACTOR OF YOUTH CAREER GUIDANCE

Аннотация. В данной статье рассмотрены некоторые вопросы, связанные с перспективой взаимодействия образовательных учреждений и промышленных предприятий, как способа эффективного трудоустройства выпускников и профориентации молодежи.

Abstract. This article discusses some issues related to the prospects of interaction between educational institutions and industrial enterprises as a way of effective employment of graduates and career guidance for young people.

Ключевые слова: предприятие, профориентация, проект, интеграция, образование.

Keywords: enterprise, career guidance, project, integration, education.

В настоящее время наиболее актуальна проблема, которая стоит перед обществом и образовательными учреждениями – это трудоустройство выпускников. Данный вопрос находится под контролем и ежегодно мониторится. Задача образовательных организаций найти пути решения и векторного развития в данной области, создать все условия для предоставления рабочих мест на предприятиях. Изучение проблемы, связанной с трудоустройством выпускников зависит от компетентности и способности реализовать теоретические знания и практические умения в процессе образовательной деятельности. В связи с этим происходит необходимость интеграции образовательных учреждений с промышленными предприятиями.

Например, сегодня на кафедре дизайна и художественной обработки материалов ЛПТУ проводится следующая работа по решению данной проблемы:

1. Заключение договоров о практике с промышленным предприятием.
2. Подготовка и реализация работ по заказу предприятий.
3. Проведение с предприятиями совместной научной и творческой деятельности.
4. Профориентационная работа на базе промышленных предприятий.

Во время прохождения практики студенты знакомятся со спецификой деятельности различных отраслей. Выявляют проблемы и пути их решения, связанные с эргодизайном и организацией производственного процесса в целом. Студенты погружаются, с научной точки зрения, в предметно-пространственное наполнение предприятий. [1,2]. Так, был реализован дизайн-проект выставочного павильона промышленного предприятия (рис.1)



Рисунок 1 - Дизайн-проект демонстрационно-выставочного павильона Липецкого промышленного предприятия

Данный проект был представлен на Международной выставке-конкурсе «Росбиотех». По итогам данного мероприятия получена золотая медаль и Диплом лауреата. В дизайн-проекте выставочного павильона Липецкого промышленного предприятия использованы новейшие технологии и материалы, учтены перспективы развития производства в Липецком регионе. Сегодня модель любого станка или производственной среды можно представить, как 3D-модель, где различные корректировки, которые касаются габаритов, материалов, формы, фактуры, проектируются виртуально. Данный вопрос наиболее актуален, так как предполагает решение ряда проблем, связанных с удобством и безопасностью эксплуатации промышленных объектов. В определенных программах можно рассчитать и обосновать эргономические показатели объекта. Все разработки соответствуют современным требованиям в области эргономики и технической эстетики [1,3].

Проведя профориентационную работу со школьниками на территории предприятий, преподаватели кафедры дизайна и художественной обработки материалов презентуют направления обучения по образовательным программам. В ходе живого диалога школьники задают вопросы, связанные с поступлением, гарантиями трудоустройства, социальной жизнью студентов.

В одном из Липецких предприятий реализован профориентационный проект, связанный с промышленным туризмом, цель которого показать обучающимся специфику работы предприятия [4]. Данный проект отмечен на Международном конкурсе на лучшую систему по работе с молодежью и презентован на Всероссийском форуме «Россия – страна возможностей». «Нам нужно выстроить современную профориентацию. Здесь партнерами школ должны стать университеты, научные коллективы, успешные компании. Мы продолжим укреплять целостную систему творческих способностей и талантов наших детей» – считает президент РФ В.В. Путин

Подводя итоги, касающиеся непосредственно интеграции промышленных предприятий и образовательных организаций как фактора профориентации молодежи, были сформулированы выводы:

1. Образовательным учреждениям и промышленным предприятиям необходимо интегральное взаимодействие по профориентации молодёжи.
2. Рекомендовать промышленным предприятиям создавать базовые кафедры с целью внедрения дуальной системы образования студентов всех уровней обучения.
3. Внедрять выпускные квалификационные работы и проекты, выполненные по заказам предприятий.
4. Усилить работу по организации сетевого взаимодействия в направлении сквозной подготовки специалистов для развития промышленности региона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

- 1 Е.С. Гамов. Техническая эстетика и дизайн: Методические указания. Е.С. Гамов, С.Б. Тонковид. – Липецк: Издательство Липецкого государственного технического университета, 2016 – 22 с.

2 С.М. Михайлов. Основы дизайна: учебник для вузов – Москва: Союз дизайнеров, 2002 – 404 с.

3 Б.В. Литвинов. Основы инженерной деятельности. Курс лекций Москва «Машиностроение» 2005.

4 Кукушкина В.А. Промышленный туризм как условие повышения интереса учащихся высших учебных заведений к промышленной индустрии/ В.А. Кукушкина, И.А. Боева // Сборник трудов I Международной науч.-практ. Конференции – Липецкий государственный технический университет, 2018 г. – с. 149-152.

УДК: 687.1:004.514

Буровская Ольга Максимовна, бакалавр; Burovskaya Olga Maksimovna
Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, профессор;
Kudelko Anatoliy Romanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ КЕЙСОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ «УМНОГО КОСТЮМА»

INNOVATIVE APPROACHES TO TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SUPPORT OF CASES FOR CREATING A "SMART SUIT"

Аннотация. Работа посвящена созданию концепта кейсов по сборке умного костюма, изучению вопроса их внедрения в массовые культуры фестивалей, а также созданию прототипа.

Abstract. The work is devoted to the creation of the concept of cases for the assembly of a smart suit, the study of the issue of their implementation in the popular cultures of festivals, as well as the creation of a prototype.

Ключевые слова: фестивали, костюм, электроника, IOT, Arduino, 3D.

Keywords: festivals, costume, electronics, IOT, Arduino, 3D.

Способности и возможности человека грамотно выстраивать свою линию работы и отдыха, жизнедеятельности в целом даёт достаточно высокую и эффективную продуктивность и результативность его действий.

В настоящее время большинство людей разных возрастов предпочитает проводить свободное время, отдыхать в достаточно больших компаниях, в том числе, не знакомых, вдали от цивилизации. Это, со временем, определило все большую популярность различных выездных фестивалей, конкурсов, которые проводятся с разной степенью регулярности. Каждый такой фестиваль или конкурс является концентрацией людей, желающих показать себя с той или иной стороны, свои способности преображаться, высвободить, «выплеснуть» накопившуюся энергию, обменяться ею с дру-

гими. В таких ситуациях часто значительное внимание уделяется одежде – костюму, подчеркивающему как тематику мероприятия, так и индивидуальность, оригинальность, наконец, креативность его обладателя.

В связи с этим целью работы является технико-технологическое обеспечение процессов разработки и производства кейсов – наборов деталей и электронных компонентов для формирования (сборки) «умного костюма».

Актуальность проекта обосновывается тем, что со временем фестивали развиваются, становятся масштабнее, а людям требуется больше эмоций и зрелищ. Так на этих фестивалях начали появляться люди в тематических костюмах, которых со временем становилось всё больше. Если за границей подобная сфера уже достаточно распространена и развита, а отрасль костюмов с электроникой уже работает, то в России она только начинает своё развитие, что свидетельствует о том, что ниша не занята.

Примеры фестивалей, подходящих для набора целевой аудитории:

1. Фестиваль музыки и технологий Alfa Future People
2. Фестиваль науки, технологий и искусств Geek Picnic
3. Рок-фестиваль «Нашествие»
4. VK Fest

Проект представляет Starter Kit, то есть набор, в который могут входить детали, выбранные заказчиком, необходимые датчики и инструкция по сборке. Основной целевой аудиторией будут являться посетители фестивалей по типу Burning Man, на которых костюм является одним из главных атрибутов, за них люди готовы платить во время подготовки.

Каждый костюм может иметь интерактивную составляющую, элементы ИОТ. К примеру, если костюм оснащён МИО датчиками, сигнал с них может поступать к светодиодному кругу, расположенному на груди, который начнёт «пульсировать», увеличивая и понижая яркость, а также менять цвет в зависимости от скорости сердцебиения. Для сохранения целостности костюма есть возможность подключить датчик расстояния и динамик, который издаст звук при нарушении выставленных в контроллере границ, при необходимости его можно отключить. Крылья могут быть подвижными и неподвижными, в зависимости от желания и возможностей покупателя, так как подвижные будут сложнее в сборке. В качестве сопровождающего элемента может применяться дрон, следующий за владельцем костюма.

Основа костюма будет распечатана на 3D принтере, все необходимые материалы для его дополнительного украшения можно будет заказать там же, где и кейс. К примеру, это может быть фоамиран – лёгкий и мягкий материал, поддающийся деформации под невысокой температурой, имеет разную толщину и плотность. Рассмотрим, из каких деталей может состоять кейс: крылья, нагрудная броня наручи, меч и другие виды оружия, шлем, нательный доспех и различные украшения отдельными частями, доспехи на ноги.

Все части костюма могут быть выбраны и кастомизированы покупателем. На рисунках ниже представлены модели некоторых из частей костюма.

Далее разберём электронную составляющую. В зависимости от задумки, пользователь закупает электронику, которой хочет оснастить костюм. Перечислим некоторые элементы, которые возможно задействовать: МИО-датчики, датчик расстояния и пьезодинамик, Arduino, Raspberry, датчик считывания мозговой активности, светодиоды и светодиодная лента, сервоприводы, датчик влажности, датчик температуры, дисплеи и т.д. Для представления будет предоставлен пример уже собранного костюма.

На рисунках 3 и 4 представлена структурная схема сборки электронных частей костюма и блок-схема программы.



Рисунок 1 – Модель крыльев



Рисунок 2 – Модель меча

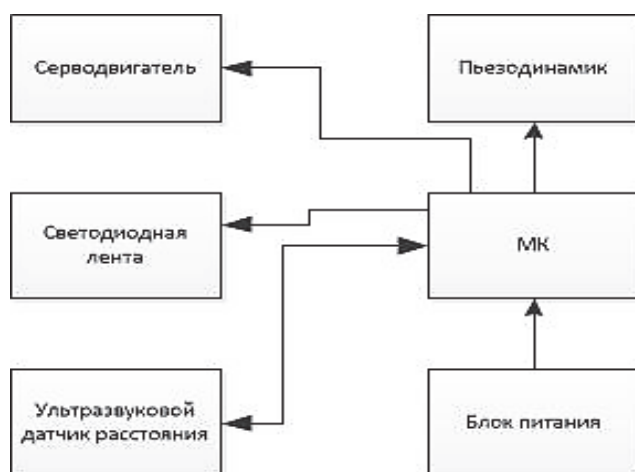


Рисунок 3 - Структурная схема подключения небольшого костюма

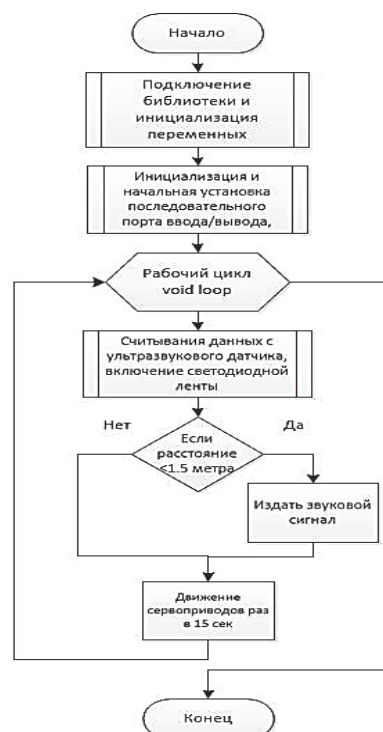


Рисунок 4 – блок-схема программы

На основе этой схемы был собран костюм с подвижными маленькими крыльями на ободке, системой оповещения о приближении объекта или человека к костюму, а также подсветкой крыльев.

Такая комплектация позволит собрать несложный умный костюм, пример работы которого был описан ранее. Процессная модель создания набора представлена на рисунке 5.

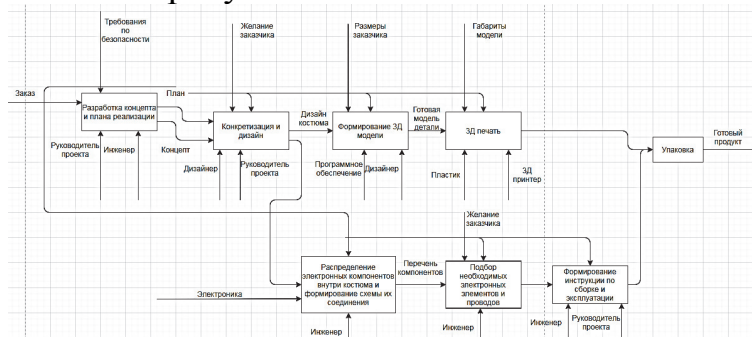


Рисунок 5 - Процессная модель создания костюма

По завершении предполагается осуществление продажи кейсов через сервис. При удачном запуске проекта фестивали должны будут наполниться яркими и технологичными образами, а отрасль костюмов с электронной составляющей начнёт своё активное развитие в широких массах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Momondo [Электронный ресурс] / URL: <https://www.momondo.ru/discover/letnie-festivali-rossii> (Дата обращения 20.03.2021).
- 2 ARDUINOMASTER [Электронный ресурс] / URL: <https://arduinomaster.ru/> (Дата обращения 20.03.2021)
- 3 Хабр [Электронный ресурс] / URL: <https://habr.com/ru/post/490460/> (Дата обращения 24.03.2021).

УДК 004.021

Ворощенко Василий Даниилович, бакалавр; Voroschenko Vasiliy Daniilovich
Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Gorkavyi Mikhail Alexandrovich
Комсомольский-на-Амуре Государственный Университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА

OPTIMIZATION OF INDIVIDUAL PARAMETERS OF THE ROBOTIC PROCESS

Аннотация. Предлагается алгоритм, позволяющий оптимизировать последовательность изготовления классов деталей в рамках технологического процесса в соответствии с заданием и при минимизации затрат электрической энергии. Алгоритм может использоваться в качестве основы при раз-

работке имитационной модели роботизированного процесса в целях повышения его эффективности.

Abstract. An algorithm is proposed that allows you to optimize the sequence of manufacturing parts classes within the technological process in accordance with the task and the lowest consumption of electrical energy. The algorithm can be used as a basis for developing a simulation model of a robotic process in order to improve its efficiency.

Ключевые слова: алгоритм, оптимизация, электроэнергия, роботизированный процесс, эффективность, производительность, сварка.

Keywords: algorithm, optimization, electrical energy, robotic process, efficiency, productivity, welding.

Одними из параметров эффективности роботизированного сварочного процесса являются: электрическая энергия, потребляемая роботами-манипуляторами и производительность всего комплекса, определяющая возможность изготовления необходимого количества деталей за технологический цикл.

Эти параметры зависят от точки позиционирования свариваемой детали в рабочей области робота-манипулятора, то есть для каждого класса деталей существует оптимальная позиция (по времени и/или электроэнергии) в рабочей зоне робота. Алгоритм расчета энергопотребления в зависимости от точки позиционирования представлен в [1]. Таким образом, представляется возможным определить позицию, характеризующуюся минимальными энергозатратами и затратами по времени.

В результате работы предлагаемого алгоритма должен сформироваться двумерный массив, в котором первая строка определяет класс, вторая, третья и четвертая координаты точки позиционирования детали по X, Y и Z соответственно. Входом является количество деталей необходимых классов (na, nb, nc и т.д.), сроки изготовления заказа t и матрица позиций с соответствующими значениями энергопотребления и затратами по времени каждого класса деталей (пример представлен в таблице 1). Для каждого класса формируется собственная матрица, название класса определяется наименованием массива, первые три строки определяют координаты по X, Y и Z, четвертая и пятая затраты на электроэнергию и время.

Таблица 1 – матрица позиций с соответствующими значениями

X	10	10	10	10	11	11	11	11
Y	24	25	26	27	24	25	26	27
Z	5	10	5	10	5	10	5	10
Энергоэнергия E кВт*ч	0,5	0,6	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
Время T, мин.	4	4	5	5	7	6	5	4

После получения необходимых данных алгоритм начинает свою работу (рисунок 1).

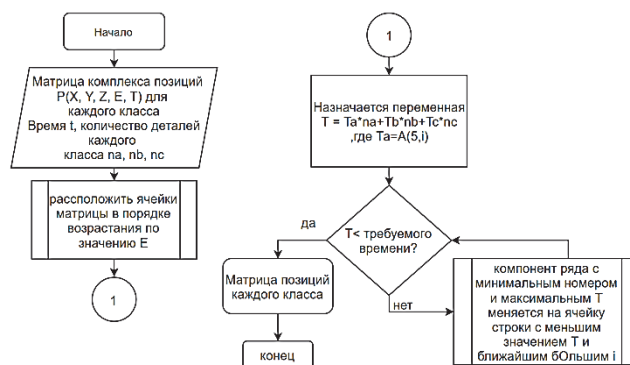


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма по поиску оптимальных позиций

Далее все столбцы матриц позиций расставляются в порядке возрастания значений затрат электроэнергии, полученные данные записываются в те же массивы, чтобы в дальнейшем фиксировать координаты точек позиционирования соответствующие минимальным затратам электроэнергии. Затем алгоритм начинает свою работу. Сначала формируется переменная T – это суммарное время изготовления всех деталей, которая вычисляется из ячеек первых столбцов матриц позиций со значениями затрат времени, они хранятся в переменных с названиями: T_a , T_b , T_c , где их индексы определяют принадлежность к классу. Поскольку позиции уже расставлены в порядке, описанном выше, то это время соответствует позиции с минимальными затратами энергии изготовления детали. Затем проверяется условие: если T меньше требуемого времени изготовления заказа, то формируется матрица позиций деталей каждого класса, как было указано выше, из координат, которые входили в столбцы с ячейками значений затрат времени, из которых было рассчитано T . То есть если в момент удовлетворения условия значение T_a соответствовал индекс (5,1), T_b – (5,2), а T_c (5,4), то в конечную матрицу будут направлены значения координат класса A из первого столбца матрицы позиций этого класса, для класса B из второго столбца, а для класса C из четвертого. Иначе одна из переменных T_a , T_b и T_c , чье значение столбца и собственное значение больше других, меняется на следующую ячейку той же строки в своей матрице, но меньшую по значению. А затем алгоритм возвращается к проверке выше приведенного условия.

Таким образом, вначале проверяется можно ли за требуемое время изготовить детали в позициях с минимальными затратами электроэнергии, и если нет, то проверяется возможность изменения позиции одного из классов, путем уменьшения времени изготовления, одновременно увеличивая расход электроэнергии на ближайшее большее значение по отношению к изначальному. Следовательно, алгоритм будет производить выборку позиций, при которых детали будут изготовлены в срок, и с минимальными затратами электроэнергии, поскольку перебор позиций происходит от минимальной по затратам электроэнергии к максимальной.

Также стоит отметить, что приведенный способ не универсален и эффективен при заказах с примерно равным и небольшим количеством деталей. Влияние такого алгоритма на производственный процесс можно вы-

разить в уменьшении расходования электроэнергии на обеспечение работы роботов-манипуляторов, отвечающих за позиционирование, и поддержании необходимого уровня производительности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Горькавый М.А. Алгоритмы поиска энергоэффективного положения комплекса траекторий движения промышленного робота в составе технологического процесса / Горькавый М.А., Ефимов А.Ю., Егорова В.П., Соловьева В.А. // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2021. Т. 64. № 1. С. 84-91.

2 Программа оптимизации комплекса траекторий движения и повышения энергоэффективности промышленного робота, входящего в состав автоматизированного технологического процесса/ Горькавый М.А., Ефимов А.Ю., Болдырев В.В., Егорова В.П. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020664545, 13.11.2020. Заявка №20200617707 от 14.07.2020.

УДК 65.011.27

Грабарь Даниил Михайлович, студент; Grabar Daniil Mikhailovich
Куделько Анатолий Романович, канд. техн. наук, профессор;
Kudelko Anatoly Romanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ СЕТИ СКБ КНАГУ

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE STATE AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF THE SKB KNASTU

Аннотация. Работа посвящена анализу и оценке состояния, и перспектив развития сети студенческих конструкторских бюро (СКБ) в Комсомольском-на-Амуре государственном университете (КНАГУ). В статье рассмотрены и рассчитаны целевые показатели эффективности инновационной деятельности. Научная новизна заключается в изучении нынешнего состояния структуры сети СКБ, определении недостатков и предложений по развитию сети СКБ КНАГУ. В работе выявлены и охарактеризованы целевые показатели эффективности инновационной деятельности в сети СКБ КНАГУ и предложены пути устранения существующих проблем.

Abstract. The work is devoted to the analysis and assessment of the state and prospects of development of the network of student design bureaus (SDB) at Komsomolsk-on-Amur State University (KNASU). The article considers the target indicators of the effectiveness of innovation activities. The scientific novelty consists in studying the current state of the structure of the SKB network, identifying shortcomings and offering prospects for the development of the

KNASU SDB network. As a result of the work, the target indicators of the effectiveness of innovation activities in the KNASU SDB network were identified and characterized, and methods for eliminating current problems were proposed.

Ключевые слова: инновации, анализ, оценка состояния, управление инновационной деятельностью, целевые показатели.

Keywords: innovation, analysis, assessment of the state, innovation management, targets.

Научно-исследовательская, проектная и другая творческая деятельность студентов вузов, реализуемая как в рамках основной образовательной программы, так и за ее пределами, является важным компонентом процесса подготовки и в значительной степени определяет качество и стартовые возможности будущих выпускников.

Сеть студенческих конструкторских бюро (СКБ), деятельность которой рассматривается ниже, является структурным подразделением ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» и которая является компонентом структуры отдела по организации проектной работы обучающихся (ОПРО), созданного в университете в 2018 году. Отдел ОПРО ориентирован на достижение следующих целей:

- развитие и/или совершенствование системы проектной и научно-исследовательской работы студентов, аспирантов и лиц других категорий, например, обучающихся в университете потенциальных абитуриентов по программам дополнительного образования;
- сохранение существующих и создание новых университетских традиций и форм научной, творческой и инновационной деятельности молодежи, формирование компонентов инновационной культуры университета.

Кроме того, результатами отдельных проектов, которые реализуются в подразделениях сети, являются или могут стать предпосылки формирования малых инновационных предприятий, создаваемых будущими выпускниками университета.

Одними из главных целей СКБ являются участие в научно-технических, научно-производственных и других конкурсных программах, а также работа с учреждениями среднего профессионального образования для привлечения наиболее подготовленных будущих потенциальных абитуриентов в университет. Благодаря участию в научно-технических конкурсных программах, СКБ позволяет повышать статус университета на всероссийском уровне. Так, на сайте международной олимпиады «IT-Планета», университет является частым победителем различных конкурсов и в рейтинге победителей занимает 2-е место. Студенты, участвующие в работе подразделений сети СКБ, занимаются также созданием и конструированием различных технических решений для их дальнейшего внедрения на рынок и/или в производство, ряд из них являются патентоспособными.

При этом, необходимо отметить, что число успешных проектов, реализованных в сети СКБ является крайне недостаточным. С целью идентификации причин такого положения дел, выявления признаков обозначен-

ной проблемы и были проведены анализ и оценка состояния и перспектив развития сети СКБ. Для анализа и оценки принято решение рассчитать показатели, характеризующие эффективность управления инновационными процессами и процессами создания инновационных решений.

Расчёт целевых показателей эффективности управления инновационными процессами использованы данные, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Данные для расчёта целевых показателей

Наименование	Значение
Количество предложений, поступивших от персонала, включенных в инновационный портфель	20
Общая численность персонала компании	180
Количество завершённых проектов	13
Количество поступивших на включение заявок	25
Общее количество принятых к реализации проектов	35
Количество успешных инновационных проектов	15

В качестве целевых показателей используются представленные ниже коэффициенты:

- Коэффициент результативности внесения инновационных предложений P , который определяется по формуле (1):

$$P = \frac{K}{p} * 100\%, \quad (1)$$

где K – количество предложений, поступивших от студентов и включенных в инновационный портфель; p – общая численность членов сети СКБ.

- Коэффициент включения заявок в инновационный портфель $ИП$ рассчитывается по формуле (2):

$$ИП = \frac{N}{M} * 100\%, \quad (2)$$

где N – количество завершённых проектов; M – количество предложений, поступивших на включение в инновационный портфель заявок.

- Коэффициент реализации инновационного портфеля K_P находится по формуле (3):

$$K_P = \frac{N_3}{N_{ПП}} * 100\%, \quad (3)$$

где N_3 – количество завершённых проектов; $N_{ПП}$ – общее количество принятых к реализации проектов.

- Коэффициент результативности инновационного процесса $KP_{ИП}$ находится по формуле (4):

$$KP_{ИП} = \frac{N_Y}{N_{ПП}} * 100\%, \quad (4)$$

где $N_{ПП}$ – общее количество принятых к реализации проектов; N_Y – количество успешных инновационных проектов, то есть инновационных проектов, фактический финансовый результат от реализации которых равен прогнозу или превышает его.

Результаты расчётов целевых показателей эффективности управления инновационным процессом, реализованных с использованием формул (1), (2), (3) и (4), представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчётов целевых показателей эффективности управления инновационными процессом

Целевые показатели (наименования коэффициентов)	Значения коэффициентов, %	Вес	Оценка
Коэффициент результативности внесения инновационных предложений	11,1	0,1	-1
Коэффициент включения заявок в инновационный портфель	52,0	0,2	1
Коэффициент реализации инновационного портфеля	37,1	0,3	0
Коэффициент результативности инновационного процесса	42,9	0,4	1

Значения весовых коэффициентов определяются степенью значимости каждого конкретного параметра. Сумма значений всех весовых коэффициентов должна равняться 1.

На основе полученных данных, представленных в таблице 2, можно сделать вывод о том, что в сети СКБ КнАГУ имеются проблемы получения и использования инновационной продукции. Каждый конструктор имеет право формировать и реализовывать свой проект, который в итоге включается в инновационный портфель. Здесь следует отметить, что большая часть проектов, как правило, не выходит из стадии зарождения идеи. Данная проблема приводит к неэффективному распределению ресурсов как внутри сети СКБ, так и университета в целом.

В качестве одного из направлений решения проблемы предлагается внедрение автоматизированной системы контроля проектов и ужесточение требований отбора проектов в инновационный портфель сети СКБ университета.

Кроме того, руководству сети СКБ, отдела организации проектной работы обучающихся, университета в целом необходимо активизировать работу по формированию и эффективному функционированию:

- малых инновационных предприятий, создаваемых на базе отдельных разработок и/или отдельных инновационных направлений деятельности подразделений сети СКБ;
- связей университета и его отдельных подразделений с бизнесом в вопросах развития и повышения как результативности, так и эффективности совместной инновационной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Куделько, А.Р. Место и сферы деятельности университета в структуре территориальной инновационной системы / А.Р. Куделько, Ю.В. Ляпустина // Проблемы высшего образования: материалы Международной научно-методической конференции. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2018. – С. 29 – 33.

2 Куделько, А.Р. Перспективы и направления развития сети СКБ КнАГУ как источника (инкубатора) промышленных продуктовых и технологических инноваций / А.Р. Куделько, Д.М. Грабарь // Производственные

технологии будущего: от создания к внедрению: материалы IV Международной научно-практической конференции. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021 (в печати).

З Беркун, С. Откуда берутся гениальные идеи? 10 мифов об инновации / С. Беркун. – СПб.: Питер, 2011. – 208 с.

УДК 65.3977

Житников Александр Алексеевич, студент; Zhitnicov Alexander Alekseevich
Болдырев Владислав Вячеславович, старший преподаватель;
Boldyirev Vladislav Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЕАМ НА ПРЕДПРИЯТИИ

IMPLEMENTATION OF THE EAM SYSTEM INTO THE ENTERPRISE

Аннотация. В данной работе будут рассматриваться специфика внедрения ЕАМ-систем на предприятии, повышение эффективности, тенденции развития и внедрения технологии. Так же рассмотрим проблему и пути решения этой проблемы.

Abstract. This paper will consider the specifics of the implementation of EAM systems at the enterprise, increasing efficiency, trends in the development and implementation of technology. We will also consider the problem and ways to solve this problem.

Цель: Управление физическими активами, рисками и расходами на протяжении всего жизненного цикла. Оптимизация режимов их работы,

Задачи: Внедрение системы ЕАМ на предприятие, оценка плюсов и минусов ЕАМ в работе. Управление основными фондами предприятия

Актуальность: В период реформирования электроэнергетики одной из главных задач является повышение эффективности бизнес-деятельности предприятий.

В 2016 году на заводе КнААЗ число композитных деталей Т-50 в разы превышало количество деталей Су-30МК2 и Су-35С. Трудоемкость возросла в 8 раз. Большинство деталей изготавливается вручную. Для автоматизации производства было предложено изменить технологическую цепочку изготовления деталей из полимерных композиционных материалов. Выполнить эту работу планируется за счет применения специализированного программного обеспечения для послойного проектирования деталей; автоматизированного раскрытия слоев материала на современном плоттере; прецизионной разметки контура слоев с помощью лазерного проектора.

Что такое ЕАМ-система?

ЕАМ-система – система управления основными фондами предприятия, техническим обслуживанием и ремонтами. Ориентация системы

направлена на техническое обслуживание, сокращение затрат, ремонт и материально-техническое обеспечение без потери надёжности продукта. С помощью системы ЕАМ можно минимизировать простой оборудования, сократить затраты на техобслуживание ремонты и материально техническое снабжение.

Таблица 1 - Основные достоинства и недостатки ЕАМ -систем

Достоинства	Недостатки
Оптимизация затрат на производство	В некоторых случаях может быть нестыковка модулей программного обеспечения, и будет нужна доработка программного кода
сокращение затрат, ремонт и материально-техническое обеспечение	Дороговизна интеграции
Внедрение безбумажной системы	Сложность реализации внедрения системы в работу предприятия
Увеличение срока службы оборудования	
Повышение производительности труда ремонтных служб	
Увеличение производительности оборудования	

Проблема: Зачастую учет производственных активов остается не автоматизированным, учет на разных предприятиях одной направленности часто различается. Так что с точки зрения обслуживания активов получается не одна компания, а несколько. Так как каждое предприятие предоставляет информацию для единой системы ERP, то могут возникнуть сложности с обработкой неунифицированной информацией

Решение: ЕАМ система помогает выстроить единую политику управления производственными активами и организовать передачу унифицированных данных в ERP. Это в свою очередь дает возможность оптимизировать затраты на обслуживание активов.

Ожидаемые результаты:

Оптимизация производственных затрат. Увеличение срока службы оборудования. Повышение производительности труда служб по ремонту. За счет легкости проведения анализа по стоимости владения оборудованием (закупочная цена, стоимость обслуживания и простоев), возможность выбрать оптимальное оборудование при покупке. Снижение затрат от 10 до 40%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ЕАМ-перспективная технология управления фондами и активами предприятия [Электронный ресурс] – Электрон. Текстовые данные-Режим доступа: <http://www.e-m.ru/er/2006-05/22954/>.

2 ЕАМ-система, ориентированная на сокращение затрат, связанных с обслуживанием оборудования [Электронный ресурс] – Электрон. Текстовые данные-Режим доступа: <http://pro-spo.ru/erp/2069-eam->.

3 ЕАМ-системы [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Enterprise_asset_management.

УДК 332.05

Камаров Бахтовар Нозимович, студент: Kamarov Bakhtovar Nozimovich

Куделько Анатолий Романович, кандидат наук, профессор;

Kudelko Anatoly Romanovich

ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре Государственный Университет

ВНЕДРЕНИЯ 3D ПЕЧАТИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕБЕЛИ В МЕБЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ "БИСОТ"

INTRODUCTION OF 3D PRINTING FOR THE MANUFACTURE OF FURNITURE IN THE FURNITURE COMPANY "BISOT"

Аннотация. Целью работы является формирование инновационных мероприятий, ориентированных на производство и реализацию качественной мебели, доступной разным категориям потребителей в городе Душанбе. Рассмотрены особенности внедрения 3D-печати для изготовления мебели в компании «Бисот». Нововведение позволяет повысить эффективность работы предприятия, формирует предпосылки, тенденции внедрения и развития новых технологий производства мебели.

Abstract. The aim of the work is to form innovative measures aimed at the production and sale of high-quality furniture available to different categories of consumers in the city of Dushanbe. The features of the introduction of 3D printing for the manufacture of metal in the company "Bisot" are considered. Innovation allows to increase the efficiency of the enterprise, forms the prerequisites, trends in the introduction and development of new technologies for the production of furniture.

Ключевые слова: мебельное производство, инновационные стратегии, 3D-печать, повышение эффективности.

Keywords: furniture manufacturing, innovative strategies, 3D printing, efficiency improvement.

Мебельная продукция различного ассортимента и высокого качества, играя важную роль в жизни каждого человека, пользуется значительным спросом в городе Душанбе, что, в определенной степени, определяет актуальность работы.

Основными проблемами рассматриваемой в работе мебельной компании «Бисот», которая находится и работает в столице Таджикистана Душанбе, в настоящее время является то, что, в связи с известными ограничениями, отсутствует возможность приобретения зарубежных образцов современного эффективного оборудования производства мебели, а имеющееся оборудование характеризуется недостаточной производительностью и недостаточными потребительскими свойствами выпускаемой продукции. Кроме того, как следует из таблицы 1, актуальным для компании является увеличение объемов производства и реализации ряда компонентов (наименований) мебельной продукции.

Таблица 1. Выручка компании «Бисот» за последние два года

№№ п/п	Наименования продукции	Объемы реализации (продаж), сомони	
		2019 год	2020 год
1	Кресла	8601	8700
2	Диваны	17322	19400
3	Стол	11250	9400
4	Парты	7896	7600
5	Тумбы	11000	6000
6	Шкафы-купе	7985	8100
7	Кровати	4501	2900
Итого:		68555 (465841 руб.)	62100 (421978 руб.)

В связи с этим, основной целью работы является обоснованное формирование и планирование реализации инновационных мероприятий по повышению качества и потребительских характеристик и увеличению объемов производства и реализации мебельной продукции в Душанбе.

В качестве одного из таких мероприятий (инновационных стратегий) предлагается использование 3D-печати при изготовлении как отдельных наименований продукции в целом (стулья, столы и т.п.), та и отдельных компонентов мебели достаточно больших габаритных размеров, например, шкафы-купе.

3D-печать – это, по сути, технология создания детали или изделия путем наслоения материала по одному слою за одну операцию наслоения. Для печати конкретного мебельного изделия или его отдельного компонента можно использовать аддитивное строительное оборудование – 3D-принтеры. Для различных видов производства существуют различные типы 3D-принтеров. Печатающая головка принтера движется по траектории и наносит расплавленный материал, наращивая деталь слой за слоем. После затвердевания слои «слипаются». В результате, получается готовый продукт.

Метод позволяет изготавливать детали практически любой геометрии. Для печати в основном используются пластмассы и металлы. Пластмассы являются более популярными и используются практически в любой отрасли. Следует отметить, что существует огромное количество видов пластика с различными свойствами и характеристиками. Кроме того, каждый год появляются материалы с новыми свойствами. Это определяет целесообразность проведения дополнительных исследований и разработок, ориентированных на формирование различных направлений (стратегий) производства мебельной продукции.

Использование предлагаемой стратегии делает возможным расширение номенклатуры производимой предприятием продукции. В частности, использование аддитивных технологий в сочетании с 3D-принтерами определяет целесообразность освоения мебельной продукции для детей – детских дошкольных учреждений, детских уголков различных развлекательных, образовательных и других подобных учреждений.

В таблице 2 представлены основные преимущества и недостатки использования 3D-печати при производстве мебельной продукции.

Таблица 2 - Преимущества и недостатки 3D-печати

Преимущества	Недостатки
Увеличение количества и расширение номенклатуры выпускаемой продукции	Возможны незначительные дефекты при производстве
Уменьшение количества сотрудников на предприятии	Дороговизна внедрения технологии на предприятия
Повышение качества продукции, сокращение количества отходов	Ограничения возможностей оборудования
Ускорение процессов выполнения планов предприятия – рост производительности труда	

Реализация предлагаемых инновационных мероприятий позволит снизить затраты на производство, повысить его эффективность, производство как процесс становится полуавтоматическим, более простым, и надежным. После внедрения инновации ожидается что годовой доход рассматриваемой компании может вырасти на значение, составляющее порядка 30%.

В заключении можно сказать, что вложенные на покупку и установку оборудования, реализующего 3D-печать, средства окупятся. Внедрение системы также облегчит производство компонентов, которые сложны в производстве при обычной обработке дерева.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Преимущества и недостатки 3D печати: <https://i3d.ru/blog/detail/chto-takoe-3d-pechat-nedostatki-i-preimushchestva-3d-pechati/#:~:text=3D-печать%20-%20это%20создание%20детали,производства%20существуют%20разные%20виды%203D-принтеров.>

2 Официальный сайт мебельной компании «Бисот»: <http://bisot.tj/o-nas/>.

УДК 658.51

Кузнецова Алёна Александровна, студент; Kuznecova Alena Aleksandrovna
Бажеряну Виктория Васильевна, аспирантка; Bazheryanu Viktoriya Vasilevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТА ПРИ ВНЕДРЕНИИ МЕТОДОЛОГИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ

OPTIMIZATION OF DOCUMENT CIRCULATION WHEN IMPLEMENTING LEAN PRODUCTION METHODOLOGY AT THE ENTERPRISE

Аннотация. В статье описаны основные элементы концепции бережливого производства и проведен анализ результатов внедрения системы электронного документооборота в АО «Почта России» в рамках ее реализации.

Abstract. The article describes the main elements of the lean manufacturing concept and analyzes the results of the implementation of the electronic document management system at FSUE Russian Post as part of its implementation.

Ключевые слова: бережливое производство, оптимизация.
Keywords: lean manufacturing, optimization.

Оптимизация трудовой детальности человека –одна из актуальнейших прикладных задач, решение которой находится на стыке техники, технологий и науки [1, 2, 3, 4, 7]. Согласно принципам школы научного управления Фредерика Тэйлора основой эффективного управления является научное изучение каждого вида трудовой деятельности. Сегодня на основе этого принципа реализуются большинство человеко-машинных систем [5, 6]. Именно работа операторов, обрабатывающих большое количество различных документов, является одним из наиболее интересных с точки зрения оптимизации процессов. Поэтому объектом исследования в рамках настоящей работы была выбрана система документооборота АО «Почта России», а предметом – ее оптимизации при внедрении методологии бережливого производства.

Цель проводимого исследования – оценить эффективность внедрения системы автоматизации процессов документооборота на предприятии в ходе реализации проекта по глобальному переходу на новое программное обеспечение.

С середины прошлого века на основе передовых практик сформировалась концепция бережливого производства. Первоначально она возникла в отраслях с дискретным производством и была нацелена прежде всего на автомобилестроение. Однако вскоре методология бережливого производства стала внедряться и в непрерывном производстве, и в коммунальном хозяйстве, и в торговле, и даже в армии и государственном секторе.

Внедрение бережливого производства дает возможность сократить расходы ресурсов, что приводит к снижению себестоимости продукции и услуг, а также перспективы на дальнейшее стратегическое развитие. В управлении предприятия главная цель уменьшения расходов, увеличение доходов, бережливое производство дает возможность реализовать эти цели. Начало концепции бережливое производство берется из принципов компании «Toyota», минимальные сроки, высокое качество, низкие потери. Выделив 7 видов потерь и найдя способ их избежать, создатель производственной системы добился снижения расходов.

Внедрение методологии бережливого производства в ФГУП «Почта России» началось в 2016 году. В результате проведенного анализа установили, что основными источниками потерь являлись большой объем бумажного документооборота. По итогам открытого конкурса в качестве платформы для создания масштабируемой системы документооборота была выбрана программа «1С:Документооборот».

Правильный подход к документообороту одна из задач эффективного менеджмента. В предприятие учувствуют три типа документов: первый и второй это входящая и исходящая корреспонденция, содержащая в себе запросы, требования от предприятия к третьим лицам, а также от различных органов и третьих лиц к предприятию. Сроки исполнения данных до-

кументов определяется законодательно либо промежутком времени, указанным в самом письме.

Третий тип: внутренняя документация. Создается и работает внутри организации, используется для четкой работы предприятия. Переписка между структурными подразделениями, распоряжения руководителя, а также документация, считающаяся основанием для создания исходящей корреспонденции. Сроки нормируются актами, внутренними документами.

Каждый документ содержит определенный атрибут, общие и специальные реквизиты, именно это делает их официальной бумагой.

В качестве инструмента для реализации методологии бережливого производства была выбрана система 5S - 5 взаимосвязанных принципов организации рабочего места (сортируй, систематизируй, стандартизируй, содержи в чистоте и совершенствуй). В результате выяснилось, что на предприятии реализуется 510 различных вариантов процессов обработки документов. Внедрение системы позволило сократить их до 7 стандартных.

Сегодня единая система электронного документооборота объединяет все 86 филиалов и более 1000 обособленных структурных подразделений АО «Почта России». За последний год доля бумажных документов сократилась с 36% до 3% от общего объема. На сегодня электронный документооборот практически полностью заместил на предприятии бумажный. Это позволило сократить время исполнения запросов по подбору документов на 50%, снизить трудозатраты по обработке документов на 10% и значительно сократить сроки согласования, повысить контроль исполнения.

Проведенный анализ процесса оптимизация документооборота при внедрении методологии бережливого производства на АО «Почта России» показал высокую эффективность внедренной системы электронного документооборота. Сегодня ежедневно в системе создается более 5000 документов. Это позволяет надеяться, что система станет платформой для глобальной цифровой трансформации

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гончарова С.А., Зайченко И.В. Эргономика рабочего места, сиденья и её значение для оптимизации трудовой деятельности человека // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы международной научно-практической конференции. С.В. Белых (отв. ред.). 2017. С. 77-78.

2 Гончарова С.А., Зайченко И.В. Алгоритм расчёта рациональной формы роботизированного сиденья и оценка комфортности // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. 2018. С. 259.

3 Гончарова С.А., Зайченко И.В. Разработка роботизированного корпектора с автоматически изменяющимся профилем для повышения качества работы сотрудников на производстве // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 285-288.

4 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.

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.

6 Burkov A.F., Zaychenko I.V., Goncharova S.A. Development of a comprehensive criterion for evaluating the ergonomics configuration of the seat // 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", EastConf 2019. 2019. С. 8725313.

7 Финогеев М.А., Куделько А.Р. Инновационный подход к управлению организационной культурой хозяйствующего субъекта, ориентированный на повышение эффективности его функционирования // молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 3 ч.. Комсомольск-на-Амуре, 2020. С. 199-201.

УДК 004.047

Левенко Кирилл Евгеньевич, студент; Levenko Kirill Evgenevich
Болдырев Владислав Вячеславович, старший преподаватель;
Boldyrev Vladislav Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВЫБОРА МЕТОДИКИ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ СКЛОННОСТИ К БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА

DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT MODULE FOR CHOOSING A METHOD FOR EARLY DIAGNOSIS OF ALZHEIMER'S DISEASE PROPENSITY

Аннотация. В данной работе были рассмотрены основные методики ранней диагностики болезни Альцгеймера, выделены основные характеристики влияющие на выбор методики, создан опросник и экспертный алгоритм для подбора индивидуального метода раннего диагностирования БА.

Abstract. In this paper, we will consider the main methods of early diagnosis of Alzheimer's disease, analyze the main characteristics that affect the choice of methods, create a questionnaire and an expert algorithm for selecting an individual method for early diagnosis of AD.

Ключевые слова: болезнь Альцгеймера, алгоритм, БА (болезнь Альцгеймера), методики диагностирования, опросник.

Keywords: Alzheimer's disease, algorithm, AD (Alzheimer's disease), diagnostic methods, questionnaire.

Болезнь Альцгеймера – наиболее распространенная форма слабоумия. При ней клетки головного мозга постепенно отмирают, вызывая прогрессирующее ухудшение памяти, мышления и других психических функций. Это неизлечимое заболевание, при котором клетки головного мозга (нейроны) и связи между клетками (синапсы) постепенно атрофируются, вызывая снижение памяти, мышления и других психических функций. Как правило, болезнь Альцгеймера обнаруживается у людей старше 65 лет, но есть и ранняя болезнь Альцгеймера, которая встречается в 30-40 лет. Считается, что развитие болезни Альцгеймера связано с сочетанием таких факторов, как возраст, генетическая предрасположенность, образ жизни, особенности окружающей среды.

Для создания модуля принятия решения выбора методики ранней диагностики склонности к БА были выделены их основные виды и их характеристики, которые влияют на принятие решения.

1. Генетический тест на нейродегенеративные процессы.

Суть данного теста заключается во взятии пробы генетического материала у испытуемого и определении в данном материале дефектов, расположенных в 1, 14, 21 хромосоме.

Основные характеристики данного метода, использованные для создания алгоритма приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные Характеристики

Характеристика	Оценка характеристики
Наличие у ближайших родственников (родителей) болезней, связанных с нейродегенеративными изменениями в мозге	да/нет
Наличие у испытуемого тяжелых форм хронических заболеваний (сердечно-сосудистые патологии, сахарный диабет, ожирение и т.д.).	да/нет

2. Проведение исследования спинномозговой жидкости (ликвора), проба которой берётся из спинного мозга. Далее проводится ее анализ на аномальное содержание таких белков как:

1. амилоидный белок (бета-амилоид) в низком количестве;
2. тау-протеин (высокий уровень).

Основные характеристики данного метода, использованные для создания алгоритма приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Основные Характеристики

Характеристика	Оценка характеристики
Перенесённые в течении 2-3 недельного периода нейроинфекций	да/нет
Переносимые в данный момент черепно-мозговые травмы	да/нет

3. Компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ)

Проведение КТ при болезни Альцгеймера позволяет обнаружить следующие изменения:

1. патологическое увеличение объема желудочков головного мозга;
2. атрофические изменения коры больших полушарий;
3. уменьшение объема гиппокампа мозга.

Эти отклонения говорят о поражении мозга и обосновывают клинические проявления патологии.

МРТ также помогает выявить наличие атрофических изменений в гиппокампе и других зонах мозга. Локализация патологических процессов позволяет дифференцировать заболевание Альцгеймера от других похожих заболеваний.

Основные характеристики данного метода, использованные для создания алгоритма приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные характеристики

Характеристика	Оценка характеристики
Наличие опухолей	да/нет
Перенесенные инсульты	да/нет

4. Анализ крови на бета-амилоид

Суть метода заключается в выявлении в плазме крови человека бета-амилоидов, которые в нормальных условиях не должны присутствовать в крови. Основные характеристики данного метода, использованные для создания алгоритма приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные характеристики

Характеристика	Оценка характеристики
Наличие бессонницы	да/нет

По итогу были определены основные характеристики каждой из методик, влияющих на выбор и на их основе был создан опросник с помощью, которого был разработан и сам алгоритм. Данный опросник представлен в таблице 5

Таблица 5 - Основные параметры

Вопрос	Ответ
1. Имеются ли у ваших родителей нейродегенеративные расстройства?	да/нет или
2. Имеются ли у вас тяжелые формы хронических заболеваний (сердечно-сосудистые патологии, сахарный диабет, ожирение)?	да/нет или
3. Переносили ли вы в течении 2-3 недельного периода нейроинфекции (энцефалит, миелит, менингит)?	да/нет или
4. Переносите ли вы в данный момент черепно-мозговые травмы?	да/нет или
5. Имеются ли у вас опухоли головного мозга?	да/нет или
6. Переносили ли вы инсульты?	да/нет или
7. Имеется ли у вас бессонница?	да/нет или

Ниже представлен экспертный алгоритм, который основывается на данных опросника (рисунок 1).

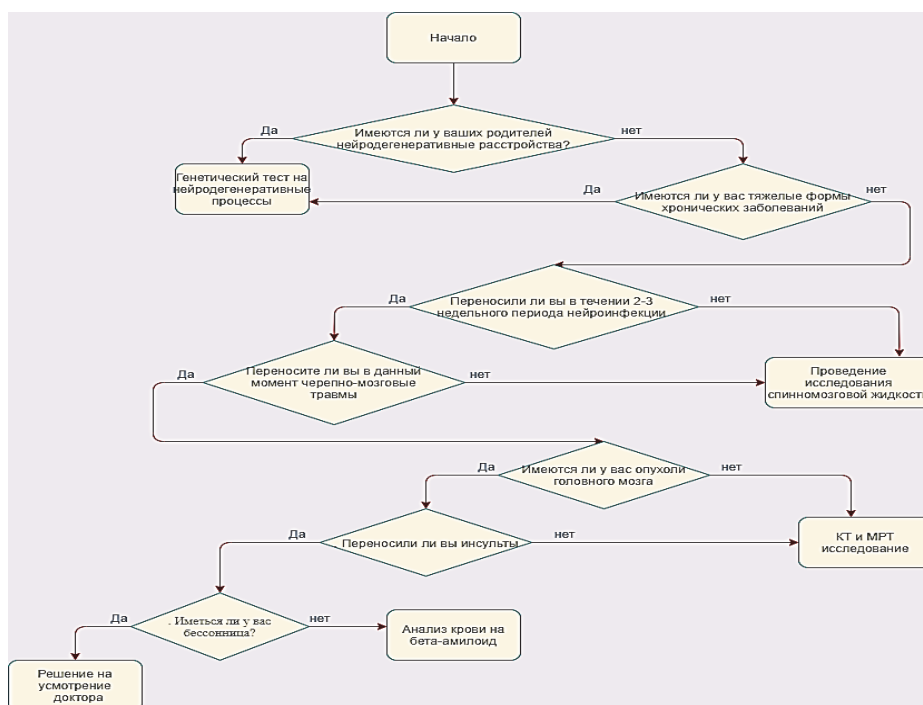


Рисунок 1 – Экспертный алгоритм принятия решения

Работа данного алгоритма заключается в том, что врач на основе данных опросника проводит их анализ, проводя через данный алгоритм и в результате алгоритм выдает наиболее подходящий метод, но при этом сам выбор остается за врачом.

По итогу проделанной работы были проанализированы основные методики диагностирования БА их характеристики, влияющие на выбор той или иной из них, и разработан экспертный алгоритм помощи в принятии решения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Официальный сайт «Лабораторная служба Хеликс» [Электронный ресурс] – Режим свободного доступа: <https://helix.ru/kb/item/18-072> / Свободный доступ;

2 Официальный сайт «Деменция» [Электронный ресурс] – Режим свободного доступа: <https://demenciya.ru/altsgejmer/analiz-na-bolezn-altsgajmera> / Свободный доступ;

3 Официальный сайт «Клиническая больница №9» Ярославской области [Электронный ресурс] – Режим свободного доступа: <https://kb9yar.ru/for-specialist/nevrologiya/nevrologiya-7/> / Свободный доступ;

4 Официальный сайт «МедУнивер» [Электронный ресурс] – Режим свободного доступа: <https://meduniver.com/Medical/Neurology/1082.html/> / Свободный доступ.

УДК 621.56

Мазитов Марс Марсилевич, магистрант; Mazitov Mars Marsilevich

Ермаков Андрей Михайлович, кандидат технических наук;

Ermakov Andrey Mikhailovich

Салахов Ришат Ризович, кандидат технических наук, доцент;

Salakhov Rishat Rizovich

Казанский национальный исследовательский технический университет

им. А.Н. Туполева-КАИ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПАРОКОМПРЕССИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ОБОГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ САЛОНА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АВТОБУСА

STUDY OF STEAM-COMPRESSION REFRIGERATION MACHINE OPERATION FOR HEATING AND COOLING OF ELECTRIC BUS INTERIOR

Аннотация. При создании электрических автобусов необходимо переводить систему обогрева салона с электрического обогрева на другой тип, в качестве которой предлагается использовать реверсивную парокомпрессионную холодильную машину как для охлаждения, так и для обогрева автобуса. В данной работе представлено исследование эффективности парокомпрессионной холодильной машины при одинаковых температурных условиях работы на различных рабочих телах R134a, R407c, R410a и R600a.

Abstract. When creating electric buses, it is necessary to transfer the interior heating system from electric heating to another type, which is proposed to use a reversible vapor compression refrigeration machine for both cooling and heating the bus. This paper presents a study of the efficiency of a vapor compression refrigeration machine under the same temperature operating conditions on various working bodies R134a, R407c, R410a and R600a.

Ключевые слова: электрический автобус, кондиционирование, отопление, парокомпрессионная холодильная машина, HVAC.

Keywords: electric bus, air conditioning, heating, vapor compression refrigeration machine, HVAC.

При переходе на электрические автобусы встает вопрос о системе кондиционирования, с повышением её эффективности. Используемые ранее электрические нагреватели, используемые в электрических автобусах использовать невыгодно, кроме того, сама система кондиционирования воздуха потребляет повышенное количество энергии когда работает на нерасчетном режиме. [1] Возможным вариантом для системы отопления и кондиционирования электрического автобуса может быть парокомпрессионная холодильная установка с подбором рабочего тела, как для обогрева, так и для охлаждения салона.

Также парокомпрессионные холодильные установки могут применяться для систем кондиционирования и поддержания температуры на объектах космической отрасли, а также для поддержания температуры в узлах связи [2].

Наиболее оптимальным решением является применение реверсивной парокомпрессионной холодильной установки, для использования как для охлаждения, так и для отопления салона автобуса [3].

В данной работе проведено исследование работы парокомпрессионной холодильной установки на двух режимах лето (температура конденсации фреона + 45°C, а температура испарения 0°C) и зима (температура конденсации +30°C, а температура испарения -20°C). В качестве рабочих тел выбраны наиболее распространенные фреоны R134a, R407c, R410a и R600a.

Основной целью исследования является выявление наиболее подходящего фреона, который можно будет использовать в реверсивной парокомпрессионной установке с приемлемым перепадом давлений и высокой эффективностью.

Результаты построения диаграмм при заданных температурных режимах показали следующие результаты:

Фреон R134 в режиме «лето» имеет холодильный коэффициент 3, степень повышения давления 3,83 и давление конденсации 11,5 атм. В режиме «зима» - коэффициент преобразования 4,5, степень повышения давления 5,81 и давление конденсации 7,7 атм.

Фреон R407c в режиме «лето» имеет холодильный коэффициент 4,16, степень повышения давления 3,21 и давление конденсации 18 атм. В режиме «зима» - коэффициент преобразования 4,04, степень повышения давления 5,17 и давление конденсации 15 атм.

Фреон R410a в режиме «лето» имеет холодильный коэффициент 4,12, степень повышения давления 3,37 и давление конденсации 28 атм. В режиме «зима» - коэффициент преобразования 4,07, степень повышения давления 4,75 и давление конденсации 19 атм.

Фреон R600a в режиме «лето» имеет холодильный коэффициент 3,6, степень повышения давления 3,76 и давление конденсации 6,4 атм. В режиме «зима» - коэффициент преобразования 4,43, степень повышения давления 5,48 и давление конденсации 4 атм.

Существуют также ограничения при создании парокомпрессионных холодильных установок, связанные с использованием поршневых компрессоров – степень повышения давления обычно составляет около 5, и с толщиной трубок и стенок испарителя и конденсатора, а также герметичностью их соединений – давлением в системе обычно ограничивается 20 атм. (за исключением установок на CO₂).

Таким образом использование фреона R410a нежелательно из-за давления в 28 атм. на летнем режиме. Фреон R134a имеет низкую эффективность на летнем режиме 3 и высокую степень повышения давления на зимнем режиме 5,81. Оптимальным фреоном для использования для целей отопления и охлаждения в данных условиях является R407c имеет хорошую эффективность на обоих режимах. Фреон R600a можно также рекомендовать для использования в реверсивных холодильных машинах, при низкой эффективности летом и с учетом соблюдения требований по искрозащищенности и пожаробезопасности, т.к. R600a является легко воспламеняемым веществом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 E-mobility and air conditioning: Possible potential. H. Großmann. 11th Karlsruhe Automobile Climate Symposium, 2010.

2 Климатизация базовых станций сотовой связи URL: <https://mir-klimata.info/klimatizaciya-bazovyh-stancij-sotovoj-svyazi/>. Дата обращения 08.02.2021.

3 Патент RU 2012 131 789 А от 24.07.2017г.

УДК 332.133.6 (571.62)

Маркова Варвара Евгеньевна, студентка; Markova Varvara Evgenievna
Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, профессор;
Kudelko Anatoly Romanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОМСОМОЛЬСКОГО-НА-АМУРЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE STATE AND PROSPECTS FOR IMPROVING THE FUNCTIONING OF THE INNOVATION SYSTEM OF THE KOMSOMOLSK-ON-AMUR TERRITORIAL-INDUSTRIAL COMPLEX

Аннотация. В работе представлены основные компоненты структуры территориальной инновационной системы, проведен анализ и дана оценка состояния и возможности развития Комсомольского-на-Амуре территориально-промышленного комплекса. Предложены варианты стратегий, ориентированных на совершенствование, повышение результативности и эффективности функционирования рассматриваемой территориальной инновационной системы и Комсомольского-на-Амуре территориально-промышленного комплекса в целом.

Abstract. The paper presents the main components of the territorial innovation system structure, analyzes and evaluates the state and possibilities of development of Komsomolsk-on-Amur territorial-industrial complex. The variants of strategies focused on improving, increasing the efficiency and effectiveness of functioning of the considered territorial innovation system and Komsomolsk-on-Amur territorial-industrial complex as a whole are proposed.

Ключевые слова: территориальная инновационная система, территориально-промышленный комплекс, потенциал инновационной системы, университетский инновационный научно-образовательный кластер.

Keywords: territorial innovation system, territorial-industrial complex, innovation system potential, university innovation scientific-educational cluster.

Целью работы является анализ и оценка состояния и возможностей развития Комсомольского-на-Амуре территориально-промышленного комплекса (КнАТПК) как территориальной инновационной системы (ТИС), и как основного фактора социально-экономического роста территории, что также определяет актуальность рассматриваемых в работе вопросов.

Существуют системы, которые, по своей сути, являются развивающимися, а также формирующими и направляющими импульсы изменений, как внутри самой системы, так и во внешнюю среду. К таким системам относятся и инновационные системы. При этом, инновационную систему можно определить, как совокупность взаимосвязанных элементов инновационной деятельности, а также инновационной инфраструктуры, функционирование которых ориентировано на осуществление принципиально новых проектов и программ, получение научно-технического, экономического, социального, политического или других эффектов, ориентированных на инновационное развитие соответствующей экономической системы.

Структура компонентов инновационной системы определяется комплексом инновационных бизнес-процессов, которые ориентированы на удовлетворение потребностей внешних и внутренних клиентов в новшествах и направленных на получение и постоянный прирост прибыли, а также их функциональной и исполнительской поддержкой и компонентами методического, ресурсного, нормативного, информационного и вспомогательного обеспечения. Основными атрибутами инновационной системы любого уровня являются её комплексный характер, открытость, активность, организованность, направленность функционирования, динамичность, результативность, гибкость, самостоятельность (рис. 1).

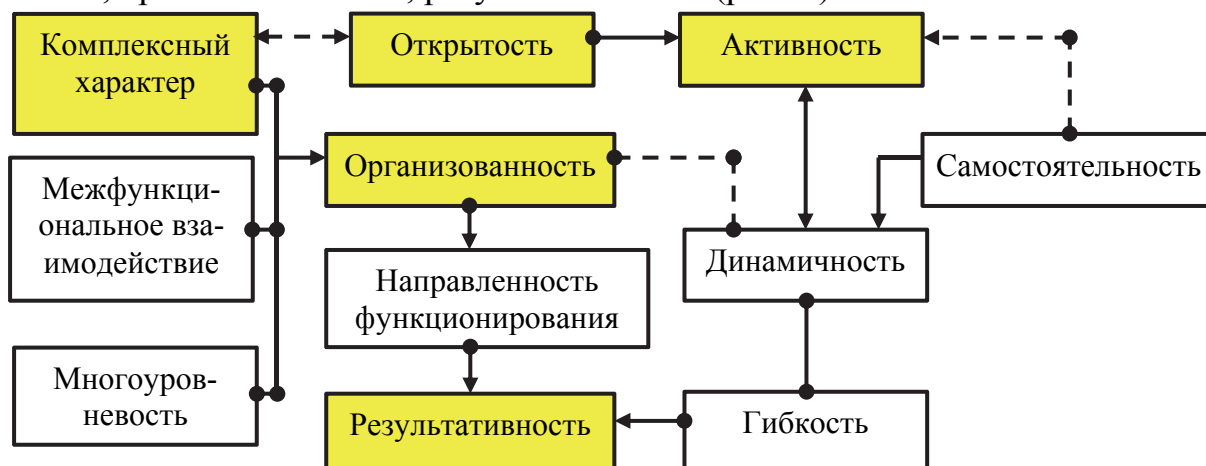


Рисунок 1 - Структура и взаимосвязи атрибутов инновационной системы

Специалистами в качестве основных рассматриваются инновационные системы предприятия, производственного комплекса, отрасли, региональная, национальная, международная, общемировая, глобальная [1]. Все эти системы имеют черты типовой инновационной системы, включающей функциональный, процессный, исполнительский и обеспечивающий блоки.

При этом, следует отметить, что одним из эффективных механизмов интенсификации создания и внедрения новых технологий, социально-экономического развития соответствующей территории является форми-

рование и обеспечение эффективного функционирования ТИС – территориальных инновационных систем [2] или экосистем инноваций.

С учетом потенциала и структуры хозяйственной деятельности города Комсомольска-на-Амуре в качестве такой системы можно рассматривать ТИС Комсомольского-на-Амуре территориально-промышленного комплекса, которая, по сути, является значимым компонентом региональной инновационной системы Хабаровского края.

Анализ состояния и тенденций изменения параметров, характеризующих деятельность Комсомольского-на-Амуре ТПК и ее основные результаты, позволяет сформировать структуру факторов, которые определяют инновационную стратегическую позицию ТИС КнАТПК и которые представлены в таблице.

Таблица. Компоненты SWOT-анализа ТИС КнАТПК

Сильные стороны потенциала: • Город и примыкающие к нему территории являются развитой промышленной территорией Дальнего Востока; • Ряд предприятий осуществляют производство высокотехнологичной, высокоинтеллектуальной продукции; • Географическая близость к странам Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР); • Наличие многопрофильного университета – базы подготовки высококвалифицированных специалистов; • Наличие всех типов транспортных коммуникаций; • Создание элементов инновационной и бизнес-инфраструктуры: центры сертификации, бизнес-инкубаторы.	Слабые стороны потенциала: • Отток населения, в том числе, высококвалифицированных и/или молодых специалистов; • Высокие издержки производства, в том числе за счет высоких транспортных и энергетических тарифов; • Практическое отсутствие и/или низкая эффективность взаимодействия образование – наука – бизнес; • Ограниченная самостоятельность в принятии решений, экономическая и финансовая нестабильность промышленных предприятия региона; • Нехватка высококвалифицированных кадров в различных областях жизнедеятельности города.
Возможности внешней среды: • Наличие и реализация программы развития г. Комсомольска и соответствующих ТОСЭР; • Заинтересованность ряда стран Юго-Восточной Азии и АТР в целом в сотрудничестве с предприятиями и территориями Дальнего Востока России; • Наличие прилегающих к городу свободных территорий для промышленного и гражданского строительства, а также для развития агропромышленного и сельскохозяйственного производства на основе инновационных технологий.	Угрозы внешней среды: • Привлекательность для проживания и успешной деятельности ряда городов Дальнего Востока и европейской части России; • Отсутствие современной социально-культурной инфраструктуры; • Сбои в реализации программы социально-экономического развития г. Комсомольска-на-Амуре; • Ограниченная самостоятельность в принятии решений, а также экономическая самостоятельность большинства градообразующих промышленных и других предприятий г. Комсомольска-на-Амуре.

Сравнительный анализ перечисленных в таблице факторов позволяет сформировать стратегии совершенствования, повышения результативности и эффективности функционирования рассматриваемой ТИС и Комсомольского-на-Амуре ТПК в целом. В качестве таких стратегий, прежде всего следует рассматривать следующие:

- Расширение полномочий и самостоятельности хозяйствующих субъектов территории, снижение степени их зависимости от органов управления вышестоящих уровней.
- Повышение результативности и эффективности функционирования системы производства и использования знаний «государство – бизнес – образование и наука».
- Расширение межрегиональных и международных связей хозяйствующих субъектов и территории в целом.
- Повышение эффективности функционирования компонентов и подсистем, обеспечивающих развитие инновационной деятельности, – бизнес-инкубатора, технопарка университета, малых инновационных предприятий, подсистемы кадрового обеспечения и т.п.
- Реализация программ создания комфортной городской среды, развития социально-культурных условий обеспечения жизнедеятельности населения территории.

Следует также отметить значимость и необходимость совершенствования деятельности такого элемента ТИС, как университетский инновационный научно-образовательный кластер [3], который, по своей сути, должен реализовывать функции системообразующего компонента ТИС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шапошникова, С. В. Управление различными типами инновационных систем / С. В. Шапошникова // Инновационные технологии управления. – 2008. – № 4. – С. 27 – 31.

2 Куделько, А.Р. Место и сферы деятельности университета в структуре территориальной инновационной системы / А.Р. Куделько, Ю.В. Ляпустина // Проблемы высшего образования: материалы Международной научно-практической конференции. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2018. – С. 29 – 33.

3 Ляпустина, Ю.В. Инновационный образовательный кластер как компонент территориальной инновационной системы / Ю.В. Ляпустина, А.Р. Куделько // Научно - техническое творчество аспирантов и студентов: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. В 2-х ч. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. – Ч. 1. – С. 347 – 350.

УДК 62 – 83 (075)

Мельниченко Маркел Андреевич, аспирант; Melnichenko Markel Andreevich

Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент;

Gorkaviy Aleksandr Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ВЕКТОРНО-МАТРИЧНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ СИНТЕЗА ПИ-РЕГУЛЯТОРА

VECTOR-MATRIX PROCEDURES FOR THE SYNTHESIS OF PI-REGULATOR

Аннотация. В работе произведена векторно-матричная формализация процедуры синтеза модального пропорционально-интегрального регулятора для одномерных объектов.

Abstract. In this work there are a vector-matrix formalization of the procedure for the synthesis of a modal proportional-integral controller for one-dimensional objects is carried out.

Ключевые слова: модальное управление, точность, векторно-матричное описание, ПИ-регулятор, прямая связь, регулятор состояния.

Keywords: modal control, accuracy, vector-matrix description, PI-regulator, direct relation, state controller.

Введение интеграла в закон управления в системах стабилизации и слежения, где требуется высокая точность, позволяет исключить влияние постоянных возмущений [1, 2, 3]. Инструменты модального управления предоставляют дополнительные возможности синтеза пропорционально-интегральных регуляторов состояния при сохранении требуемой реакции на задающее воздействие [4, 5, 6, 7, 8]. Как правило, при синтезе модального ПИ-регулятора первоначально структурируется система объекта с пропорционально-интегральным звеном на входе, формируются обратные связи по переменным состояния, объясняются необходимые действия, формируются матрицы системы и производится расчет коэффициентов регулятора. В работе предлагается формализовать описанные действия в виде набора векторно-матричных процедур, а фактически алгоритмизировать синтез одномерной системы с модальным ПИ-регулятором.

Пусть задан одномерный объект, описываемый уравнениями состояния

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + B_m x_{bx}(t) + B_m m_c(t); \\ y(t) = Cx(t). \end{cases} \quad (1)$$

где векторы $x(t)$, $y(t)$, $x_{bx}(t)$, $m_c(t)$ имеют соответственно размерности n , $r = 1$, $m = 1$, $k = 1$.

Уравнение системы с модальным регулятором и каналом будущей компенсации прохождения выходной переменной $y(t) = Cx(t)$ через пропорциональную часть (коэффициент k) пропорционально-интегрирующего звена, вводимого при модификации (расширении) системы имеют вид

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{x}}(t) = (\mathbf{A} - \mathbf{B}_u \mathbf{F} + \mathbf{B}_u \mathbf{k} \mathbf{C}) \cdot \mathbf{x}(t) + \mathbf{B}_u \mathbf{x}_{\text{BX}}(t) + \mathbf{B}_m \mathbf{m}_c(t); \\ y(t) = \mathbf{C} \mathbf{x}(t). \end{cases} \quad (2)$$

Если сформировать ошибку системы $x_{\text{вх}}(t) - y(t)$ и через пропорционально-интегрирующее звено

$$k + \frac{f_{n+1}}{p} = \frac{kp + f_{n+1}}{p} \quad (3)$$

подать на вход системы (2), то это приведет к расширению системы, которая будет описываться уравнениями (4) с вектором состояния $x_p^T(t) = [x_1(t), x_2(t) \dots x_n(t), x_{n+1}(t)]$

$$\begin{cases} \dot{x}_p(t) = A_p x_p(t) + B_{up} x_{bx}(t) + B_{mp} m_c(t); \\ y(t) = C_p x_p(t). \end{cases} \quad (4)$$

Матрицы сформированной системы имеют вид

$$B_{up} = \begin{bmatrix} B_u \cdot k \\ - \\ - \\ f_{n+1} \end{bmatrix}; B_{mp} = \begin{bmatrix} B_m \\ - \\ - \\ 0 \end{bmatrix}; C_p = [C \quad | \quad 0];$$

$$A_p = \begin{bmatrix} (A - B_u F + B_u k C) - B_u k C & | & B_u \\ - & \vdots & - \\ - & \vdots & - \\ -f_{n+1} \cdot C & | & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A - B_u F & | & B_u \\ - & \vdots & - \\ - & \vdots & - \\ -f_{n+1} \cdot C & | & 0 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Как видно, за счет предварительной компенсации (2), в матрице системы с модальным ПИ-регулятором (5), коэффициент k отсутствует и не будет влиять на расчет коэффициентов $f_1, f_2, \dots, f_{n+1}$ регулятора, получаемых в результате приравнивания $\det(pI - A_p)$ к стандартной форме $n+1$ -ого порядка, в которой хотя бы один корень должен быть вещественным, равным, например, ω_0 .

Можно показать, что при выборе коэффициента пропорционального канала пропорционально-интегрирующего звена

$$k = \frac{f_{n+1}}{\omega_0} \quad (6)$$

в числителе передаточной функции системы

$$\frac{y(p)}{x_{\text{RX}}(p)} = C_p(pI - A_p)^{-1} \cdot B_{\text{up}} \quad (7)$$

формируется ноль со значением ω_0 , который сокращается с полюсом того же значения в соответствии с выбранной стандартной формой. Порядок передаточной функции расширенной системы (7) будет соответствовать порядку системы без расширения и соответствовать желаемому виду переходного процесса. Полученная система с модальным ПИ-регулятором является астатической как по задающему, так и по возмущающему воздействиям.

Таким образом, при расчете модального ПИ-регулятора для одномерного объекта выполняются следующие процедуры:

- определяются векторы и матрицы исходного объекта;
- составляются векторы и матрицы системы с модальным ПИ-регулятором в соответствии с (5);
- определяются коэффициенты $f_1, f_2, \dots, f_{n+1}$ регулятора;
- находится коэффициент пропорционального канала «к»;

Следовательно, все процедуры расчета модального пропорционально-интегрального регулятора формализованы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Квакернаак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления// М. : Мир. 1977. С. 656-664
- 2 Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства// М. : Машиностроение. 1976. С. 184
- 3 Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления// Издательство "Лань". 2015. С. 349-371
- 4 Melnichenko M.A., Gorkaviy A.I., Gorkaviy M.A. Synthesis of Modal PI-Regulator with multiple integration// International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). 2019.
- 5 Melnichenko M.A., Gorkaviy A.I., Gorkaviy M.A., Solovlev D.B. Synthesis of an optimally-modal PI-Regulator in a position control system of mechatronic module// 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). 2020.
- 6 Горькавый А.И., Горькавый М.А., Мельниченко М.А. Компенсация возмущений в системе управления мехатронным модулем с оптимальным регулятором// Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 6. С. 57-61
- 7 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
- 8 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

УДК 62-526

Мельниченко Маркел Андреевич, аспирант; Melnichenko Markel Andreevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В СРЕДЕ SPRUTCAM

FEATURES OF FORMATION OF CONTROL PROGRAMS FOR A ROBOTIC TECHNOLOGICAL COMPLEX OF MECHANICAL PROCESSING IN A SPRUTCAM ENVIRONMENT

Аннотация. В работе рассмотрены процессы формирования управляющих программ для роботизированного комплекса механической обработки в среде SprutCAM. Приведены основные этапы создания программного кода и их ключевые особенности с учетом практического опыта эксплуатации комплекса.

Abstract. The work considers the processes of forming control programs for a robotic complex of mechanical processing in the SprutCAM environment. The main stages of creating a program code and their key features are given, taking into account the practical experience of operating the complex.

Ключевые слова: механическая обработка, робототехника, роботизированный технологический процесс, CAD-система, CAM-система.

Keywords: mechanical restoration, robotics, robotic technological process, CAD-system, CAM-system.

Автоматизация производственных процессов в современном мире приобретает особую актуальность, поскольку от степени автоматизации напрямую зависят показатели эффективности производства. Одним из ключевых элементов автоматизации являются промышленные роботы-манипуляторы, входящие в состав гибких производственных систем (ГПС) [1]. Создание гибких производственных систем позволяет решать проблемы автоматизации среднесерийного и мелкосерийного производства, составляющего сегодня около 70% мирового производства в целом [2]. Промышленные роботы-манипуляторы способны выполнять различные технологические операции, связанные с непосредственным прохождением инструмента по определенной траектории с заданной точностью.

Преимущество роботизированных технологических комплексов (РТК) перед традиционными средствами автоматизации состоит в том, что они позволяют в кратчайшие сроки переналадить технологический процесс под иную производственную задачу, изменяя инструмент, оснастку и/или программный код. Таким образом, при незначительных изменениях номенклатуры выпускаемых изделий, необходимо и достаточно изменить управляющую программу [3].

Программирование роботизированного технологического комплекса механической обработки производится при помощи CAD и CAM систем.

В данной работе рассмотрен процесс создания управляющих программ для РТК механической обработки в среде SprutCAM.

Процесс создания управляющей программы для РТК механической обработки включает 5 этапов:

1) Загрузка 3D-модели обрабатываемой детали. В среде SprutCAM имеется возможность импортировать геометрическую модель из любых конструкторских или дизайнерских систем через файлы обмена данными форматов: IGES, STEP, DXF, PostScript, STL, PLY, AMF, VRML, SW, SE [4]. Основываясь на опыте эксплуатации комплекса, можно утверждать, что наиболее просты в использовании твердотельные форматы, такие как .iges и .dxf, поскольку при работе с ними не возникает искажений модели относительно CAD системы.

2) Задание технологии механической обработки. После загрузки модели необходимо осуществить позиционирование детали согласно координатам калибровки и создать локальную систему координат заготовки, что-

бы исключить необходимость повторного создания управляющей программы в результате непреднамеренного смещения базы в процессе работы. В системе SprutCAM задание технологии обработки представляет собой выбор типа операции и установку ее параметров. Для получения качественной детали, а также минимизации временных затрат на обработку необходимо использовать не менее двух операций – 1 черновую и 1 чистовую. Черновая обработка позволит убрать с заготовки основную массу материала и обеспечит доступ к труднодоступным местам инструменту для чистовой обработки, тем самым повышая точность готового изделия.

3) Моделирование процесса механической обработки. После этапа задания технологии производится запуск процедуры расчета траектории перемещения. По его завершении, оператор переходит во вкладку моделирование и осуществляет проверку управляющей программы на предмет ошибок (коллизий, сингулярностей, выходов за пределы рабочей зоны). В случае их обнаружения, необходимо открыть карту осей робота, построить текущую карту осей и пересчитать траекторию. Программа автоматически создаст допустимую траекторию перемещения.

4) Имитационное моделирование. Проведение имитационного моделирования необходимо для оценки практического функционирования промышленного робота-манипулятора и коррекции управляющей программы, а также для обеспечения оператора РТК рекомендациями по улучшению технологического процесса с учетом вопросов энергоэффективности и безопасности [5, 6, 7, 8].

5) Постпроцессирование. В результате постпроцессирования оператор комплекса получает программный код для его дальнейшей загрузки в систему. Постпроцессор играет важную роль в формировании управляющей программы. Этот модуль программы «переводит» траектории перемещений CLData в совокупность команд, понятных для промышленного робота.

Таким образом, можно выделить следующие преимущества создания управляющих программ для РТК механической обработки в SprutCAM: система позволяет работать с большинством форматов 3D геометрии; имеется возможность автоматического пересчета траектории перемещения при наличии ошибок в управляющей программе; в результате постпроцессирования в контроллер промышленного робота загружается готовая к использованию программа, не требующая проверки; элементы оснастки и деталь защищены от врезания инструмента, столкновений на рабочих и холостых перемещениях; интерфейс программы достаточно прост и удобен для понимания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Егоров О.Д., Подураев Ю.В., Буйнов М.А. Робототехнические мехатронные системы// МГТУ «Станкин», Москва. 2015.

2 Козырев Ю.Г. Применение промышленных роботов: учеб. пособие// М.: КНОРУС. 2010.

3 Горькавый М.А., Сухоруков С.И., Ефимов А.Ю. Автоматизированный синтез управляющих программ для роботизированной механообработки: учеб. пособие // Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ». 2020. – 56 с.

4 Sprut Technology Ltd.// SprutCAM user manual, 2020.

5 Горькавый А.И., Горькавый М.А. Математические основы элементов, систем и процессов управления. Учеб. пособие// Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ». 2016.

6 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.

7 Горькавый М.А., Ефимов А.Ю., Болдырев В.В., Егорова В.П. Программа оптимизации комплекса траекторий движения и повышения энергоэффективности промышленного робота, входящего в состав автоматизированного технологического процесса// Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020664545, 13.11.2020.

8 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.

УДК 537.876.22

Михальков Николай Андреевич, магистрант; Mikhalkov Nikolay Andreevich
Киба Дмитрий Анатольевич, канд. тех. наук, доцент; Kiba Dmitriy Anatolievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРОТКОВОЛНОВОГО ТРАНСИВЕРА ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ВИДОВ СВЯЗИ

USING A DIGITAL SHORT WAVE TRANSCEIVER FOR DIGITAL COMMUNICATIONS

Аннотация. В статье исследован коротковолновый трансивер для работы с цифровым видом сигнала. Приведено описание протоколов цифровых видов радиосвязи. Выявлены проблемы и найдены пути их решения. Приведена структурная схема устройства.

Abstract. The article examines a shortwave transceiver for working with a digital signal. The description of protocols of digital types of radio communication is given. Problems were identified and ways to solve them were found. The block diagram of the device is given.

Ключевые слова: трансивер, цифровые виды связи, короткие волны, SDR, цифровой протокол.

Keywords: transceiver, digital modes of communication, short wave, SDR, digital protocol.

Передача информации по радиоволнам появилась еще в начале XX века и стала революционной технологией. Значительным преимуществом радиосигнала по сравнению с проводным видом передачи информации – возможность связаться без использования физического канала связи.

С развитием компьютерных технологий появилась необходимость в переходе от аналоговых способов передачи и приема радиосигнала к цифровым. С этой целью были разработаны цифровые протоколы радиосвязи, а также устройства, способные с ними работать. Одной из популярных технологий оцифровки радиосигнала и последующей работы с цифровым сигналом стала программно-определяемая радиосистема – software-defined radio (SDR).

Цифровые протоколы для радиосвязи стали активно развиваться уже в 2000-х годах. В качестве примера приведем PSK-31 – довольно простой, но эффективный протокол. В качестве кодировки символов он использует шаблоны смены полярности фазы, что позволяет иметь узкую полосу пропускания в 100 Гц, и скорость передачи в 31 бод – сравнимой со скоростью набора текста среднестатистического пользователя [1]. Диапазон частот достигает от 160 метровых до 33 сантиметровых волн.

В любительской радиосвязи наибольшим распространением обладают диапазоны частот коротких волн (КВ) и ультракоротких волн (УКВ). КВ диапазон, в свою очередь, обладает преимуществом в сравнении с УКВ в дальности передачи сигнала за счет свойства отражения электромагнитной волны от ионосферы. Так же радиоволны данной длины стабильно работают при плохой погоде, из-за чего они широко распространены в военной отрасли.

Трансивер – это устройство, совмещающее в себе и приемник, и передатчик радиосигнала, причем часть органов, таких как смеситель и фильтры, используются как для приема, так и для передачи информации [2]. Большинство структурных схем разных гетеродинных трансиверов типичны той, что представлена на рисунке 1. Возможны схемы, когда для приема и передачи используется один низкочастотный усилитель, но тогда отсутствует возможность работы в дуплексном режиме – когда можно принимать и предавать сигнал одновременно.

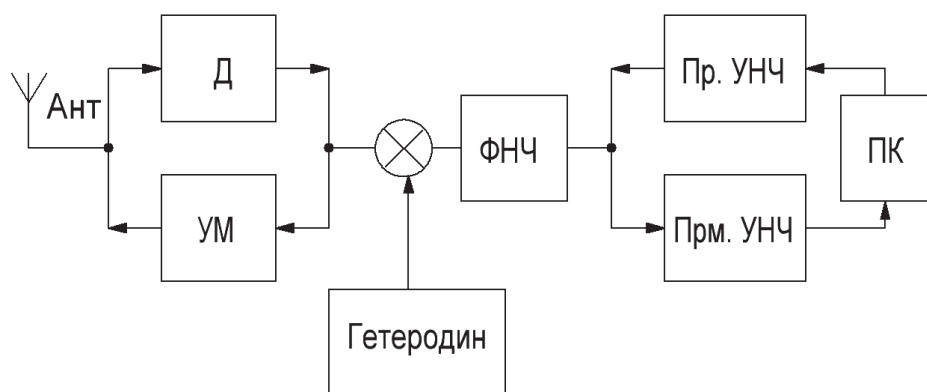


Рисунок 1 – Структурная схема трансивера

В режиме приема высокочастотный модулированный сигнал, попадающий на антенну, поступает на детектор – устройство, улавливающее слабый приемный сигнал и в дальнейшем усиливающий его до необходимого уровня. Чем более чувствительный детектор, тем лучше приемные свойства устройства. Затем сигнал поступает на смеситель вместе с сигналом гетеродина – генератор колебаний, чья частота слегка отличается от частоты несущего сигнала. В смесителе они перемножаются, из-за чего на выходе получается сигнал с частотой равной их разности, называемый промежуточной частотой (ПЧ). Затем сигнал избавляется от высокочастотных помех в фильтре низких частот (ФНЧ) и усиливается в приемном усилителе низких частот (Прм. УНЧ).

Низкочастотный информационный сигнал, в свою очередь, поступает на персональный компьютер (ПК). Именно в нем происходит дешифрация информации по цифровым протоколам и вывод ее в аудио виде с помощью динамиков или графическом виде на мониторе в виде картинки или текста. ПК можно заменить на микроконтроллер, и тогда устройство получится автономным. Помимо этого, на ПК можно возложить и другие функции, например, настройка частоты гетеродина, переключение между разными типами антенн и фильтров с разной частотой пропускания, что позволит расширить диапазон принимаемых и передающих частот. Так же с помощью компьютера удобно создать управление между режимами приема и передачи. Данный способ чаще всего осуществляется через порт COM, но некоторые радиолобительские SDR, с целью создания компактного переносного устройства, используют широко применяемый порт USB.

В режиме передачи, гетеродин выступает в качестве источника несущей частоты. Сигнал с компьютера поступает на передающий усилитель мощности (Пр УНЧ) и избавляется от шумов высокочастотных в ФНЧ. При перемножении низкочастотного сигнала с компьютера и высокочастотного сигнала гетеродина происходит амплитудная модуляция несущей частоты информационным сигналом. Затем информационный сигнал усиливается в усилителе мощности (УМ), чтобы сигнал мог распространиться как можно дальше. В конце сигнал поступает в антенну, и отправляется в радиоэфир.

За счет перехода в цифровой вид, появляется больше возможностей для пользователя, например, запись полученных сообщений, передача сообщений пакетами.

Цифровые устройства значительно превосходят радиоэлектронные за счет низкого энергопотребления, простоты и малых габаритов схемы, поскольку большая часть работы переносится на компьютер. При этом дальнейшее улучшение качества связи будет зависеть от развития компьютерных технологий, которые на сегодня совершенствуются с высокой скоростью. Поэтому данное устройство позволяет заменить конструкции, состоящие из большого числа приемопередающих радиостанций разных предназначений. При этом за счет широкого диапазона частот, SDR можно использовать в системах радиочастотного опознавания (RFID).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Громаков, Ю. А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи / Ю. А. Громаков. – М. : Мобильные ТелеСистемы – Эко-Трендз, 1997. – 239 с.

2 Березовский Б. П. Основы радиотехники и связи : учеб. пособие / П. П. Березовский. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 212 с.

3 Поляков В. Т. Радиолюбителям о технике прямого преобразования / В. Т. Поляков ; под ред. Л. И. Карнозова – М. : Патриот, 1990. – 264 с.

УДК 681.5

Облогин Данил Юрьевич, студент; Oblogin Danil Yurievich

Егорова Валерия Павловна, старший преподаватель; Egorova Valeria Pavlovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

ANALYSIS OF APPLICATION AREAS OF LASER WELDING WITH THE APPLICATION OF A SUPPLY MATERIAL

Аннотация. В рамках данной работы были исследованы области применения лазерной сварки. Выявлены положительные и отрицательные стороны использования данного метода обработки материала. А также приведен пример решения одного из важных недостатков лазерной сварки.

Abstract. In this work, the fields of application of laser welding were investigated. The positive and negative aspects of using this method of material processing are revealed. And also an example of solving one of the important disadvantages of laser welding is given.

Ключевые слова: роботизированный комплекс, присадочный материал, лазерная сварки, автоматизированный комплекс, тонкостенные металлы.

Keywords: robotic complex, filler material, laser welding, automated complex, thin-walled metals.

1. Актуальность

В настоящее время активно развиваются современные технологии, связанные с промышленными производствами [4, 5]. Особый интерес представляют технологии, рассчитанные на повышение качества продукции и скорости его производства. Зачастую это достигается внедрением автоматизированных или автоматических систем. Также, одним из основных требований к таким технологиям является энергетическая и ресурсная эффективность конечного процесса производства.

Одним из примеров таких технологий можно считать лазерную сварку. В отличие от стандартных способов сварки она обеспечивает максимальную надежность и производительность.

2. Область применения

На сегодняшний день лазерная сварка нашла применение во множестве промышленных производствах. Особенно часто лазерную сварку применяют в: машиностроении; авиастроении.

Постоянное усложнение дизайна автомобиля в машиностроении приводит к необходимости в улучшении внешнего вида сварного шва, повышению качества деталей и т.д. Решение, которое будет удовлетворять данным требованиям, является автоматизированный комплекс лазерной сварки на базе промышленных роботов [2, 3, 4].

В современном производстве самолетов широко используется технология заклепочного соединения деталей из алюминиевых сплавов, которые имеют ряд недостатков: трудоемкость, шум, вибрации и высокую материалоемкость. Принципиальной причиной, по которой используют заклепочное соединение - это прочность и усталостная прочность соединения, которая играет большую роль в авиационной отрасли. Однако все чаще в авиастроении стали появляться самолеты, в которых используется технология лазерной сварки вместо клепочного соединения [1].

Однако, несмотря на все свои достоинства, лазерная сварка имеет ряд недостатков:

1. Большие инвестиции на полностью оснащенную роботизированную лазерную установку;
2. Высокую стоимость работ;
3. Специальные меры безопасности;
4. Некоторые соединения невозможно выполнить из-за особенностей расположения, ввиду того, что лазерный луч распространяется только по прямой линии;
5. Необходим альтернативный способ подачи присадочного материала в место производства сварочной операции, отличный от традиционных методов.

Таким образом, технология автоматизированной лазерной сварки нашла широкое применение в таких производствах, где необходимо работать с тонкостенным металлом, а также с конструкциями из алюминия и его сплавов, так как традиционные методы сварки при выполнении данных работ являются очень трудоемкими [6].

3. Использование присадочный материал при лазерной сварке

В традиционных методах сварки присадочный материал играет огромную роль не только в получении необходимой геометрии шва, но и в обеспечении высоких показателей прочности сварного шва.

В настоящее время лазерная сварка [7] часто используется без применения присадочного материала при производстве сварочной операции так, как в отличие от традиционных методов сварки, в которых присадочный материал является частью, через которую осуществляется перенос энергии, необходимой для проведения сварочной операции, при лазерной сварке перенос энергии осуществляется лучом и подача присадочного материала напрямую является невозможным.

Альтернативным способом подачи присадочного материала для автоматизированного комплекса лазерной сварки может являться подача проволоки сбоку от лазерного луча.

На рисунке 1 приведены сварочные швы, полученные при лазерной сварке с присадочным материалом и без него:

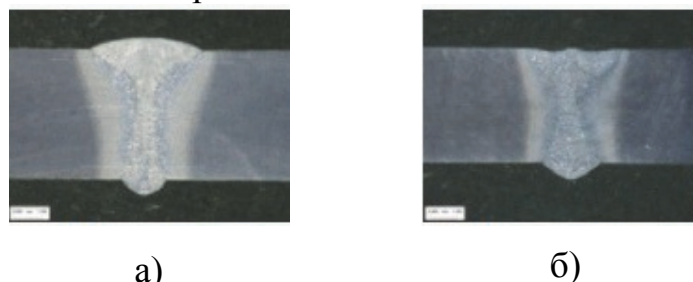


Рисунок 1 – Сварочный шов полученный при лазерной сварке
а) с использованием присадочного материала;
б) без присадочного материала

Сварочный шов на рисунке 1 (б) получается вследствие действия на расплавленный металл силы тяжести, что заставляет его стекать вниз, образуя дефекты.

Таким образом, для обеспечения надежности сварного шва, улучшение его прочностных качеств необходимо при производстве лазерной сварки использовать присадочный материал, подаваемый сбоку от лазерного луча специальным модулем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ерахмадов, С. Н. Актуальность использования лазерных технологий в процессе сварки алюминиевых сплавов в авиастроении / С. Н. Ерахмадов, Д. Н. Колесников // Наука в движении: от отражения к созданию реальности : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Альметьевск, 15 июня – 15 2017 года / Под общей редакцией С.В. Юдиной. – Альметьевск: Издательство "Перо", 2017. – С. 65-68.

2 Egorova V.P. Synthesis of an adaptive system for diagnosing the quality of automated welding products / Egorova V.P., Gorkavyi M.A., Efimov A.Y., Solovov D.B. // В сборнике: 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019.

3 Efimov A.Y. Design of intelligent decision support system for robotized welding technological processes optimization / Efimov A.Y., Gorkavyi M.A., Egorova V.P., Solovov D.B. // В сборнике: 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019.

4 Ефимов А.Ю. Идентификация нелинейных зависимостей энергопотребления промышленного робота в задачах повышения эффективности управления автоматизированным технологическим процессом / Ефимов А.Ю., Горькавый М.А., Соловьев В.А. // Электротехнические системы и комплексы. 2020. № 2 (47). С. 64-71.

5 Efimov A. Predicting power consumption of robotic complex based on neuro-fuzzy system / Efimov A., Gorkavyu M., Gorkavyu A. // В сборнике: Proceedings - 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2020.

6 Горькавый М.А. Алгоритмы поиска энергоэффективного положения комплекса траекторий движения промышленного робота в составе технологического процесса / Горькавый М.А., Ефимов А.Ю., Егорова В.П., Соловьев В.А. // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2021. Т. 64. № 1. С. 84-91.

7 Сухоруков С.И. Концепция формирования управляющей программы для роботизированного комплекса лазерной сварки / Сухоруков С.И., Черный С.П., Мешков А.С., Киба Д.А. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2020. № 7 (47). С. 26-33.

УДК 615.841:615.814.1

Полохова Дарья Андреевна, студент; Polokhova Dar'ya Andreyevna
Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, профессор;
Kudelko Anatoly Romanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ПОРТАТИВНОГО ИМПУЛЬСНОГО ПРИБОРА ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРАПИИ

DEVELOPMENT OF A PROJECT FOR A PORTABLE PULSE DEVICE FOR ELECTROTHERAPY

Аннотация. Работа посвящена формированию инновационных подходов к воздействию на биологически активные точки и их связям с физическим состоянием человека. В качестве метода активации биологически активных точек была выбрана импульсная электротерапия. Недостатком метода является необходимость присутствия специалиста и наличие профессионального оборудования. Хотя система является стационарной, но на ее основе, в рамках данного метода, основана разработка портативного импульсного прибора для электротерапии. Он представлен в виде стелек, воздействующих на биологически активные точки. Прибор ориентирован на людей, ведущих сидячий образ жизни. Предполагается использование стелек на рабочем месте, не отвлекаясь от рабочего процесса, что позволит повысить производительность труда человека.

Abstract. The work is devoted to the formation of innovative approaches to the impact on biologically active points and their relations with the physical state of a person. Pulsed electrotherapy was chosen as the method of activating biologically active points. The disadvantage of the method is the need for the presence of a specialist and the availability of professional equipment. Although the system is stationary, but on its basis, within the framework of this method, the development of a portable pulse device for electrotherapy is based. It is presented

in the form of insoles that act on biologically active points. The device is aimed at people who lead a sedentary lifestyle. It is assumed that the use of insoles in the workplace, without distracting from the work process, which will increase the productivity of a person.

Ключевые слова: биологически активные точки, электротерапия, нервные окончания, инновации, блок-схема.

Keywords: biologically active points, electrotherapy, nerve endings, innovations, flowchart.

В организме человека находится множество биологически активных точек, которые являются проекцией нервных окончаний соответствующих глублежащим тканям и органам.

Как известно, наш мозг состоит из большого числа нейронов, связанных между собой. Взаимодействуя, нейроны формируют электрические импульсы, которые контролируют деятельность всего организма. Таким образом, воздействуя на определенные точки, можно взбодриться или наоборот расслабиться, также воздействовать на работу внутренних органов.

В современном темпе жизни люди при первой же возможности принимают таблетки, если у них возникают болезненные ощущения, или пьют энергетические напитки, чтобы повысить производительность. Это вызывает привыкание и неблагоприятно сказывается на здоровье человека. Альтернативой являются практики по воздействию на биологически активные точки.

Одним из первых методов активации биологически активных точек является акупунктура (иглоукалывание). Помимо этого, существует аналогичная по эффекту процедура – точечный массаж и прочее.

Современным методом воздействия на биологически активные точки служит импульсная электротерапия, то есть воздействие на точки происходит за счет подачи на них электрических импульсов.

Импульсные токи представляют собой отдельные порции тока, которые следуют с определенной частотой и через определенный промежуток времени. Недостатком метода является необходимость присутствия специалиста и наличие профессионального оборудования. Хотя система является стационарной, но на ее основе в рамках данного метода основана разработка портативного импульсного прибора для электротерапии.

В качестве инновационного решения предлагается создание портативных стелек, так как именно на ногах расположено большое количество биологически активных точек (рисунок 1).



Рисунок 1 – Часть биологически активных точек, расположенных на стопе

На сетке стелек можно расположить устройства, совпадающие по положению с биологически активными точками на стопе. Стельки имеют

несколько режимов работы, активируя разные точки. Благодаря этому устройство может получить широкую сферу распространения и, в тоже время, просто в использовании. Время одного сеанса составляет 15-20 минут. Устройство нацелено, главным образом, на использование людьми, ведущими сидячий образ жизни, как на работе, так и в режиме свободного времяпрепровождения. Например, при наличии компьютера его можно использовать в качестве источника питания, что позволит существенно облегчить конструкцию устройства в целом. На рисунке 2 представлена структурная блок-схема предлагаемого устройства.



Рисунок 2 – Структурная схема портативного импульсного прибора

Важно, чтобы расположение датчиков совпадало с положением биологически активных точек на стопе человека, поэтому стельки необходимо выпускать по размерному ряду, а также, при наличии возможности, с учетом индивидуальности стопы.

В качестве аналогов могут быть устройства и услуги, которые используются в медицинских учреждениях, например, устройства личного пользования, а также услуги массажа и иглоукалывания. Проведя анализ рынка различных устройств, было выяснено, что себестоимость устройства будет значительно ниже, чем у конкурентов. Кроме того, устройство является более эффективным и простым в эксплуатации.

Таким образом, областями применения прибора для электротерапии могут быть: снятие симптомов переутомления, обезболивающее действие, усиление коллатерального кровообращения, нормализация функции ЦНС, лечение болезней внутренних органов, повышение работоспособности и другие.

На Западе лечение иглоукалыванием давно стало трендом. Согласно опросам инвесторов Силиконовой долины 2018 года, значительная их часть планировала вложиться, в том числе, в клиники традиционной китайской медицины по причине стабильного роста спроса на их услуги. Поэтому можно предположить, что и на разрабатываемое устройство можно ожидать достаточно высокий спрос.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шиман А. Г., Пономаренко Г. Н., Шоферова С. Д. Пунктурная физиотерапия заболеваний нервной системы. Санкт-Петербург, 2005 г., ИИЦ "Балтика".

2 Пономаренко Г. Н. Практический атлас "Физиотерапия", Санкт-Петербург, 2013 г.

3 Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 288 с.

УДК 004.9

Прохоров Кирилл Константинович, студент; Prokhorov Kirill Konstantinovich
Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Gorkavyi Mikhail Alexandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОДАЖИ ВИРТУАЛЬНЫХ ИГРОВЫХ РЕСУРСОВ

TECHNOLOGY OF ORGANIZATION OF SALE OF VIRTUAL GAME RESOURCES

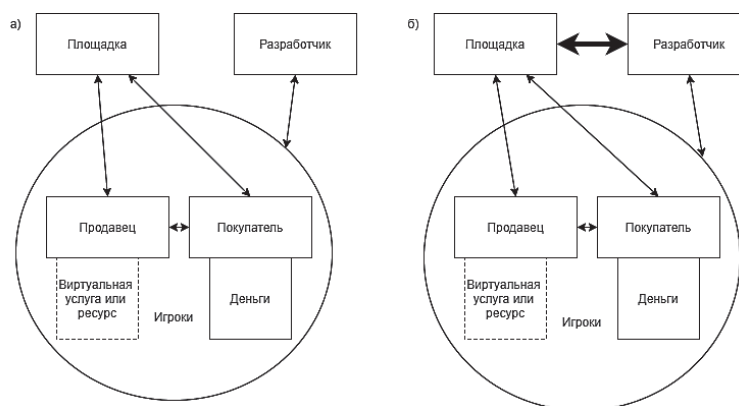
Аннотация. В статье рассматривается существующая модель организации продажи виртуальных игровых ресурсов, проводится анализ проблем, предлагается вариант улучшенной модели организации игровых ресурсов, а также алгоритм действий улучшенной модели.

Abstract. The article examines the current model of organizing the sale of virtual game resources, analyzes the problems, proposes a variant of an improved model for organizing game resources, and also presents an algorithm of actions for the improved model.

Ключевые слова: модель, технология, виртуальные игровые ресурсы.

Keywords: model, technology, virtuality game resources.

На текущий момент рынок продажи виртуальных игровых ресурсов, это растущий рынок, который с каждым годом набирает все большие обороты. В год игровые и околоигровые компании зарабатывают до 50 миллиардов долларов на продаже игровых ценностей, развитии аккаунтов других игроков, а также на их обучении. Это в сотни раз больше, чем в 2004 году, когда рынок только зарождался. Тогда объём торговли игровыми предметами и услугами за реальные деньги между пользователями онлайн-игр впервые превысил \$100 млн. Его называли виртуальной экономикой (ещё этот рынок называют Real Money Trade и Secondary Market of Online Games) [2]. Также важно отметить, что данный рынок, несет в себе и определенные риски. Большинство услуг предоставляемых рынком идут в обход пользовательского соглашения, условия которого принимает каждый игрок, перед тем как начать играть в любую онлайн игру. Нарушение пунктов соглашения ведет к блокировке либо персонажа, либо аккаунта. Данная проблема существует с самого момента появления рынка и является одним из основных недостатков рынка. Сам рынок устроен таким образом, что покупатель находит продавца на одной из специализированных торговых площадках, продавец выполняет свою работу и получает за нее деньги, которые выплачивает ему покупатель, а площадка получает комиссию. Ниже представлена существующая модель организации продажи виртуальных игровых ресурсов, она включает в себе три класса: игроки площадка и разработчик (рисунок 1а).



а - существующая модель; б – улучшенная модель

Рисунок 1- модель организации продажи виртуальных игровых ресурсов

Игроки делятся еще на два подкласса продавца и покупателя. Игроки взаимодействуют с разработчиками, как и разработчики с игроками, продавцы с покупателями взаимодействуют как между собой, так и с площадкой. Данная модель имеет одну основную проблему, которая заключается в нарушении игроками пользовательского соглашения, к примеру, за нарушение пункта С.iii. лицензионного соглашения Blizzard с конечным пользователем приведет к ограничению лицензии игрока. Компания Blizzard вправе приостановить или прекратить действие лицензии игрока на использование платформы или ее частей. В связи с этим предлагается версия улучшенной модели созданной с целью решения указанной проблемы (рисунок 1б). Ключевым отличием улучшенной модели является наличие договора между площадкой и разработчиком, который включает в себя перечень услуг, и не вредит напрямую другим игрокам, при этом учитывает пользовательское соглашение. К примеру, в улучшенной модели игрок не будет заблокирован так как, действия запрещенные пунктом С.iii лицензионного соглашения Blizzard будут разрешены в улучшенной модели. Данная модель позволит игрокам пользоваться услугами рынка, и при этом не беспокоиться о том, что их аккаунт будет заблокирован, а часть денег, которые получает продавец, также будет идти разработчику. Также к данной модели предлагается алгоритм ее действий (рисунок 2).

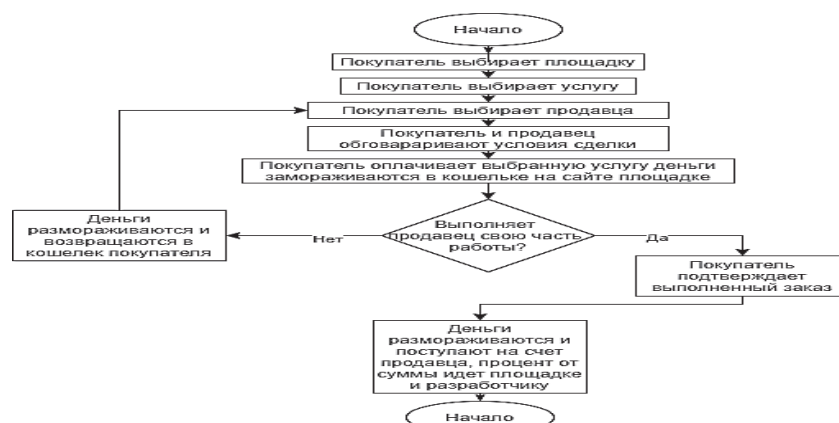


Рисунок 2 – Алгоритм действий, улучшенной модели организации продажи виртуальных игровых ресурсов

Данный алгоритм описывает действия, которые происходят в улучшенной модели. Сначала покупатель выбирает площадку услугу и продавца. Следом покупатель оплачивает услугу, а деньги замораживаются в кошельке на сайте площадки. Потом если продавец выполняет условия сделки, покупатель подтверждает выполнение, и деньги поступают на счет продавца, часть из них идет площадке и разработчику. Если же продавец не выполняет условия, то покупатель отказывается от услуг продавца, деньги размораживаются и возвращаются в кошелек покупателя, после чего покупатель выбирает себе нового продавца. Ожидаем результатом улучшенной модели, будет ряд плюсов для каждого объекта. Для игроков плюсом является сокращение рисков при реализации процедур покупки, продажи виртуальных игровых ресурсов. Для разработчика, дополнительная прибыль в виде процента от стоимости со сделок совершенных на площадке. Клиентская база площадки возрастет, из-за снижения рисков пользования площадкой для игроков, и в связи с этим вырастет и прибыль площадки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 VIRTUAL GOODS ECONOMY: HOW BLOCKCHAIN COULD EMPOWER GAMERS // IRISH TECH NEWS URL: Virtual goods economy: how blockchain could empower gamers - Irish Tech News (Дата обращения: 07.04.2021).

2 LegionFarm – проект, который поможет геймерам обеспечивать себя // VC.RU. URL: LegionFarm — проект, который поможет геймерам обеспечивать себя — Трибуна на vc.ru (Дата обращения: 07.04.2021).

3 Как зарабатывать на играх без вложений: обзор торговой платформы Overgear // MMOGLOBUS.RU URL Обзор Overgear: Как зарабатывать на играх без вложений (mmoglobus.ru) (Дата обращения: 07.04.2021).

УДК 004.65

Пугачева Алина Игоревна, студент; Pugacheva Alina Igorevna

Егорова Валерия Павловна, старший преподаватель; Egorova Valeria Pavlovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ БАЗЫ ДАННЫХ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМ КОМПЛЕКСОМ

TO THE QUESTION OF DEVELOPMENT OF THE DATABASE OF THE CONTROL SYSTEM OF THE ROBOTIC COMPLEX

Аннотация. В данной работе рассматривается процесс научно-исследовательской деятельности по разработке эскиза структуры базы данных, хранения основных параметров работы технологического процесса. Так же рассматриваются вопросы значимости и особенности данной базы данных.

Abstract. This paper discusses the process of research activities to develop a sketch of the database structure, storage of the main parameters of the technological process. It also considers the issues of significance and features of this database.

Ключевые слова: база данных, разработка, структура, оборудование, робот, персонал.

Keywords: database, development, structure, equipment, robot, personnel.

Введение.

На каждом предприятии нужна своя база данных (далее БД), для оптимизации работы этого предприятия. С появлением структурированной информации в виде БД любой сотрудник (человек, который так или иначе привязан к предприятию) сможет сориентироваться в той сфере, в которой и составлена сама БД. Такая система позволит автоматизировать процессы и повысить эффективность организации.

В процессе исследования роботизированного оборудования были проведены работы в области робототехники, изучена литература в виде статей. В задачах роботизированных процессах авторами работ [1],[2],[3],[4],[5], [6],[7] были рассмотрены разделы: организационно-технологические системы, экспертные системы, классовая модель компетенций, потенциал оптимизации роботизированных процессов, имея достаточно информации для базы данных было принято решение создать БД для организации с промышленным робототехническим комплексом для быстрой ориентировки по теоретическим и практическим задачам.

В начале изучения вопроса распределения данных промышленного предприятия нужно «разбить» по группам, которые впоследствии разделить еще раз, чтобы структура БД была полная (сам процесс представим в виде дерева целей).

Предварительно рассмотрим самые большие группы: три составные, а именно: оборудование, персонал, документация.

Получившиеся дерево целей подставлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура БД промышленного предприятия

После этого расположим эти группы, так чтобы все три блока имели разветвления. Первый шаг: блок «оборудование». В центре робототехники оборудование можно поделить на основные, вспомогательные и прочее (в то место относятся светильники, столы, стулья и другие «мелкие детали»).

На рисунке 2 представлена декомпозиция блока «оборудование».

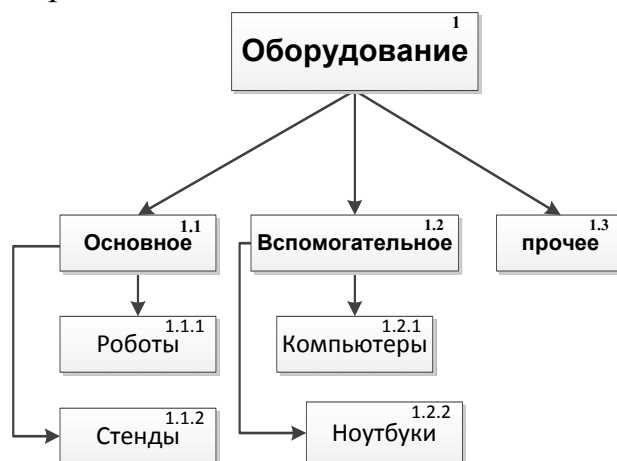


Рисунок 2 – Структура блока «оборудование»

Далее представлено развернутое описание состава оборудования роботизированной техники. Акцент сделан на данный сегмент, для того чтобы указать на основное оборудование, которое чаще всего участвует в научно-технических процессах. На рисунке 3 указана декомпозиция блока «роботы».

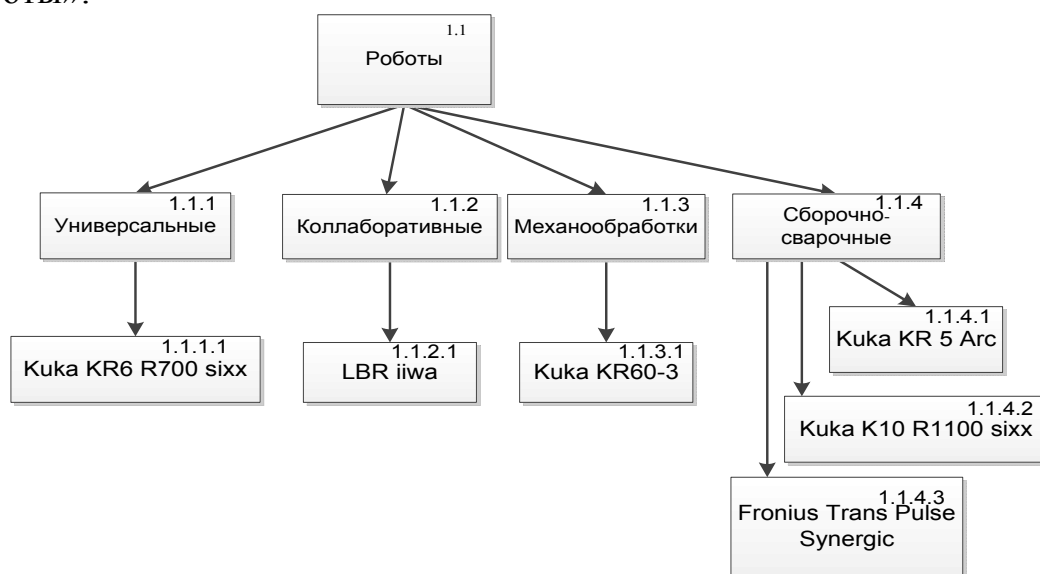


Рисунок 3 – Детализация блока «роботы»

На иллюстрации выше показано, что слот «роботы» делится еще на несколько подгрупп, которые распределяются на: коллаборативные; сборочно-сварочные; роботизированная ячейка механообработки; универсальные роботизированные учебные ячейки.

Чтобы спроектировать базу данных, были собраны атрибуты, которые уникальным образом идентифицируют каждый объект реального времени, было принято решение сформировать их в общий фрейм, который показан в таблице 1.

Таблица 1 – Распределенные данные для БД

Модель промышленного робота	KUKA KR60-3	KUKA KR 5 Arc	KUKA KR 10 R 1100 sixx
Специализация	универсальный	универсальный, для дуговой сварки	универсальный для точных манипуляций
Количество осей, шт	6	6	6
Достигаемость, мм	2400	1412	1101
Точность (повторяемость), мм	0,06	0,04	0,03
Радиус действия, мм	2033	1412	1101
Объем рабочего пространства, м ²	27,2	8,4	,2
Уровень громкости звука, дБ	<75	<75	<70
Рекомендуемая температура окружающей среды при эксплуатации, °С	от +10 до +55	от +10 до +55	от 0 до +45
Вес манипулятора, кг	665	127	54
Максимальная грузоподъемность, кг	95	37	11,1
Номинальная грузоподъемность, кг	60	5	10
Доп. грузоподъемность манипулятора/балансира/карусели, кг	35/-/-	12/-/20	-/-/-
Модель руки	ZH 30/45/60	ZH 5 Arc	ZH 10 R 1100
Класс защиты робота/центральной руки	IP65/IP67	IP54/IP65	IP65/IP67
Пульт управления	Kuka smartPAD	Kuka smartPAD	Kuka smartPAD
Монтажное расположение	на полу, на потолке	на полу, на потолке	на полу, на потолке, на стене, любой угол
Тип запястья	классический	классический	классический
Страна производитель	Германия	Германия	Германия

Иерархия структуры центра робототехники складывается, как представлено на рисунках 1-3. Оптимально собрать БД именно так, поскольку лучше разделить всю структуру центра на три главных критерия, а их еще на несколько ячеек, тем самым перед глазами образуется удобная схема по разбору составляющих учебного центра.

Были произведены обширные исследования требований пользователей к функционированию базы данных и поэтому можно сказать, что БД обеспечивает естественное, легкое для восприятия структурирование информации, позволяет делать запросы более «прозрачными» и легкими для понимания, удовлетворяет требованиям пользователей к производительности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ефимов, А.Ю. Идентификация нелинейных зависимостей энергопотребления промышленного робота в задачах повышения эффективности управления автоматизированным технологическим процессом. Электротехнические системы и комплексы. / А. Ю. Ефимов, М.А. Горькавый, В.А. Соловьев. 2020. № 2 (47). С. 64-71.

2 Ефимов, А.Ю. Идентификация нелинейных зависимостей энергопотребления промышленного робота в задачах повышения эффективности управления автоматизированным технологическим процессом / А.Ю. Ефимов, М.А. Горькавый, В.А. Соловьев. Электротехнические системы и комплексы. 2020. № 2 (47). С. 64-71.

3 Горькавый, А.И. Математические основы элементов, систем и процессов управления / А.И. Горькавый, М.А. Горькавый. Учебное пособие. Комсомольск-на-Амуре, 2016.

4 Горькавый, М.А. Объектно-ориентированный подход к разработке моделей компетенций для повышения эффективности производственных процессов / М.А. Горькавый, В.А. Соловьев. Объектные системы. 2010. № 2 (2). С. 52-55.

5 Горькавый, М.А. Синтез нечеткой модели компетенций технического персонала промышленного предприятия / М.А. Горькавый, В.А. Соловьев. Информатика и системы управления. 2010. № 1 (23). С. 128-140.

6 Пугачева, А.И. Исследование методов эффективной организации и оптимизации баз данных промышленного предприятия / А.И. Пугачева, М.А. Горькавый. В сборнике: МОЛОДЕЖЬ И НАУКА: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 3 ч. Комсомольск-на-Амуре: 2020. - С. 329-331.

7 Efimov, A. Predicting power consumption of robotic complex based on neuro-fuzzy system / A. Efimov, M. Gorkavyu, A. Gorkavyu. В сборнике: Proceedings - 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2020. 2020. С. 9112066.

УДК 65.011.56

Савельева Алена Сергеевна, студентка; Savelyeva Alena Sergeevna
Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, профессор;
Kudelko Anatoly Romanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОЕКТА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ ГИБКОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

DEVELOPMENT OF A PROJECT MODEL FOR AUTOMATION OF THE CASTING PRODUCTION PROCESS BY IMPLEMENTING A FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM

Аннотация. В статье приводится подход к решению проблемы автоматизации на малых обрабатывающих производствах. В настоящее время в России, многие предприятия и фирмы стараются заниматься внедрением и освоением гибких автоматизированных производственных систем. К таким действиям предприятия вынуждают условия рынка и условия конкуренции, где выигрывают предприятия с наименьшими затратами на производимые изделия и продукцией более высокого качества. Перспективность реализации данного проекта на практике может позволить предприятию

повысить свою конкурентоспособность среди прочих фирм и предприятий, занимающихся аналогичной типовой деятельностью, но не имеющих подобной технологии.

Abstract. The article provides an approach to solving the problem of automation in small manufacturing industries. Currently in Russia, many enterprises and firms are trying to engage in the implementation and development of flexible automated manufacturing systems. Enterprises are forced to take such actions by market conditions and competitive conditions, where enterprises with the lowest costs for manufactured products and higher quality products win. The prospects for the implementation of this project in practice can allow the enterprise to increase its competitiveness among other firms and enterprises engaged in similar typical activities, but do not have such technology.

Ключевые слова: ГАПС, автоматизация, робототехническая линия, литейное производство.

Keywords: FAMS, automation, robotic line, foundry.

В настоящий момент многие предприятия все еще используют человеческий труд. Например, в литейном производстве не все предприятия являются автоматизированными, ведь из-за низкого товарооборота таких предприятий они не могут позволить себе потратить большую сумму на современную роботизированную линию. Сравнивая характеристики при выборе робота, можно сделать вывод, что есть роботы с вторичного рынка, схожие по характеристикам, но в разы дешевле по стоимости. Единственным осложнением при применении данного робота является отсутствие актуальной системы управления. Вследствие чего для введения робота в эксплуатацию потребуются дополнительные материальные вложения на разработку и схемы управления. Однако, несмотря на это, ввиду деятельности предприятия, предполагающего технологический процесс, не требуется большая точность в предусмотренных операциях, поэтому использование роботов со вторичных рынков является наиболее актуальным

На рисунке 1 представлена декомпозиция третьего уровня, где в технологическом процессе человеческие ресурсы используются в виде оператора ЧПУ, контролирующего процесс литейного производства роботами.

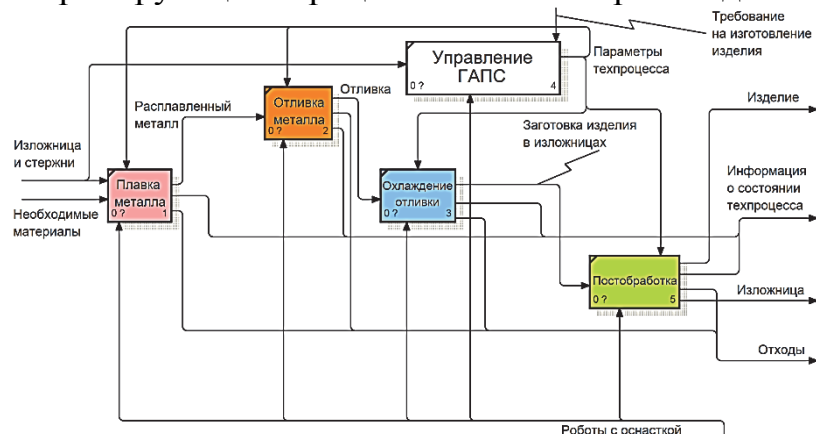


Рисунок 1 – Функциональная модель технологического процесса отливки изделия

Робототехнические системы в данном случае имеют специальную оснастку, поэтому полностью исключают стороннее оборудование и инструменты. Конструкторский отдел изменен на единую систему с базой данных, включающей в себя многопараметрические зависимости процесса плавления и охлаждения различных материалов с пороговыми значениями температур по деформациям, вязкости и текучести жидкого состояния металлов, необходимых в трех основных этапах – плавке, отливу и охлаждению металлов. Точность робототехнических систем позволяет контролировать технологический процесс, исключая травмы, вредность производства для людей, а также уменьшая количество брака и отходов, сводя их к нулю. Декомпозиции второго и первого уровней модели производства, предусматривающего внедрение гибкой автоматизированной производственной системы в виде робототехнической линии, имеющей технологические операции. Блок управления ГАПС в данном случае берет на себя всю часть работ, связанных с точностью отлива, равномерностью подачи и контролем над температурой заготовки, убирая человеческий фактор из технологических операций и уменьшая тем самым время выполнения каждой итерации производственного цикла изделия.

Процесс автоматизации производства приводит к позитивным результатам: исключение ошибок из-за человеческого фактора, повышение качества продукции, снижение издержек, однако при этом появляется необходимость повышения уровня подготовки сотрудников (менеджеров, операторов станков, пользователей и администраторов АРМ). Человек становится системным аналитиком, оперативно реагирующим на технические и иные условия, состояния производства, работу автоматизированных линий и систем.

Традиционная работа оператора устройства или системы (ручное управление станками) заменяется автоматизированным процессом управления и контроля на участках, производственных линиях, оперативному исправлению ставших уже редкими неисправностей, генерации автоматизированных отчетов. Изменяется сам характер труда. Изменяется содержание (наполнение) рабочей квалификации. Многие профессии, базирующиеся на физическом и неквалифицированном труде, отмирают. В целом это процесс развития предприятия, и в современном мире автоматизация становится все более и более востребованной и необходимой для развития компании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Морозов В.К., Рогачев Г.Н. Моделирование информационных и динамических систем М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 384 с.
- 2 Калабеков И.Г. Российские реформы в цифрах и фактах. (Издание второе, переработанное и дополненное). – М.: РУСАКИ, 2010. – 498 с.
- 3 ГОСТ 26228-90 - Системы производственные гибкие.
- 4 Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS.3-е изд.-СПб.:Питер;Киев:Издательская группа BHV, 2004.-847 с., ил.

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. 84 – 91 с.

6 Ефимов А.Ю., Горькавый М.А., Соловьев В.А. Идентификация нелинейных зависимостей энергопотребления промышленного робота в задачах повышения эффективности управления автоматизированным технологическим процессом : В сборнике: Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы международной научно-практической конференции. С.В. Белых (отв. ред.). 2017.– 88 – 90 с.

УДК 338.984

Соколова Вера Сергеевна, аспирант; Sokolova Vera Sergeevna

Зайченко Илья Владимирович, доцент; Zaychenko Ilya Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТА

BUSINESS PLANNING INNOVATIVE TECHNOLOGICAL PROJECT

Аннотация. В данной работе было осуществлено бизнес-планирование и оценка эффективности инвестиционно-инновационного проекта разработки технологии нанесения жаростойкого металлокерамического покрытия в системе Project Expert.

Abstract. In this work, business planning and an assessment of the effectiveness of an investment and innovation project for the development of a technology for applying a heat-resistant cermet coating in the Project Expert system were carried out.

Ключевые слова: бизнес планирование, инновационный проект.

Keywords: business planning, innovative project.

Бизнес планирование является важной составляющей процесса инновационного проектирования. Данная процедура дает понимание цели руководителя проекта внедрения на производство новой технологии и позволяет оценить целесообразность, экономическую эффективность или неэффективность новшеств. Сегодня используется большое количество инструментов для планирования и управления инновационными процессами [1,2,3]. Примером таких процессов служит внедрение технологий на производство. Авторами [4] предлагается способ нанесения жаростойкого металлокерамического покрытия на изделие из жаропрочного сплава в области машиностроения. Технология направлена на повышение прочности и жаростойкости покрытия изделий.

В работе было осуществлено бизнес-планирование проекта разработки технологии нанесения жаростойкого металлокерамического покрытия [5].

Был составлен календарный план-график проекта разработки технологии нанесения жаростойкого металлокерамического покрытия, с указанием стоимости и длительности этапов проекта. На рисунке 1 представлен календарный план-график проекта. В графике указаны наименования работ, длительность, дата начала и дата окончания. Также указана стоимость каждого из этапов.

Была внесена информация по инвестициям, льготам по налогу на прибыль и другие поступления. Также аренда и дивиденды отнесённые к другим поступлениям. Были внесены сами налоги, отчисляемые предприятием. Баланс наличности на конец периода составил 719 639,83 руб.

№	Наименование этапа	Длительность	Дата начала	Дата окончания	tt	Стоимость (руб.)
1	Разработка технического задания	9	01.11.2017	09.11.2017		15 420,57
2	Разработка предварительного комплекса технологических документов	5	09.11.2017	14.11.2017		77 142,88
3	Заполнение комплексной карты	1	10.11.2017	11.11.2017		2 571,43
4	Заполнение ведомостей деталей, сборки и материалов	1	11.11.2017	12.11.2017		5 142,86
5	Работы, сопутствующие разработке технологии	1	12.11.2017	13.11.2017		18 000,00
6	Составление заявок и расчетов потребности на сырье	1	13.11.2017	14.11.2017		2 571,43
7	Работы по составлению заявок на оксидацию техно-	1	13.11.2017	14.11.2017		5 142,86
8	Разработка маршрутной технологической документации	1	09.11.2017	10.11.2017		5 142,86
9	НИР, обеспечивающие разработку директивной	549	14.11.2017	17.05.2019		2 130 000,00
10	Приобретение материалов	30	14.11.2017	14.12.2017		22 000,00
11	Изготовление образцов для технологических испытаний	31	14.12.2017	14.01.2018		90 000,00
12	Отработка технологии электрохимической обработки	31	14.01.2018	14.02.2018		80 000,00
13	Сопоставление чертежей заготовок под электрохими-	46	14.02.2018	01.04.2018		13 000,00
14	Проектирование технологической оснастки	46	01.04.2018	17.05.2018		100 000,00
15	Изготовление технологической оснастки	76	17.05.2018	01.03.2019		275 000,00
16	Изготовление заготовок для деталей каждого на-	76	01.03.2019	16.10.2018		250 000,00
17	Опытно-технологические работы	167	16.10.2018	01.04.2019		300 000,00
18	Изготовление мастер-деталей и передача их испол-	76	16.10.2018	31.12.2018		100 000,00
19	Обработка опытной партии деталей на оборудова-	91	31.12.2018	01.04.2019		50 000,00
20	Составление отчета о НИР	46	01.04.2019	17.05.2019		10 000,00
21	Разработка средств технического оснащения дирек-	18	17.05.2019	04.06.2019		96 695,72
22	Конструирование (проектирование) приспособле-	11	17.05.2019	28.05.2019		33 942,86
23	Конструирование (проектирование) инструмента	7	28.05.2019	04.06.2019		14 400,00
24	Разработка комплекта документации	60	17.06.2019	16.08.2019		219 428,56
25	Разработка технологических документов на литье	0	17.06.2019	17.06.2019		3 428,57
26	Разработка технологических документов на механи-	15	17.06.2019	02.07.2019		25 714,29
27	Разработка операционных карт ТП на токарные ра-	2	02.07.2019	04.07.2019		3 428,57
28	Разработка документов на технологические опера-	6	04.07.2019	10.07.2019		10 285,71
29	Разработка технологических документов на сборку	37	10.07.2019	16.08.2019		63 428,57
30	Разработка технологических документов на нанесе-	0	16.08.2019	16.08.2019		3 428,57
31	Разработка методов технического контроля и испы-	1	16.08.2019	17.08.2019		0,00
32	Заполнение операционных карт технологического кон-	1	17.08.2019	18.08.2019		0,00
33	Контроль документации ТП	2	18.08.2019	20.08.2019		1 714,29
34	Проектирование производственной группы оборуд-	22	20.08.2019	11.09.2019		349 714,29
35	Разработка планировки производственной группы	2	20.08.2019	22.08.2019		3 428,57
36	Монтаж и отладка технологического комплекса	20	22.08.2019	11.09.2019		171 428,57
37	Технологическая подготовка производства к изгото-	80	11.09.2019	30.11.2019		686 571,43
38	Внедрение ТП и экономия работ оборудования	20	11.09.2019	01.10.2019		68 571,43
39	Работы по расчету экономической эффективности	1	11.09.2019	12.09.2019		0,00
40	Изготовление установочной серии и работы по реа-	80	11.09.2019	30.11.2019		274 285,71

Рисунок 1 - Календарный план-график проекта

Баланс проекта показал, что расчеты произведены правильно, так как суммарный актив равен суммарному пассиву.

Приведем расчет экономических показателей эффективности проекта (рисунок 3) и сделаем вывод об экономической целесообразности рассмотренного инвестиционно-инновационного проекта.

Рубли	Ставка дисконтирования	6,00	%
	Период окупаемости - РВ	12	мес.
	Дисконтированный период окупаемости - DPB	12	мес.
	Средняя норма рентабельности - ARR	105,39	%
	Чистый приведенный доход - NPV	636 218	
	Индекс прибыльности - PI	2,01	
	Внутренняя норма рентабельности - IRR	177,30	%
	Модифицированная внутренняя норма рентабельности - MIRR	36,37	%
	Длительность - D	1,31	лет

Рисунок 3 – Показатели экономической эффективности

Период окупаемости проекта составляет 12 месяцев, индекс прибыльности равен 2,01, а средняя норма рентабельности 105,39 %. Данные показатели доказывают привлекательность рассматриваемого проекта. Таким образом, реализация проекта разработки технологии нанесения жаростойкого металлокерамического покрытия является экономически целесообразной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Грабарь Д.М., Куделько А.Р. Использование интеллектуальных технологий для повышения эффективности производства продуктов пчеловодства // Молодежь и наука. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 3 ч. Комсомольск-на-Амуре, 2020. С. 212-215.

2 Горькавый М.А. Интеллектуальные системы в задачах управления техническими и организационно-технологическими процессами: учеб. пособие / Горькавый М.А., Горькавый А.И. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2016. – 117 с.

3 Горькавый, М. А. Инструменты управления инновационными проектами : учебное пособие для вузов / М. А. Горькавый, В. П. Егорова, В. В. Болдырев. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. -97 с.

4 Пат. 2014145409 Российская Федерация, МПК В82В 3/00, С23С 14/34, С23С 14/02, С23С 30/00. Жаростойкое металлокерамическое покрытие и способ его нанесения / Е.В. Васильев, П.А. Мельников, А.Н. Попов, С.А. Марушин ; заявитель и патентообладатель Е.В. Васильев, П.А. Мельников, А.Н. Попов, С.А. Марушин. - № 2 614 320 С2; заявл. 11.11.14 ; опубл. 24.03.17, Бюл. № 9. – 6 с.

5 Соколова В.С., Зайченко И.В. Оценка энергоэффективности теплоизоляционных материалов генераторного блока автономной энергосберегающей системы тригенерации // Молодежь и наука. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 3 ч. Комсомольск-на-Амуре, 2020. С. 337-339.

УДК 004.94

Соколова Вера Сергеевна, аспирант; Sokolova Vera Sergeevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

КОНТЕКСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

CONTEXT MODELING OF ELEMENTS OF COMPLEX TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию принципов контекстного моделирования элементов когенерационной установки с учетом технологических особенностей.

Abstract. This work is devoted to the study of the principles of contextual modeling of the elements of a cogeneration plant, taking into account technological features.

Ключевые слова: контекстное моделирование, когенерационная установка.

Keywords: context modeling, cogeneration plant.

Моделирование (в широком смысле) является основным методом исследований во всех областях знаний и научно обоснованным методом оценок характеристик сложных систем, используемым для принятия решений в различных сферах инженерной деятельности [1, 2, 3]. Существующие и проектируемые системы можно эффективно исследовать с помощью математических моделей (аналитических и имитационных), реализуемых на современных ЭВМ, которые в этом случае выступают в качестве инструмента экспериментатора с моделью системы [4, 5, 6].

В основе контекстного моделирования лежит принцип всеобщего взаимовлияния элементов, составляющих систему, друг на друга. Идентификация существующих внутренних связей, определяющих характер такого взаимовлияния, является одной из наиболее значимых задач при моделировании технических систем [7, 8].

В рамках проведенного исследования был проанализирован состав когенерационной установки. Когенерационная установка состоит из силового агрегата, электрогенератора, системы утилизации тепла, системы контроля и управления, контейнера (рисунок 1). Принцип работы когенерационной установки следующий: силовой агрегат когенерационной установки приводит в действие электрогенератор, электрогенератор преобразовывает механическую энергию вращающегося коленчатого вала двигателя в электроэнергию. Отвод выделяющейся от двигателя тепловой энергии осуществляется через систему утилизации тепла, состоящую из теплообменников охлаждающей жидкости и отработавших газов (водо-водяной теплообменник, газо-водотрубный котел-утилизатор выхлопных газов). Циркулирующая по замкнутому контуру охлаждающая жидкость выходит из системы охлаждения газопоршневого двигателя, где происходит отбор тепла от внутреннего контура двигателя (включая тепловую энергию охлаждения масла, охлаждения воды рубашки двигателя, охлаждения топливной смеси). Затем она поступает в водо-водяной теплообменник, где подогревает сетевую воду (первая ступень подогрева сетевой воды).

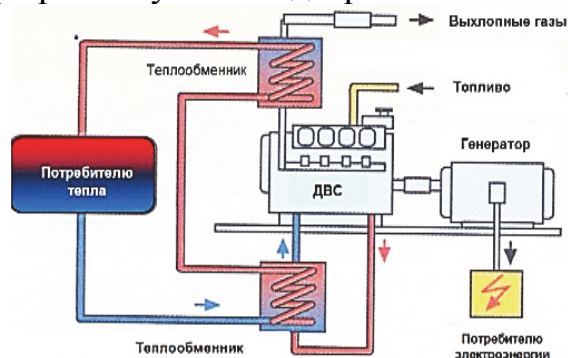


Рисунок 1- Структурно-технологическая схема работы установки

Далее сетевая вода поступает в газо-водотрубный котел-утилизатор выхлопных газов, где осуществляется ее подогрев до температуры 90-115°C за счет охлаждения выхлопных газов двигателя, температура которых достигает 450-500°C (вторая ступень подогрева сетевой воды). Охлажденные до температуры 120-130°C выхлопные газы выбрасываются.

6 Burkov A.F., Zaychenko I.V., Goncharova S.A. Development of a comprehensive criterion for evaluating the ergonomics configuration of the seat // 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", EastConf 2019. 2019. С. 8725313.

7 Гордин С.А., Зайченко И.В. Об интеллектуальной адаптации пидрегулирования в системах управления котлов малой мощности // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2020. № 3. С. 95-99.

8 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.

УДК005.81: 005.82

Финогеев Марк Александрович, студент бакалавриата;

Finogeev Mark Alexandrovich

Полохова Дарья Андреевна, студент бакалавриата;

Polokhova Dar'ya Andreyevna

Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент;

Gor'kavyu Mikhail Aleksandrovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЕДЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРИЕНТИРОВАННОЙ НА СОКРАЩЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЗАДАЧ ПРОЕКТА

DEVELOPMENT OF A PROJECT CONDUCTING PROCEDURE ACTIVITIES ORIENTED TO REDUCE TIME RESOURCES WHEN PLANNING AND DISTRIBUTION OF PROJECT TASKS

Аннотация. На сегодняшний день практически все современные инструменты для ведения проектной деятельности не способны адаптироваться под быстро изменяющиеся события в ходе реализации проекта, поэтому была рассмотрена новая методика, которая позволит сократить временные ресурсы на планирование проекта путем оптимизированного набора функциональных инструментов.

Abstract. Today, almost all modern tools for conducting project activities are not able to adapt to rapidly changing events during the implementation of the project, therefore, a new technique was considered that will reduce the time resources for project planning through an optimized set of functional tools.

Ключевые слова: планирование, управление проектом, проектная деятельность.

Keywords: planning, project management, project activities.

Разработка и ведение проекта начинается с формирования плана формулировки задач. Данный процесс занимает значительное количество временных ресурсов. В ходе выполнения этих процессов необходимо распределить задачи, установить сроки начала и окончания рассматриваемых этапов, спрогнозировать возможный исход полученных результатов по выполнению той или иной задачи.

Одной из главных проблем ведения проектной деятельности является то, что по окончании (завершению) этапа, события и/или задачи мы не можем точно определить какой будет результат у данного этапа, а ведь именно начало выполнения следующей задачи зависит от результата предыдущей. Если результат не очевиден или он не соответствует требуемым ожиданиям или его вообще нет, то соответственно нельзя приступить к выполнению следующей задачи, что в свою очередь сбивает установленное время на реализацию последующих этапов и прочих событий. При недостигнутом результате все ранее планируемое время сдвигается, и последующие задания могут быть не актуальными.

Требуется пересмотр первоначально сформулированного плана, его корректировка или может быть даже изменение, при том, что уже были потрачены временные ресурсы на его составление и разработку. Мнение о том, что задуманное будет развиваться по заранее намеченному плану, является ошибочным.

Одна задача, которую не выполнили в срок, сбивает все последующие события, и все идет не так, как было запланировано. При использовании современных методик оформленных в формате программных продуктов возникает ряд сложностей связанных с появлением лишней работы на составление задач и зависимости одного события от другого. Существующий инструментарий программных продуктов в области ведения проектной деятельности при реализации реальных проектов требует специализированных навыков работы с ним.

В ходе планирования и реализации проекта необходимо учитывать что: существует большая вероятность, что работа пойдет не по плану; может появиться лишняя работа по планированию задач; у каждой задачи нет конкретного результата; нет возможности планировать конечный результат работы; сформировать полный план работ достаточно трудно; будущий этап проекта может быть видоизменен.

Таким образом, в проекте всегда присутствуют фактор неопределенности, который вносит свои корректировки и заставляет тратить различные виды ресурсов, как финансовые, так и временные.

При формировании новой методики было принято решение о необходимости убрать излишний функционал из других способов ведения проекта и добавить наиболее эффективные инструменты такие как: лента времени, функция составления задач будущего и оценка результата. Результат предполагается оценивать по следующим категориям: достигнут, в процессе, ошибочен, достигаем в будущем, или его просто нет (рисунок 1).

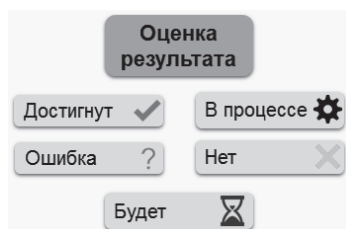


Рисунок 1 – Графическое изображение оценки этапов

Плюсами данной методики ведения проектной деятельности являются ее гибкость, отсутствие четкой привязки ко времени, возможность учитывать задачи, которые точно будут в проект, но когда именно – неизвестно.

Предположим, что, если бы абстрактный проект формировался с помощью инструментария программы Microsoft Project (таблица 1), то на его планирование потребовалось бы около четырех часов, так как для работы с ним необходимо иметь определенный навык. Что касается разрабатываемой методики, то на оформление аналогичного проекта, такой же сложности, потратится в среднем 15 минут (рисунок 2).

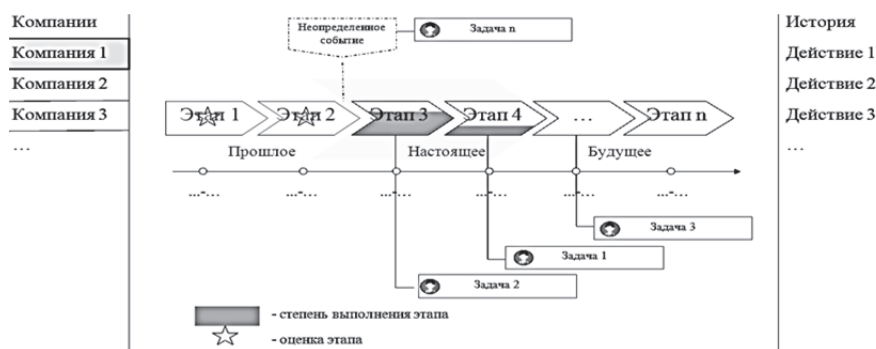


Рисунок 2 – Визуальное представление методики ведения проектной деятельности

Из данного рисунка видно, что у каждого этапа есть собственный процент выполнения, они разделяются на подзадачи, распределенные между участниками проекта, и каждый прошедший этап имеет свою оценку.

Таблица 1 – Сравнение с инструментарием программных обеспечений

	Инструментарий Trello	Инструментарий Microsoft Project	Предлагаемая методика
Степень интуитивной понятности	+/-	+/-	+
Дополнительный функционал	+	+	
Простота работы			+
Цена	+		+
Распределение задач между сотрудниками	+	+	+
Оценка этапов			+

К достоинствам разрабатываемой методики можно отнести: простоту и функциональность, удобство в использовании для начинающих пользователей, целесообразность использования для небольших/простых проектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Антонов, Г.Д. Управление проектами организации: Уч. / Г.Д. Антонов, О.П. Иванова, В.М. Тумин. - М.: Инфра-М, 2018. - 64 с.

2 Вольфсон, Б.И. Гибкое управление проектами и продуктами / Б.И. Вольфсон. - СПб.: Питер, 2017. - 144 с.

3 Уэбстер, Гордон Планирование и управление проектами для менеджеров / Гордон Уэбстер. - М.: Дело и сервис, 2006. - 272 с

УДК 620.92

Шушарин Никита Станиславович, студент; Shusharin Nikita Stanislavovich
Бажеряну Виктория Васильевна, аспирантка; Bazheryanu Viktoriya Vasilevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

PROSPECTS FOR THE USE OF PNEUMATIC ENERGY STORAGE IN ALTERNATIVE ENERGY

Аннотация. В статье рассмотрена проблема необходимости разработки альтернативных способов накопления энергии.

Abstract. The article deals with the problem of developing alternative methods of energy storage.

Ключевые слова: пневматическое накопление энергии, окружающая среда, аккумулятор.

Keywords: pneumatic energy storage, environment, battery.

Пандемия COVID-19 спровоцировала резкий спад мировой экономики и серьёзно сократила потребление энергоресурсов, что стало причиной ужесточения конкуренции между производителями энергии. В поисках путей сокращения издержек российские энергокомпании внедряют различные системы мониторинга и управления технологическими процессами генерации на основе сжигания углеводородов [1, 2, 3, 4, 5]. Энергосбережение и снижение экологической нагрузки становится выраженным трендом в стратегии развития крупных промышленных предприятий [6, 7, 8, 9] Одновременно с этим в России активно развивается альтернативная энергетика. Отрасль начала свое развитие всего 7 лет назад, но в нее инвестировано уже более 650 млрд рублей. И чем более энергоэффективными и экологичными становятся источники альтернативной генерации, тем больше вопросов вызывают системы накопления и распределения энергии. В большинстве случаев, используют химические аккумуляторы. Таким образом, пе-

ред всей электроэнергетикой мира стоит проблема необходимости разработки устройства для хранения электроэнергии.

Одним из способов решения указанной проблемы является использование пневматических накопителей энергии. Принцип работы пневматических систем накопления энергии прост. Необходим резервуар, в который попадает охлажденный сжатый воздух и хранится при давлении 50-70 атмосфер. Для того, чтобы воспользоваться накопленной энергией сжатый воздух выкачивается из хранилища, нагревается и проходит через турбину, где поток воздуха заставляет вращать ротор электродвигателя. Данная система была запатентована ещё в 1948 году. Однако первая электростанция с системой пневматического аккумулятора была открыта в Германии в 1978 году. В качестве хранилища с сжатым воздухом использовалась соляная пещера, расположенная на глубине 700 метров. Кроме Германии, в США также реализована подобная система.

Представляется возможным выделить определенные преимущества пневматических аккумуляторов: Исходя из анализа различных характеристик аккумуляторов, можно сделать вывод о том, что пневматические аккумуляторы имеют большой запас энергии, а также являются долговечными. Кроме того, работа пневматических электростанций является безопасной для окружающей среды, так как не выделяет вредных веществ. Но на этапе сжатия воздуха большое количество энергии теряется в виде тепла.

Ученые из Великобритании предложили перспективное решение данной проблемы. Их идея заключается в том, что вместо подземной пещеры в качестве резервуара для сжатого воздуха важно использовать надувные мешки, находящиеся под водой на определенной глубине. Такие мешки являются интересным вариантом, потому что на глубине вода оказывает давление, а плотность накопления энергии пневматического аккумулятора растет прямо пропорционально давлению. Кроме того, такая система дешевле относительно других систем накопления энергии.

Накопители воздуха (мешки) выполнены из двух слоёв: верхний слой изготовлен из полиэфирной армированной ткани, внутренний слой из каучука. Эти два слоя обладают водостойкостью и эластичностью, что позволяет закачивать большое количество сжатого воздуха. Надувные мешки крепятся к наземной конструкции с помощью стальных тросов или арамидных ремней. На глубине 600 метров самый большой накопитель воздуха, способен накапливать около 65 мвт/ч энергии. В то время, когда такую энергию способен накопить литиевый аккумулятор массой 300 тонн.

Таким образом, подобная система накопления энергии заслуживает внимания, поскольку она 1) долговечная, 2) безопасная для окружающей среды, 3) экономически выгодная, что проявляется в недорогой конструкции и обслуживании при большей способности накопления энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гордин С.А., Гринкруг М.С., Зайченко И.В. К вопросу повышения эффективности систем управления дутьём твёрдотопливных котлов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2020. № 5 (45). С. 25-30.

2 Гордин С.А., Зайченко И.В., Бажеряну В.В., Соколова В.С., Махмуродзода З.Р. Корреляционный Анализ Связи Между Температурой Наружного Воздуха И Потребляемой Мощностью Тягодутьевыми Механизмами Отопительных Котельных // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 3. С. 110-112.

3 Гордин С.А., Зайченко И.В. Об интеллектуальной адаптации пид-регулирования в системах управления котлов малой мощности // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2020. № 3. С. 95-99.

4 Соколова В.С., Зайченко И.В. Экспериментальное исследование термодинамического цикла абсорбционной установки // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 274-276.

5 Zaychenko I.V., Bazheryanu V.V., Gordin S.A. Improving the energy efficiency of autoclave equipment by optimizing the technology of manufacturing parts from polymer composite materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019". 2020. С. 032069.

6 Зайченко И.В., Соколова В.С., Гордин С.А., Бажеряну В.В. Параметрическая идентификация и математическое моделирование системы управления микроклиматом предприятия // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 3. С. 59-62.

7 Соколова В.С., Зайченко И.В. Особенности управления микроклиматом при производстве изделий авиационной техники // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 446-449.

8 Burkov A.F., Zaychenko I.V., Goncharova S.A. Development of a comprehensive criterion for evaluating the ergonomics configuration of the seat // 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", EastConf 2019. 2019. С. 8725313.

9 Соколова В.С., Зайченко И.В. Экологический аспект кондиционирования промышленных объектов \\\ Дальневосточная весна - 2018. Материалы 16-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности. 2018. С. 134-136.

УДК 65.3977

Щербаков Александр Александрович, студент:

Shcherbakov Alexander Alexandrovich

Болдырев Владислав Вячеславович – старший преподаватель

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ MES-СИСТЕМЫ НА ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ «АМУРСТАЛЬ»

ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF THE MES SYSTEM AT THE ELECTROMETALLURGICAL ENTERPRISE "AMURSTAL"

Аннотация. В данной работе приведены результаты оценки эффективности внедрения Mes-системы в Электрометаллургический завод «Амурсталь», полученные с помощью статистического анализа данных. Проанализированы тенденции развития Mes-систем. Определены основные проблемы связанные с внедрением Mes-систем в технологические процессы завода.

Abstract. This paper presents the results of evaluating the effectiveness of the implementation of the Mes-system in the Amurstal Electrometallurgical Plant, obtained using statistical data analysis. Trends in the development of Mes-systems are analyzed. The main problems associated with the implementation of Mes-systems in the technological processes of the plant have been identified.

Ключевые слова: Mes-система, автоматизация, производство.

Keywords: Mes-system, automation, production.

Цель исследования: Определить основные проблемы связанные с внедрением Mes-систем в технологические процессы металлургического завода.

Задачи: Анализ развития Mes-систем. Выявление основных проблем связанные с интеграцией Mes-систем. Оценка эффективности внедрения Mes-систем в металлургический завод.

Актуальность: Комплексная автоматизация производства всегда была актуальна в производственном процессе, так как она облегчает работу внутри предприятия, улучшается качество регулирования. Все эти проблемы решаются путем внедрения современных средств автоматизации.

Описание Mes-системы

Между уровнями рабочего процесса и производственного планирования всегда в обороте было обилие бумажных отчетов, которые писали операторы, инженеры, диспетчеры и другие сотрудники. Ведутся бумажные журналы, отчеты составляются в таблицах Excel, режимные листы распечатываются из АСУ ТП, все эти отчеты бесконечно дублируются и передаются из офиса в офис. Отдельной сложной работой, отнимающей много времени, было сокращение материальных остатков. Однако постепенно, позже,

чем на других уровнях, здесь стала происходить автоматизация «бумажного» ручного труда. Начали появляться приложения, написанные для анализа и обработки данных, связанных с технологическими процессами. Все вместе они называются MES.

Система Mes - это уже не отдельное приложение, а интегрированная система, объединяющая промпроизводство. С помощью MES пользователи могут получать информацию обо всех производственных операциях, которые выполняются на предприятии. Это происходит в режиме времени, максимально приближенном к реальному. Это позволяет сделать производство прозрачным и принимать управленческие решения с большой быстротой и мобильностью.

1 Основные проблемы промпредприятия.

Сейчас завод выходит на показатель в более 900 тысяч тонн продукции в год. В то же время, генеральный директор отметил, что мощности завода «Амурсталь», по-прежнему недогружены более чем на 50%. Причина - дефицит лома и неорганизованность структур предприятия. «Амурсталь» способен производить более 2 млн тонн стали в год. Спасение металлургического предприятия, это, прежде всего сохранение стабильной социально-экономической ситуации в крае.

2 Информация о доходности предприятия.

Ниже будет представлена выручка Амурстали с 2012 по 2018 гг.



Рисунок 1- Выручка Амурстали (млрд руб) периода 2012-2018гг

3 Ожидаемые результаты выручки после внедрения системы. Так как при внедрении системы, основная стоимость продукции создается на уровне линий и цехов, эффективность Mes-системы не зависит от количества персонала на предприятии, благодаря этой системе линии могут быть полу-автоматизированными и автоматизированными.

Все расчеты приблизительно описывают будущую выручку предприятия. Ожидаемый рост выручки составит около 20%, а это означает что показатель 14, 3 млрд рублей вырастет до 16,8 млрд рублей и более. Ожидаемый рост производительности на 40% а это означает, что количество выпускаемой продукции увеличится с 900 тысяч тонн до 1260 тысяч тонн.

4 Достоинства и недостатки внедрения системы.

Ниже будет представлена таблица достоинств и недостатков Mes-систем

Таблица 1 - Основные достоинства и недостатки Mes-систем

Достоинства	Недостатки
Увеличение времени безотказной работы предприятия	В некоторых случаях может быть нестыковка модулей программного обеспечения, и будет нужна доработка программного кода
Более точный сбор информации о затратах, например: количество часов работы	Дороговизна интеграции
Внедрение безбумажной системы	Высокая сложность интеграции Mes с системой ЧПУ
Сокращение излишек производства за счет ликвидации инвентарных запасов предприятия в каждом конкретном случае	«Клиент не созрел». Часто предприятие не готово к внедрению информационной системы.
Сокращение количества отходов	Недостаток функционала. Речь идет об отсутствии реализованного решения для интеграции MES с системами ERP и PLM.
Более короткое выполнение плана предприятия	Гарантия на оборудование. Бывают ситуации, когда все готово для реализации проекта, однако производитель оборудования запретил вносить изменения и осуществлять установку дополнительного ПО в систему ЧПУ

5 Ожидаемые результаты

Возможными результатами внедрения MES системы в предприятие могут стать: рост производительности 5-40 %; снижение общей стоимости переработки сырья 12-18 %; сокращение дефектов выпускаемой продукции 10-25 %; понижение объема незавершенного производства 25 %; рост продуктивности работы управленцев на 80 % (снижение запасов 20-40 %; повышение точности учета затрат 15-30 %; повышение степени информированности и введение безбумажного оборота – экономия 30-40 %; увеличение загрузки оборудования на 50 %; спад времени простоев на 10-35 %; убавление запасов запчастей 15-20 %.

Заключение.

В заключении стоит сказать, что вложенные средства на внедрение MES системы, однозначно окупятся, так как стоимость внедрения системы, со специалистами стоит примерно 14 млн рублей. Внедрение этой системы также облегчит планирование и управление общего процесса производства, Mes-система, может также интегрироваться с другими системами, что создаст отличный комплекс по автоматизации предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 MES-системы: функции и преимущества [Электронный ресурс]. – [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:MES системы: функции и преимущества](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:MES_системы:_функции_и_преимущества) – 18 декабря 2013.

2 Официальный сайт предприятия <https://www.amurstal.com/>.

3 Информация о доходности предприятия <https://metallobazy.ru/factory/33>.

4 Официальный сайт “Консультант плюс” [Электронный ресурс]: - http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/3c56333ea62111c2be18b2dac5bcb30a52bb5a25/#dst1295 , Режим свободного доступа: свободный доступ.

5Пример оформления статьи https://www.fin-izdat.ru/about/statya_primer.pdf.

УДК 004.021

Щербakov Алексей Максимович, бакалавр; Shcherbakov Alexey Maksimovich
Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Gorkavui Mikhail Alexandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR ENERGY-EFFICIENT FUNCTIONING OF A ROBOTIC PROCESS

Аннотация. Предложен алгоритм функционирования роботизированного процесса, направленная на снижение энергопотребления. Снижение затрат электроэнергии достигается за счет выбора оптимальной позиции детали в рабочей зоне робота. Представлена блок-схема существующего алгоритма функционирования процесса, а также вариант его модификации.

Abstract. The algorithm of functioning of the robotic process, aimed at reducing energy consumption, is proposed. Reducing energy costs is achieved by selecting the optimal position of the part in the working area of the robot. A flowchart of the existing algorithm for the functioning of the process, as well as a variant of its modification, is presented.

Ключевые слова: алгоритм, оптимизация, электроэнергия, роботизированный процесс, эффективность, производительность, сварка.

Keywords: algorithm, optimization, electrical energy, robotic process, efficiency, productivity, welding.

Для повышения энергоэффективности роботизированного процесса, необходимо учитывать, что каждое перемещение робота-манипулятора – это дополнительные затраты на электроэнергию. Чтоб минимизировать энергопотребление робота, необходимо определить наименее энергоемкие позиции внутри рабочей зоны.

Процедура, представленная в работе [1], позволяет определить при определенной степени дискретизации массив совокупностей троек значений: системы координат детали в глобальной системе координат робота, энергопотребление робота при обработке детали в этой позиции и время

обработки. Алгоритм роботизированного процесса на текущий момент можно описать согласно рисунку 1.

Из блок-схемы видно, что главная цель роботизированного процесса – уложиться в техническое задание по времени, а значит фактор энергопотребления игнорируется.

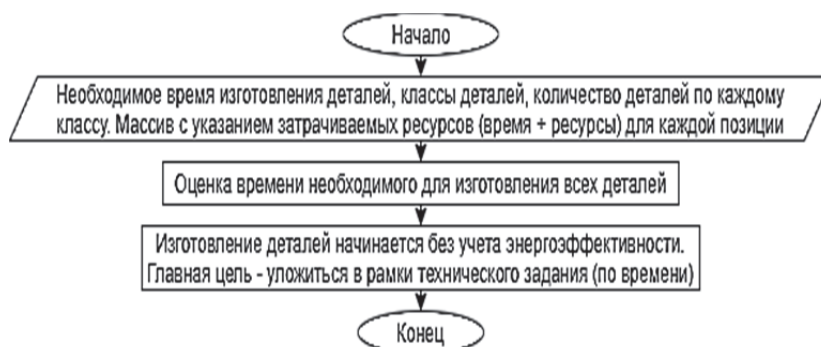


Рисунок 1 – Блок-схема существующего алгоритма роботизированного процесса

Но бывают моменты, когда работа выполняется раньше положенного срока, либо же выполняется в срок, но неэффективно с точки зрения потребления энергии, так как при расположении деталей попросту не учитывается этот фактор. Для таких случаев, необходимо оценивать минимальное возможное время изготовления деталей с учетом матрицы позиций, описанной в статье [1]. Если это время меньше, чем необходимое, то можно уменьшить энергопотребление, путем смены позиций деталей, на которые робот тратит больше всего энергии, но при этом необходимо учитывать временной фактор, так как при смене позиции может увеличиться время на изготовление.

Подробный алгоритм процесса представлен в виде блок схемы на рисунке 2.

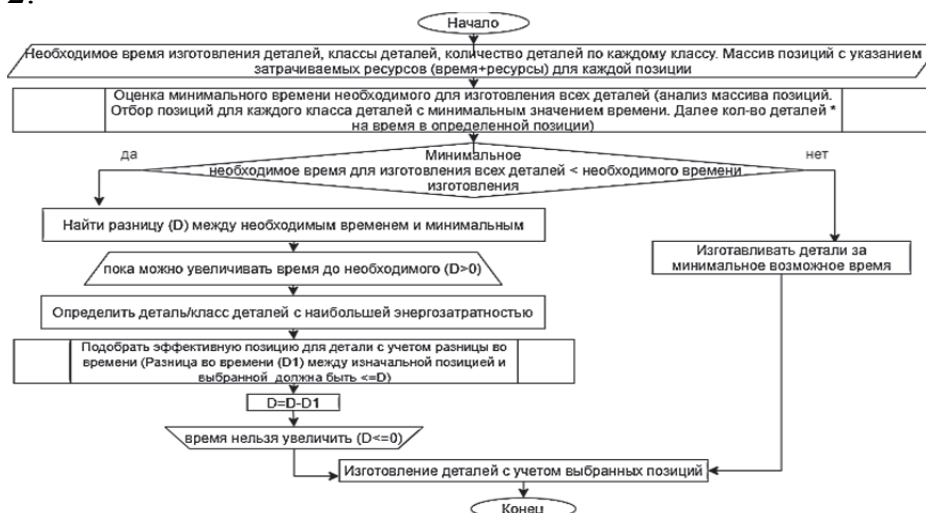


Рисунок 2 – Блок-схема энергоэффективного роботизированного процесса

Из алгоритма видно, что в определенных случаях возможно увеличить энергоэффективность робота, укладываясь при этом в необходимые для выполнения работы сроки. Такой результат достигается путем анализа матрицы позиций и отбора эффективных с точки зрения времени и энергопотребления центров локальной системы координат. Представленная модель подойдет для любого роботизированного процесса, если представляется возможность получить матрицу позиций [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Горькавый М.А. Алгоритмы поиска энергоэффективного положения комплекса траекторий движения промышленного робота в составе технологического процесса / Горькавый М.А., Ефимов А.Ю., Егорова В.П., Соловьева В.А. // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2021. Т. 64. № 1. С. 84-91.

2 Программа оптимизации комплекса траекторий движения и повышения энергоэффективности промышленного робота, входящего в состав автоматизированного технологического процесса/ Горькавый М.А., Ефимов А.Ю., Болдырев В.В., Егорова В.П. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020664545, 13.11.2020. Заявка №20200617707 от 14.07.2020.

СЕКЦИЯ

**ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА,
БИОМЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА
И УПРАВЛЕНИЕ
БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ
АППАРАТАМИ**

УДК 621.9:519.8

Аткишкин Сергей Федорович, аспирант; Atkishkin Sergei Fedorovich
Нестеров Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор;
Nesterov Vladimir Nikolaevich

Самарский национальный исследовательский университет им. академика
С.П. Королева

ПРИЕМНИК ОПЕРАТИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ УМНОЖЕНИЕМ ЧАСТОТЫ И СНИЖЕННОЙ ПОЛОСОЙ ПРОПУСКАНИЯ ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ

INSTANTANEOUS FREQUENCY MEASUREMENT RECEIVER WITH PRELIMINARY FREQUENCY MULTIPLICATION AND REDUCED DELAY LINE BANDWIDTH

Аннотация. В статье рассматриваются принцип действия, функциональная схема, результаты моделирования приемника оперативного измерения частоты с предварительным умножением частоты и сниженной полосой пропускания линии задержки.

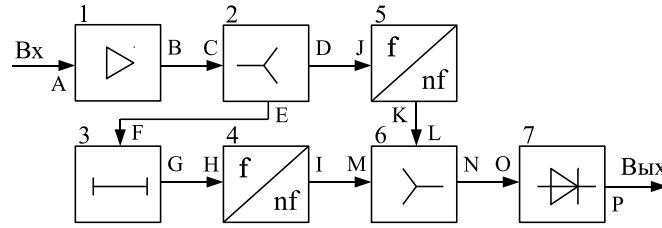
Abstract. The article deals with operation principle, functional scheme and modeling results of instantaneous frequency measurement receiver with preliminary frequency multiplication and reduced delay line bandwidth.

Ключевые слова: оперативное измерение частоты, умножение частоты, линия задержки СВЧ.

Keywords: instantaneous frequency measurement, frequency multiplication, microwave delay line.

Приемники оперативного измерения частоты (ОИЧ) на линиях задержки (ЛЗ) обладают приемлемыми тактико-техническими характеристиками при относительной простоте и дешевизне [1]. Снижения погрешности в таких приемниках достигают за счет увеличения группового времени задержки ЛЗ, что ведет к возрастанию габаритов и массы приемника. Другим путем снижения погрешности и габаритных размеров приемника является предварительное умножение частоты входного сигнала в известное число раз [1]. Недостатком указанного способа является расширение спектра сигнала, что повышает требования к полосе пропускания (ПП) элементов приемника ОИЧ, стоящих после умножителя частоты. Известно, что потери в ЛЗ растут с увеличением рабочей частоты. Следовательно, предварительное умножение частоты повышает потери в ЛЗ, что снижает чувствительность и повышает погрешность приемника ОИЧ. Снизить требования к ПП ЛЗ в существующем приемнике ОИЧ [1] можно за счет изменения порядка операций задержки сигнала и умножения частоты. Функциональная схема приемника ОИЧ со сниженными требованиями к ПП ЛЗ представлена на рисунке 1. Приемник ОИЧ работает следующим образом. Усиленный в усилителе 1 сигнал делится на две равные части в делителе СВЧ мощности 2. Одна часть сигнала предварительно задерживается в ЛЗ 3, затем обе части сигнала умножаются по частоте в известное число раз в

умножителях частоты 4 и 5. Умноженные по частоте сигналы суммируются в сумматоре СВЧ мощности 6 и детектируются в детекторе 7.



1 – усилитель; 2 – делитель СВЧ мощности; 3 – линия задержки;
4,5 – умножитель частоты; 6 – сумматор СВЧ мощности; 7 – детектор

Рисунок 1 – Функциональная схема приемника ОИЧ

Напряжение постоянного тока на выходе детектора 7, пропорциональное частоте входного сигнала, можно приближенно записать в виде:

$$V_P \approx \text{Re}(S_{PO01}b_{N1} + S_{PO02}b_{N2} + S_{PO03}b_{N3}) \quad (1)$$

где $S_{PO01}, S_{PO02}, S_{PO03}$ – коэффициенты разложения характеристической функции детектора 7 в ряд Тейлора;

b_{N1}, b_{N2}, b_{N3} – комплексные амплитуды отраженных волн первой, второй, и третьей гармоники соответственно на выходе сумматора СВЧ мощности 6.

Комплексная амплитуда отраженной волны на выходе N сумматора СВЧ мощности 6 имеет вид:

$$b_{Ni} = b_{di} + b_{ui}. \quad (2)$$

где $i = 1 \dots 3$.

Составляющие отраженной волны отраженной волны в выражении (2) имеют вид:

$$b_{di} \approx \frac{b_{G1}S_{IH1i}S_{NMii} + b_{G2}S_{IH2i}S_{NMii} + b_{G3}S_{IH3i}S_{NMii}}{(1 - S_{IIii}S_{MMii})(1 - S_{NNii}S_{OOii})}, \quad (3)$$

$$b_{ui} \approx \frac{b_{D1}S_{KJ1i}S_{NLii} + b_{D2}S_{KJ2i}S_{NLii} + b_{D3}S_{KJ3i}S_{NLii}}{(1 - S_{KKii}S_{LLii})(1 - S_{NNii}S_{OOii})}, \quad (4)$$

где S_{YXji} – комплексный нелинейный коэффициент передачи (преобразования) с порта X в Y, с гармоники i в гармонику j (для активных устройств);

S_{UVkk} – комплексный линейный коэффициент передачи (рассеяния), связывающий порты V и U на гармонике k.

Входящие в выражения (3) и (4) комплексные амплитуды отраженных волн b_{Gi} и b_{Di} определяются следующим образом:

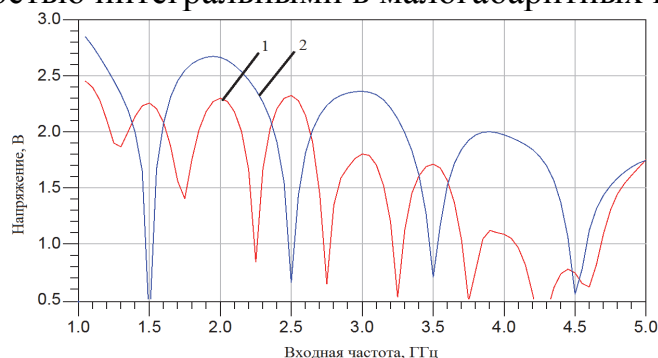
$$b_{Gi} \approx \frac{a_{A1}S_{BA1i}S_{ECii}S_{GFii}}{(1 - \Gamma_S S_{AAii})(1 - S_{BBii}S_{CCii})(1 - S_{EEii}S_{FFii})(1 - S_{GGii}S_{HHii})}, \quad (5)$$

$$b_{Di} \approx \frac{a_{A1}S_{BA1i}S_{DCii}}{(1 - \Gamma_S S_{AAii})(1 - S_{BBii}S_{CCii})(1 - S_{DDii}S_{JJii})}, \quad (6)$$

где Γ_S – комплексный коэффициент отражения источника сигнала;
 $i = 1 \dots 3$.

На рисунке 2 представлена зависимость напряжения на выходе детектора 7 от частоты входного сигнала с предварительным умножением

частоты (кривая 1) и без умножения частоты (кривая 2). Из графиков на рисунке 2 видно, что предварительное умножение частоты эквивалентно увеличению группового времени задержки ЛЗ. Кроме того, представленная схема приемника ОИЧ позволяет снизить требования к полосе пропускания ЛЗ, а также снизить потери в ней. Недостатком представленной схемы является наличие двух умножителей частоты. Однако современное развитие СВЧ монолитных интегральных схем позволяет выполнять умножители частоты полностью интегральными в малогабаритных корпусах.



1 – с предварительным умножением частоты по схеме рисунка 1

2 – без предварительного умножения частоты

Рисунок 2 – Напряжение на выходе детектора 7 в зависимости от частоты

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Аткишкин С.Ф. Поведенческая модель приемника оперативного измерения частоты с предварительным умножением частоты на основе нелинейных параметров рассеяния в режиме большого сигнала// Радиотехника. 2020. Т. 84. № 11 (22). С. 37-43.

УДК 616-71/-78

Бахтина Валентина Анатольевна, аспирант; Bakhtina Valentina Anatolievna
 Левицкий Алексей Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент; Levitsky Alexey Alexandrovich
 Сибирский Федеральный Университет

СИСТЕМА РЕАБИЛИТАЦИИ ПРЕДПЛЕЧЬЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА С ФУНКЦИЕЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

FOREARM REHABILITATION SYSTEM BASED ON A MICROCONTROLLER WITH THE FUNCTION OF NEURAL NETWORK DATA PROCESSING

Аннотация. Данная работа посвящена разработке портативного устройства коррекции положения верхней конечности в локтевом суставе. Работа устройства основана на использовании методик электромиографии (ЭМГ) и функциональной электростимуляции (ФЭС). Для определения положе-

ния верхней конечности применяется электромиограф, на основе анализа которого принимается решение о запуске электрической стимуляции мышц конечности. Управление параметрами электростимулятора осуществляется при помощи микроконтроллера МК STM32F4 с функцией нейросетевой обработки данных.

Abstract. This work is devoted to the development of a portable device for correcting the position of the upper limb in the elbow joint. The device is based on the use of electromyography (EMG) and functional electrical stimulation (FES) techniques. To determine the position of the upper limb, an electromyograph is used, based on the analysis of which a decision is made to start electrical stimulation of the muscles of the limb. The parameters of the electrical stimulator are controlled using the MC STM32F4 microcontroller with the function of neural network data processing.

Ключевые слова: электромиография (ЭМГ), функциональная электростимуляция (ФЭС), нейросеть, инсульт, верхняя конечность, микроконтроллер

Keywords: lectromyography(EMG), functional electrical stimulation(FES), neural network, stroke, upper limb, microcontroller

Введение. Инсульт является одной из основных причин смертности и инвалидности среди людей пожилого возраста. По разным данным от инсульта в России и мире страдают несколько миллионов людей в год [1]. У оставшихся в живых людей всегда остаются негативные последствия. Заболевание может провоцировать различные формы инвалидности, такие как: паралич; парезы различной степени тяжести; невропатию; сенсорную афазию; умственные нарушения. В реабилитационных целях используются различные методики. В первую очередь это лечебная физкультура и массажи [2].

С начала шестидесятых годов 20 века активно ведется работа по созданию автоматизированных систем и комплексов с использованием ФЭС. В данном направлении достигнуты большие результаты, научно подтверждающие целесообразность использования ФЭС, как лечебной процедуры у людей, перенесших инсульт, или ставших инвалидами из-за других заболеваний, характеризующихся похожей неврологической симптоматикой [4,5].

Дальнейшим развитием таких систем послужило взаимосовмещение ФЭС с диагностическими методами оценки функционального состояния мышц, такими как электромиография (ЭМГ) или механомиография (ММГ) [6,7]. В данном случае данные миографа (биоэлектрический или биомеханический отклик) могут служить сигналом для запуска ФЭС с заданными характеристиками раздражающего сигнала, в зависимости от степени поражения мышц.

Постановка задачи. На практике обычно используются стационарные электростимуляторы, управление которых является ручным. Реабилитационные системы и комплексы, которые состоят из нескольких подси-

стем, обеспечивающих ЭМГ и ФЭС в настоящее время получили широкое распространение. В данном варианте для запуска ФЭС могут быть использованы различные датчики, как правило, МЭМС. К наиболее предпочтительным вариантам управления ФЭС является использование данных, получаемых от электромиографа. В этом случае полученные биометрические потенциалы мышц сравниваются с эталонными откликами здоровой конечности и служат источником запуска стимулятора.

Целью данной работы является разработка системы реабилитации предплечья на основе методик ФЭС и ЭМГ с использованием нейронных сетей на базе микроконтроллера (МК) STM32G4.

Архитектура системы и практическая реализация. Общая архитектура системы представлена на рисунке 1. Система реабилитации содержит две подсистемы: **контроля и управления ФЭС**.

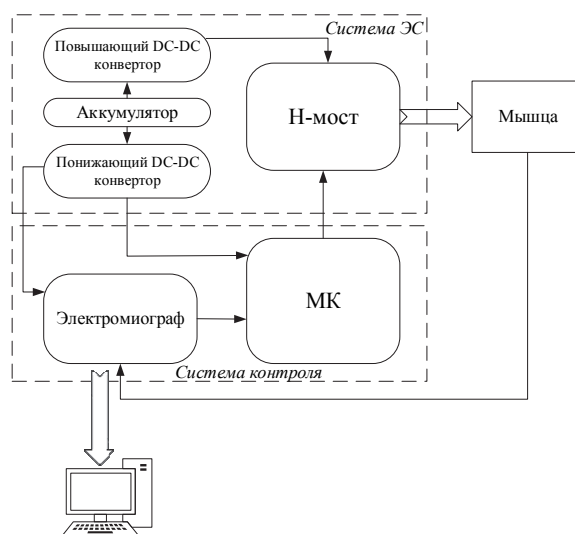


Рисунок 1 – Архитектура системы

Портативный электромиограф, относящийся к системе управления и контроля одновременно, фиксирует разность потенциалов, возникающих в пораженной мышце, которые подаются на МК. На основе сигналов, полученных от электромиографа, МК запускает электрическую стимуляцию, когда биометрические потенциалы меньше порогового значения, полученного на основе электромиограммы здоровой конечности.

H-мост переключает полярность напряжения, приложенного к выходным электродам. Вся система питается от батареи аккумуляторов напряжением 12 В. Понижающий конвертор обеспечивает уменьшение напряжения питания МК и электромиографа до 3 В. Преобразователь постоянного тока повышает исходное напряжение питания 12 В в системе электростимуляции до 50 В. МК генерирует импульсы разной длительности и регулирует частоту их повторения. Для настройки параметров стимулирующего воздействия используется энкодер, установленный на передней панели прибора. Последовательность импульсов, генерируемых

МК подается на Н-мост для генерации постоянных импульсов противоположной полярности.

После воздействия на мышцу ФЭС электромиограф снова производит считывание электромиограммы для оценки ее состояния. Данные передаются на внешний носитель при помощи BlueTooth, после чего параметры стимулирующего воздействия могут быть скорректированы, также эта информация необходима для оценки утомляемости мышц, после которой дальнейшее воздействие ФЭС является нецелесообразным.

В качестве основы системы управления предполагается использование МК из линейки **STM32G4** производства **STMicroelectronics**, позволяющего использовать для обработки данных искусственные нейронные сети (НС). По соотношению миограмм здоровой и поврежденной конечностей НС, встроенная в МК определяет пороговое значение разности потенциалов и МК определяет параметры стимулирующих воздействий ФЭС.

Заключение. В рамках работы предложена архитектура системы реабилитации на основе методик ФЭС и ЭМГ с использованием МК STM32G4. Дальнейшая работа предполагает реализацию всей архитектуры системы с отладкой работы предлагаемого МК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 The Institute for Health Metrics and Evaluation. (2019) Russia. [Online]. Available: <http://www.healthdata.org/russia>.

2 Инсульт / П. А. Фадеев. — М.: ООО «Издательство Оникс»: ООО «Издательство «Мир и Образование», 2008 – 160 с.

3 V. A. Bakhtina et al., “Portable Accelerometer-Based System for Aiding Elbow Extension in Post-Stroke Individuals,” Proceedings of the 20th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM), Erlagol (Altai Republic), Russia, 2019, pp. 626–630.

4 W. T. Liberson, H. J. Holmquest, D. Scot, M. Dow, Functional electrotherapy: Stimulation of the peroneal nerve synchronized with the swing phase of the gait of hemiplegic patients”. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 42, pp. 101–105, 1961. PMID:13761879

5 Elgison da Luz dos Santos et al “Artificial motor control for electrically stimulated upper limbs of plegic or paretic people”, Res. Biomed. Eng. 2016 June; 32(2): 199-211

6 Hong, I.K., Choi, J.B., Lee, J.H.: Cortical changes after mental imagery training combined with electromyography-triggered electrical stimulation in patients with chronic stroke. Stroke 43(9), 2506–2509, 2012

7 Y. Muraoka, “Development of an EMG recording device from stimulation electrodes for functional electrical stimulation,” Frontiers of Medical & Biological Engineering, vol. 11, no. 4, p. 323–333, 2002.

УДК 681.5

Биткина Анастасия Александровна, аспирант; Bitkina Anastasia Alexandrovna
Киба Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук;
Kiba Dmitrij Anatol'evich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ТЯГАЧА ДЛЯ ДЕВИАЦИОННЫХ РАБОТ

POSITIONING OF THE PUSHBACK TUG FOR COMPASS ADJUSTMENT WORKS

Аннотация. В статье показаны возможные способы позиционирования специализированного тягача для выполнения работ по списанию девиации летательных аппаратов на девиационной площадке. Рассмотрены пути повышения точности позиционирования тягача относительно румбовых отметок на площадке и способы идентификации этих отметок.

Abstract. The article shows possible ways of positioning a specialized pushback tug to perform works on aircraft compass adjustment on the deviation platform. The ways of increasing the pushback tug positioning accuracy relative to the compass points on the platform and methods of identifying these marks are considered.

Ключевые слова: positioning, aircraft, compass correction.

Keywords: позиционирование, воздушное судно, списание девиации компаса.

В авиационной промышленности используется технологическая операция по калибровке магнитных датчиков навигационных систем летательных аппаратов, называемая девиационными работами или работами по списыванию девиации. При этой операции происходит поворачивание (часто - вручную) воздушного судна и сбор данных с магнитных датчиков.

В ФГБОУ ВО «КнАГУ» разрабатывается специализированный маломагнитный тягач для установки летательного аппарата на заданный курс. Это должно способствовать повышению производительности труда на авиастроительных предприятиях и в эксплуатирующих организациях.

Система управления тягачом должна обеспечивать позиционирование воздушного судна на заданных румбах девиационной площадки. Соответственно, главные функции подсистемы позиционирования тягача из состава его системы управления:

- обеспечение достаточной (по техническому заданию) точности поворота летательного аппарата на румб по отметке, заранее встроенной в девиационную площадку с учётом возмущающих воздействий; [1]
- однозначное определение принадлежности отметки к румбу, на котором в данный момент времени находится летательный аппарат.

Первая функция будет обеспечиваться системой на основе средств технического зрения, состоящей из лазерного маркера, накладывающего световое пятно на поверхность девиационной площадки строго под строи-

тельной осью летательного аппарата, комплекта оптических датчиков, которые обнаруживают это световое пятно и отметку на площадке, а также бортового компьютера, обрабатывающего данные, получаемые от этих датчиков.[2] Вторая функция - идентификация отметки румба - будет реализована за счёт применения RFID-меток в защищённом исполнении, размещённых на девиационной площадке в непосредственной близости от румбовых отметок. Промышленный считыватель RFID-меток будет установлен в нижней части корпуса тягача. Данные от подсистемы позиционирования будут поступать в подсистему управления тяговыми и рулевыми приводами, которая, в свою очередь, будет управлять движением тягача. [3, 4] Таким образом, после приближения тягача к заданной (и подтвержденной RFID-считывателем) румбовой отметке, система управления будет заблаговременно снижать скорость перемещения тягача с учётом особенностей трансмиссии и останавливать его в тот момент, когда продольная ось самолёта окажется строго над отметкой.[5, 6]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Стельмашук, С. В. Оценка точности системы согласованного управления с учётом возмущающего воздействия / С.В. Стельмашук // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. - 2020. - №I-1(41). - С. 9 - 17.

2 Довгалец, С. М. Распознавание световых пятен лазера на изображении / С. М. Довгалец, Г. В. Мудрик. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2014. — № 18 (77). — С. 50-53. — URL: <https://moluch.ru/archive/77/13448/> (дата обращения: 16.04.2021).

3 Егоров, В. А. Микроконтроллерная система управления автономным инвертором с упрощённой пространственно-векторной широтно-импульсной модуляцией / Ю. Г. Егорова, Е. В. Плотников // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. - 2020. - №III -1(43). - С. 37 - 42.

4 Krzysztof R. Kozłowski, Robot Motion and Control. Springer - 2009. - 490 с.

5 Barber R. Mobile Robot Navigation in Indoor Environments: Geometric, Topological, and Semantic Navigation / R. Barber [et al.]. - Springer - 2018. - 24 с.

6 Иванов, С. Н. Определение потерь в передаточных механизмах специальных электромеханических приводов / С.Н. Иванов, М. Б. Колесник, В. А. Макаренко, Т. К. Фискова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. - 2020. - №V-1(45). - С. 107 - 114.

УДК 621.326

Бойсунов Ботир Пулат угли, студент; Boysunov Botir Pulat ogli

Короткова Лариса Александровна, старший преподаватель;

Korotkova Larisa Aleksandrovna

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В МИНИСОТОВЫХ СЕТЯХ

ANALYSIS OF THE FEATURES OF RADIO WAVE PROPAGATION IN MINI-CELLULAR NETWORKS

Аннотация. Рассмотрены особенности распространения радиоволн в минисотовых сетях при размещении базовых станций (БС) внутри вне здания.

Abstract. Features of distribution of radio-waves in minicellular networks at placing of base stations (BS) inside out of a building are considered.

Ключевые слова: распространение радиоволн, многолучевость, минисотовые сети.

Keywords: distribution of radio-waves, multipath, minicellular networks.

Успешная эксплуатация современных сотовых сетей подвижной связи зависит не только от первоначального планирования, но и от приспособляемости к изменяющимся условиям. В крупных городах с развитой инфраструктурой постоянно меняющаяся среда требует от оператора сотовой связи быстрого реагирования на изменения окружающей среды. Постоянное увеличение объема передаваемой информации требует оптимизации конфигурации сотовой сети, поиска оптимальных методов обеспечения электромагнитной совместимости и пространственно-частотного распределения ресурсов для непрерывного мониторинга перегрузок. Высокоэффективные операторы сетей планирования, оптимизации и эксплуатации сети используют дорогостоящее программное обеспечение с использованием моделей распространения электромагнитных волн в различных условиях с учетом рельефа местности на основе геоинформационных технологий. В области планирования сетей мобильной связи доступны такие методы, как частотно-территориальный охват и прогнозы зон обслуживания базовых станций.

Используемые в радиосвязи дециметровые радиоволны слабо огибают препятствия, т.е. распространяются в основном по прямой, но испытывают многочисленные отражения от окружающих объектов и подстилающей поверхности. Одним из следствий такого многолучевого распространения является более быстрое, чем в свободном пространстве, убывание интенсивности принимаемого сигнала с расстоянием.

Область существенных отражений ограничивается обычно сравнительно небольшим участком в окрестности подвижной станции – порядка нескольких сотен длин волн, т.е. порядка нескольких десятков или сотен метров. При движении подвижной станции эта область перемещается вместе с ней таким образом, что подвижная станция все время остается вблизи центра области.

Распространение радиоволн в подобных условиях характеризуется тремя, частично самостоятельными эффектами: замирания из-за многолучевости распространения, затенение (или экранирование) и потери при распространении. Замирания из-за многолучевости описываются через замирания огибающей (независящие от частоты изменения амплитуды), доплеровское рассеяние (селективный во времени, случайный фазовый шум) и временное рассеяние (изменяющиеся во времени длины трасс распространения отраженных сигналов вызывают изменения самих сигналов). Основной задачей при планировании мобильных сетей является обеспечение адекватного частотного плана и необходимого покрытия с высоким качеством и минимальными инвестициями в данном регионе. Несмотря на наличие известных алгоритмов построения сети, планирование процесса и критерии меняются в зависимости от доминирующих факторов и подбирается индивидуально для каждой задачи.

Во время развертывания могут возникнуть такие проблемы, как проблема определения местоположения, планирование частоты и управление радиоресурсами. В данном исследовании авторы рассматривают проблему определения местоположения БС. В любой задаче планирования беспроводной сети радиомодель является ключевым компонентом. Теоретически радиомодели могут быть сколь угодно сложными. Работая с такими моделями, важно найти подходящий уровень абстракции, т. е. захватывая небольшое количество характеристик может привести к короче времени, но плохие результаты, и наоборот. Мобильный телефон системы предоставления телекоммуникационных услуг с использованием набора «БСС», что может создать радиосвязи с мобильной станции в пределах своей зоны обслуживания. Каждая зона обслуживания, называемая ячейкой, представляет собой набор точек, в которых интенсивность сигнала, полученного от рассматриваемой БС, выше, чем от другой БС. Ячейки могут иметь различные формы и размеры в зависимости от местоположения БС, параметров конфигурации и свойств распространения. определение местоположения БС является фундаментальной задачей планирования. Из-за увеличения числа абонентов и увеличения спроса пользователей требуется все больше и больше станций. Результат решения оптимизационной задачи используется для определения характеристик БС и предложения оптимальных геометрических структур, минимизирующих как интерференцию, так и количество непокрытых локаций. При планировании радиосети в одной реализации используется однородная структура БСС. На практике такие факторы, как залегание грунта, плотность абонентов, автомобильный

шум, высота зданий обуславливают необходимость использования неоднородной структуры БСС.

Гетерогенные сети используются в самых различных областях: сотовая связь является ярким примером, но они также используются во многих других областях, особенно там, где развертываются специальные сети. Сеть должна быть структурирована таким образом, чтобы производительность, наблюдаемая во всех областях сети, соответствовала требованиям. Такие аспекты, как задержка, производительность и скорость, должны соответствовать требованиям всей сети. в связи с проблемами, стоящими перед операторами, растущими требованиями пользователей к повышению производительности и снижению затрат, операторы должны будут использовать все более широкий спектр технологий для обеспечения удовлетворительной работы своих сетей в различных сценариях. Чтобы обеспечить не только покрытие, но и правильную форму покрытия с точки зрения малых и макроячеек, операторы развертывают различные типы базовых станций; они также должны реализовать гетерогенный формат для обратного рейса. Поскольку более 60% трафика происходит в городских районах, необходимо развернуть смесь макро-ячеек и метрополитенов (то есть небольших) ячеек в окружающей среде. Поскольку градостроители хотят свести визуальное воздействие к минимуму, башен и мачт здесь гораздо меньше желательно для использования в базовых станциях. Ненавязчивые небольшие ячейки будут развернуты рядом с Wi-Fi, чтобы обеспечить необходимое покрытие. Все эти системы должны работать бесперебойно, насколько это касается пользователя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кук, К.И. Антенны в DECT – системах / К.И. Кук // Электросвязь. 1999. – № 4. – С. 65–69.
2. Рыбаченков, В.В. Выбор площадок под строительство базовых станций сотовых сетей радиосвязей / В.В. Рыбаченков // Мобильные системы. – 2000. – С. 23–26.
3. Маковеева, М.М. Сигналы и помехи в системах подвижной радиосвязи: Учебное пособие / М.М. Маковеева. – М.: МТУСИ, – 1999. – 35 с.
4. Дискретные сигналы с непрерывной фазой: теория и практика / В.Б. Пестряков [и др.]. // Зарубежная радиоэлектроника. – 1998. – № 4. – С. 23–34.
5. Овчинников, А.М. Открытые стандарты цифровой транкинговой радиосвязи / А.М. Овчинников. М. : МЦНТИ: ООО «Мобильные коммуникации», – 2000. – 221 с.
6. Баутин, О.О. Диалоговая система для проектирования телекоммуникационных сетей / О.О. Баутин. М. : ВЦ РАН, – 1997. – 64 с.

УДК 615.47

Гейкер Анна Николаевна, студент; Gejker Anna Nikolaevna

Копытов Сергей Михайлович, канд. тех. наук, доцент;

Kopytov Sergey Mihailovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ТРЕМОРА

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR SUPPRESSING TREMOR

Аннотация. Предложено микроконтроллерное устройство для подавления тремора рук, которое закрепляется на тыльной стороне ладони. Микроконтроллер распознает состояние тремора с помощью акселерометра и управляет скоростью вращения высокоскоростного бесколлекторного двигателя, используемого в качестве гироскопического стабилизатора.

Abstract. The proposed microcontroller device for suppressing hand tremor, which is fixed on the back of the hand. The microcontroller recognizes the tremor condition using an accelerometer and controls the rotational speed of the high-speed brushless motor used as a gyroscopic stabilizer.

Ключевые слова: тремор, гироскоп, акселерометр, подавление тремора.

Keywords: tremor, gyroscope, accelerometer, tremor suppression.

Эссенциальный тремор – это распространенное неврологическое заболевание, сопровождающееся дрожанием рук. Факторы риска развития тремора включают в себя возраст и наследственность. Считают, что тремор может быть вызван осцилляциями внутри оливо-мозжечкового контура, поскольку существуют экспериментальные подтверждения такого механизма. Нарушение функции мозжечка вызывает патологический упреждающий контроль. Данный недуг отражается на жизни людей не только внешними проявлениями, но и ухудшает физические возможности выполнения необходимых повседневной функций, таких как прием пищи, мелкая домашняя работа и др.

Известны устройства, облегчающие жизнь людей с тремором рук, например, «умная» ложка [1].

В данной работе для помощи людям, страдающим тремором предложено разработать механико-электронное устройство, использующее гироскопический эффект для местного подавления тремора кисти руки. Это устройство должно быть сравнительно небольшим и содержать инерционный гироскоп. Его целесообразно с помощью беспальцевой тесемочной перчатки прижимать к тыльной стороне ладони, которая при большинстве ручных действий не используется. В качестве инерционного гироскопа необходимо использовать компактный, легкий и высокоскоростной электродвигатель с относительно малым потреблением энергии. Например, такими параметрами обладает бесколлекторный двигатель от привода жестких дисков (рисунок 1). Роль инерционной массы может выполнять сам ротор. Его можно утяжелить за счет дополнительного маховика.

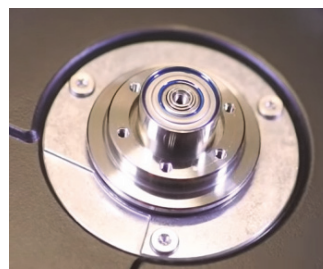


Рисунок 1 – Бесколлекторный двигатель от привода HDD с напряжением 12 В и мощностью около 4 Вт

Бесколлекторный двигатель требует использования специального силового драйвера для формирования необходимых импульсов в обмотках [2].

Известно, что проявление тремора не постоянно. Он может затихать и появляться вновь. Поэтому целесообразно не все время использовать двигатель на полной мощности, а следить за состоянием человека. В случае снижения интенсивности тремора частоту вращения двигателя следует уменьшать. Колебания кисти при треморе – это аналог механических синусоидальных колебаний, что позволяет его выявлять. В качестве датчика можно использовать интегральный трехосевой МЭМС акселерометр.

Структурная схема устройства приведена на рисунке 2.

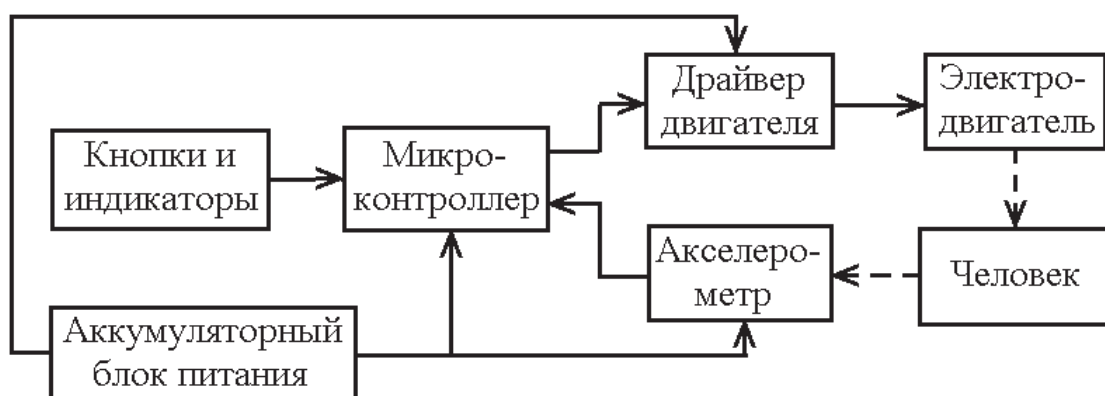


Рисунок 2 – Структурная схема устройства для подавления тремора

Для облегчения устройства аккумуляторную батарею целесообразно разместить отдельно, например, в кармане или закрепить на плече.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 «Умная» ложка LiftWare поможет людям с нарушениями нервной системы[Электронныйресурс]. <https://habrahabr.ru/company/medgadgets/blog/227381> (дата обращения 01.04.2021).

2 Что такое бесколлекторный двигатель постоянного тока, как он устроен и работает. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://samelectrik.ru/chto-takoe-beskollektornyj-dvigatel-postoyannogo-toka.html> (дата обращения 01.04.2021).

УДК 621.397.23

Генчик Анна Евгеньевна, аспирант; Genchik Anna Evgenievna

Шушнов Максим Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;

Shushnov Maxim Sergeevich

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВЕЩАТЕЛЬНОГО ПОТОКА В IPTV И OTT

ASSESSMENT OF BROADCAST STREAM QUALITY IN IPTV AND OTT

Аннотация. В работе рассматриваются способы предоставления телевизионного контента через сеть Интернет, а также приведен их краткий сравнительный анализ. Для оценки качества вещательного потока приводятся примеры основных параметров.

Abstract. The paper considers the ways in which television-vision content can be provided via the Internet, and also provides a brief comparative analysis. To assess the quality of the broadcast stream, examples of the main parameters are given.

Ключевые слова: телевидение, IPTV, OTT, QoS, QoE.

Keywords: television, IPTV, OTT, QoS, QoE.

С ростом доступности высокоскоростного доступа в интернет традиционное телевидение с отходит на второй план. Провайдеры делают больший уклон на интерактивность предоставляемого контента. Основными технологиями предоставления телевидения через интернет являются технологии OTT и IPTV. Важно не только рассмотреть их особенности и отличия, но и определить метрики для оценки качества вещательного потока.

IPTV (Internet Protocol TV) выступает, как альтернатива кабельному, эфирному и спутниковому телевидению, однако IPTV является полностью интерактивной услугой. Технология, помимо качественного изображения и звука, обеспечивает абонентов дополнительными сервисами, в числе которых, Time Shifted TV (сдвинутое во времени вещание), VoD (Видео по запросу), Electronic Program Guide (электронный телегид), Network Personal Video Recorder (сетевой персональный видеомаягнитофон). Передача видео сигнала происходит по IP протоколу, поэтому, учитывая перечень услуг, IPTV сеть необходимо проектировать с учетом возможности обслуживания группового и одноадресного тракта. Организовать такую сеть возможно с при помощи многоадресного вещания – Multicast. Для качественной передачи потребуется достаточно широкая полоса пропускания, так как используется стандарт цифрового кодирования MPEG-2. Скорость абонента, при групповом трафике, должна быть не менее 4 МБ/с и не ниже 14 МБ/с, при передаче в формате HDTV. Если используется услуга VoD, то скорость доступа должна быть выше.

Другая модель интерактивного телевизионного вещания предоставляется технологией Over the Top (OTT). Отличительной особенностью данного способа является доступность медиаконтента в режиме реального време-

ни, то есть контент не контролируется интернет провайдерами. В модели ОТТ у издателя есть прямой канал коммутации с абонентом через HTTP протокол без прямого контакта с провайдером, в отличие от услуг IPTV.

Операторы в основном используют рекламную модель, либо же предлагают подписки на данные пакетные услуги. ОТТ может предложить практически такой же выбор услуг, как и IPTV. Так как технологии ОТТ не привязаны к провайдерам, то в использовании этой технологии могут быть куда больше заинтересованы контент-провайдеры и руководители телеканалов, ведь использование интернета, как площадки для распространения своего медиа-продукта поможет охватить новые территории, а соответственно и аудиторию. Помимо этого, передача контента по сети не так затратна, как передача по кабельному или спутниковому телевидениям.

В отличие от IPTV технология ОТТ позволяет внедрять такие услуги, как социальное телевидение, мультиэкранность/второй экран, облачное покрытие: возможность иметь доступ к своим данным в любом месте, в любое время и с любых устройств. Но, так как интернет провайдеры имеют ограничения на количество данных, то они вынуждены ограничивать количество контента для абонентов.

В связи высокой востребованностью IPTV и ОТТ с каждым годом повышаются и требования к качеству предоставляемых услуг. Самыми важными критериями являются удобство использования технологий и обеспечение провайдером достаточной полосы пропускания для устранения «заиканий» видеоряда, прерывания звука и искажений изображения. Конкурентоспособную услугу может обеспечить совместное использование платформы SKAT DPI и интерактивного телегида от EPG. SKAT DPI (deep packet inspection) является платформой глубокого анализа трафика для инспекции и классификации пакетов. Установка на сети оператора широкополосного доступа дает возможность управлять качеством сервиса, предоставляемого конечному пользователю при помощи функции QoS – Quality of Service. QoS дает возможность разделить трафик по приоритетам и отдать наибольшую полосу пропускания IP-телевидению. Обеспечение равномерного потока трафика на всех этапах (в общем канале, в абонентском трафике, в канале к вышестоящему провайдеру) гарантирует высокое качество видео.

Сервис EPG помогает абоненту ориентироваться в пространстве телевизионного контента, понимать какие каналы у него есть, что он может смотреть, где и как быстро найти нужный фильм или передачу. Абонент легко управляет навигацией телеканалов, быстро делает свой выбор.

Чтобы поддерживать качество на высоком уровне и находить ошибки в потоке, операторам необходима система мониторинга. Все отслеживаемые параметры делятся на два типа: одни относятся к качеству обслуживания (QoS), а другие – к качеству восприятия (QoE).

Отсутствие сигнала является одним из самых критичных параметров, который относится к «красному» состоянию доставки. Такое событие возникает, когда система мониторинга по какой-либо причине не может полу-

чить данные для анализа. Для устранения этого параметра требуется определить, где именно она произошла: у контент-провайдера, в оборудовании или в сети. Для этого потребуется несколько анализаторов или распределенная система мониторинга с несколькими клиентами (зондами).

Для IP вещания в первую очередь необходимо отслеживать два параметра: потеря пакетов и джиттер.

Если пакеты не теряются и гладко проходят всю цепочку доставки, то качество сигнала можно считать высоким. Если возникает потеря пакетов или джиттер превышает пороговые значения, проблемы с доставкой становятся очевидными для пользователей. Поэтому эти два параметра являются важнейшими для обеспечения высокого качества обслуживания.

Коэффициент задержки (Delay Factor) – еще один из наиболее значимых параметров мониторинга. Это временное значение, показывающее сколько миллисекунд данных, должны содержать буферы, чтобы устранить временные искажения (джиттер). Как индикатор качества при мониторинге сети доставки вещания видеосервисов, чувствительной к джиттеру и потере данных, может быть использован индекс MDI (Media Delivery Index).

Следующие два параметра играют особую роль при оценке QoE, поскольку отсутствие аудио или видео критично влияет на восприятие пользователя.

Декодирование видео – этот параметр оценивает возможность декодирования видео. Ошибка возникает в том случае, если количество корректно декодированных кадров меньше заданного порогового значения. Декодирование аудио – этот параметр оценивает возможность декодирования аудио. Ошибка возникает в том случае, если битрейт декодированного потока меньше заданного порогового значения. Отсутствие звукового сопровождения и тишина. Такая ошибка значительно влияет на восприятие пользователя.

Непрерывность синхронизации – один из ключевых параметров для определения качества вещания. Когда временные метки PTS/DTS приходят неравномерно, отслеживаются резкие скачки и обратный прирост времени (обычно связано с потерями пакетов и/или в результате склейки потока). В результате возникают шумы пикселизация, замирания видео и черный экран.

Изменение описания аудио- или видеопотока и информации о программе – события, описывающие изменения в заголовках аудио- и видеопотоков (формат, профиль, разрешение, соотношение сторон, частота кадров и пр.) и структуре потока. В некоторых случаях могут значительно повлиять на качество восприятия.

Изменение признака шифрования – событие позволяет быстро обнаружить ошибку, когда кодер начинает создавать зашифрованные потоки, полагая, что на выходе ожидается дешифрованный поток.

В заключении отметим, что в связи высоким проникновением и востребованностью IPTV и OTT с каждым годом повышаются и требования к качеству предоставляемых услуг, что требует надежного отслеживания параметров качества обслуживания. С этой целью необходимо вести иссле-

дования и разработки в направлении автоматизации процессов контроля и управления сетью и вещательными серверами, создавать централизованные системы мониторинга в IP-сетях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 А.Г. Барсков ТВ в сетях IP // Сети и системы связи. 2004. № 1
- 2 Б.А.Цветков ОТТ-сервисы – виртуальная реальность в России [Электронный ресурс] / Электрон. журн. – Журнал " Статьи о рынке ТВ и телекоммуникаций", 2020 – режим доступа к журн.: <https://www.cableman.ru/article/ott-servisy-virtualnaya-realnost-v-rossii-chast-i> (дата обращения: 02.04.2021).
- 3 В.Е. Виноградский, А.В. Лихарев. Построение сети IPTV: общие подходы [Электронный ресурс] / Электрон. журн. – Журнал "Технологии и средства связи" #2, 2007 – режим доступа к журн.: <http://tssonline.ru/articles2/fix-op/postroen-seti-iptv-obsch-podhody> (дата обращения: 02.04.2021).
- 4 Основные метрики и ключевые индикаторы для определения ошибок при доставке контента [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elecard.com/ru> (дата обращения: 02.04.2021).
- 5 Телемультимедиа, раздел Решения для ОТТ (Интернет-журнал по широкополосным сетям и мультимедийным технологиям) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.telemultimedia.ru/rubrics.php?id=20> (дата обращения: 02.04.2021).

УДК 621.37

Глушков Антон Павлович, аспирант; Glushkov Anton Pavlovich
Верещагин Антон Николаевич, аспирант; Vereschagin Anton Nikolaevich
Абдулхаков Алексей Аликович, аспирант; Abdulhakov Alexey Alikovich
Валиханов Марат Музагитович, кандидат технических наук, доцент;
Valihanov Marat Muzagitovich
Сибирский Федеральный Университет

ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ

ACCURACY OF LOCATION IN THE ARCTIC REGIONS

Аннотация. Рассмотрены проблемы радионавигации с использованием ГНСС в Арктической зоне, на широтах более 75 градусов. Установлено, что точность определения местоположения при использовании ГНСС в Арктической зоне ниже, чем в средних и экваториальных широтах. Рассмотрены основные источники снижения точности ГНСС в Арктическом регионе и обозначены пути их решения.

Abstract. The problems of radio navigation using GNSS in the Arctic region, at latitudes over 75 degrees, are considered. It was found that the accuracy of positioning when using GNSS in the Arctic zone is lower than in middle and equatorial latitudes. The main sources of decreasing the accuracy of GNSS in the Arctic region are considered and the ways of their solution are outlined.

Ключевые слова: ГНСС, Арктика, геометрический фактор, ионосфера, дифференциальная коррекция, сцинтилляция.

Keywords: GNSS, Arctic, GDOP, ionosphere, differential correction, scintillation.

Глобальное потепление делает судоходство в Арктической зоне более доступным. К тому же научные исследования проводятся с использованием технологий, основанных на точном позиционировании. В связи с этим очевидно, что требования к точности, доступности и надежности ГНСС в Арктическом регионе возрастают. В этой работе будет рассмотрено влияние различных факторов на точность ГНСС в Арктическом регионе, и определены направления исследований, направленных на улучшение сервисов для определения местоположения в полярных регионах.

Известно, что ГНСС обеспечивают доступность сервиса в любой точке земли, в том числе и в полярных регионах. Однако точность определения местоположения в Арктике зависит от ряда дополнительных факторов.

Так на точность определения местоположения влияет расположение космических аппаратов относительно навигационного приемника (НАП). В работе [1], авторы, используя классическую метрику геометрического снижения точности (GDOP), проанализировали доступность GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BDS в полярных регионах. Они обнаружили что GDOP выше в Арктике по сравнению со средними и низкими широтами, что явно приведет к снижению точности при использовании автономной ГНСС.

Помимо GDOP на точность определения местоположения влияет фактор прохождения сигнала через ионосферу [2] [3]. На точность оказывает влияние и особенности ионосферы в полярных регионах. Как указывают в своей работе [4] авторы, ионосферные сцинтилляции («мерцания», возмущения) в полярных регионах оказывают значительное влияние на сигналы ГНСС. Установлено что фазовая сцинтилляция встречается чаще, чем амплитудная [5]. В полярных регионах сцинтилляционные эффекты могут наблюдаться на промежутках времени до нескольких дней.. Измерения НАП могут привести к «...ошибкам позиционирования на десятки метров или, в наиболее серьезных случаях, к полному отключению...такая угроза оказывает разрушительное влияние на субметровую навигацию и точное позиционирование» [6].

Как правило, очень высокая точность определения местоположения при использовании ГНСС в густонаселенных территориях достигается благодаря использованию различных систем дифференциальной коррекции. В Арктике основными средствами доставки информации об ошибках в НАП являются сигналы с геостационарных спутников, либо радиоканал с самих станций дифференциальной коррекции [7].

Следует отметить две основные проблемы, с которыми сталкиваются пользователи систем дифференциальной коррекции в Арктическом регионе. Первая – отсутствие твердых неподвижных (скальных) пород в Арктическом регионе. На подвижный лед и грунт невозможно установить опорную станцию, например системы RTK, и это приводит к тому, что использовать систему RTK в полярных регионах можно только на небольших удалениях от малочисленных островков скальных пород [8]. Второй большой проблемой является то, что геостационарные спутники связи имеют небольшой угол возвышения в полярных регионах и это приводит к тому, что сигнал со спутника может быть легко перекрыт даже небольшим возвышением рельефа [9], к тому же из-за малого угла возвышения сигнал, как правило, является слабым.

Уменьшение геометрического фактора (GDOP), безусловно, поможет улучшить точность определения местоположения в Арктическом регионе. Это вытекает из самого принципа определения местоположения путем определений псевдодальностей [10]. Самым очевидным решением этой проблемы является увеличение спутниковой группировки, введения в группировку спутников, пролетающих над полярными территориями и полюсами [11]. Сегодня в Арктике доступны четыре полноценные ГНСС. Например, в своей работе [1], исследователи сообщают о разработке новой модели использования геометрического фактора (NEW WDOP), моделирование их идеи показало, что при использовании всех четырех ГНСС, новый геометрический фактор близок к единице. Развитие исследований в этом направлении наверняка является перспективным и возможно может привести к тому, что не потребуется реализации дорогостоящих программ по модернизации спутниковой группировки, так как существующих четырех ГНСС будет достаточно чтобы получить хорошую точность определения местоположения в полярных регионах. В настоящее время международное сообщество работает над решением проблемы взаимозаменяемости и взаимодополняемости разных ГНСС по эгидой ИКАО.

Проблемы больших задержек в ионосфере при использовании НАП в Арктике можно решить использованием двухчастотных приемников ГНСС. Решить проблему задержек для одночастотных приемников позволят различные модели ионосферных задержек. Многими коллективами ведутся работы по построению карт ионосферы (в том числе и арктических регионов) и разработки методов компенсации ионосферных задержек [2] [12] [13] [14] [15] [16].

Ионосферные сцинцляции являются, вероятно, самой серьезной проблемой при использовании ГНСС в полярных регионах. Необходимо сосредоточить усилия научного сообщества на решении этой проблемы, если мы хотим в будущем комфортно вести хозяйственную деятельность и научные исследования в Арктике.

Несмотря на то, что сегодня ученые и инженеры пытаются решить проблему доступности систем дифференциальной коррекции достаточно элегантными методами (как, например Chudley и др. в своей работе [8] ис-

пользуют НАП, установленную на движущемся леднике, как опорную станцию RTK), все таки использование местных систем дифференциальной коррекции, таких как RTK в Арктике сопряжено с огромными трудностями.

Использование новых моделей «Precise Point Positioning», вероятно, сможет улучшить точность определения местоположения в Арктике [17], однако применение этой технологии так же требует доставки информации об параметрах спутниковых часов и траекторий до НАП. Возможно, что прокладка оптоволоконного кабеля вдоль Северного морского пути, запланированная на 2020-2030 годы [18] поможет снизить количество белых пятен на карте покрытия доступности сигналов глобальных систем дифференциальной коррекции, однако исследования в направлении доступности сигналов систем дифференциальной коррекции в Арктике однозначно необходимо проводить.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Zhang Q. et al. A refined metric for multi-GNSS constellation availability assessment in polar regions // Adv. Sp. Res. COSPAR, 2020. Vol. 66, № 3. P. 655–670.

2 Goss A. et al. High-resolution ionosphere corrections for single-frequency positioning // Remote Sens. 2021. Vol. 13, № 1. P. 1–19.

3 Klobuchar J.A. Ionospheric Time-Delay Algorithm for Single-Frequency GPS Users // IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst. 1987. Vol. AES-23, № 3. P. 325–331.

4 Sheridan I. Drones and global navigation satellite systems: Current evidence from polar scientists // R. Soc. Open Sci. 2020. Vol. 7, № 3.

5 Jacobsen K.S., Dähnn M. Statistics of ionospheric disturbances and their correlation with GNSS positioning errors at high latitudes // J. Sp. Weather Sp. Clim. 2014. Vol. 4.

6 Linty N. et al. Ionospheric scintillation threats to GNSS in polar regions: The DemoGRAPE case study in Antarctica // 2016 European Navigation Conference (ENC). 2016. P. 1–7.

7 Бермишев А.А., Лапшин В.Л., Ревнивых С.Г. ГЛОНАСС в Арктике: результаты комплексного исследования навигационной обстановки при переходе по Северному морскому пути в августе-сентябре 2011 г. // Арктика экология и экономика. 2012. № 4. P. 55.

8 Chudley T.R. et al. High-accuracy UAV photogrammetry of ice sheet dynamics with no ground control // Cryosphere. 2019. Vol. 13, № 3. P. 955–968.

9 Yastrebova A. et al. Comparative study on GNSS positioning systems for autonomous vessels in the arctic region // CEUR Workshop Proc. 2020. Vol. 2626.

10 Spilker J.J. Tropospheric effects on GPS // Glob. Position. Syst. Theory Appl. 1996. Vol. 1. P. 517–546.

11 Meng L. et al. Extended geometry and probability model for GNSS+ constellation performance evaluation // Remote Sens. 2020. Vol. 12, № 16.

12 Jiang H. et al. Assessment of spatial and temporal TEC variations derived from ionospheric models over the polar regions // J. Geod. 2019. Vol. 93, № 4. P. 455–471.

13 Bi T. et al. A modified Klobuchar model for single-frequency GNSS users over the polar region // *Adv. Sp. Res.* 2017. Vol. 59, № 3. P. 833–842.

14 Etemadfard H., Hossainali M.M. Spherical Slepian as a new method for ionospheric modeling in arctic region // *J. Atmos. Solar-Terrestrial Phys.* 2016. Vol. 140. P. 10–15.

15 Валиханов М.М., Денисенко В.В., Царев С.П. Высокоточная модель ионосферной задержки сигналов ГНСС на основе многомерной свободной интерполяции // *Успехи современной радиоэлектроники.* 2018. Vol. 12. С. 90–94.

16 Курносоев А.С., Валиханов М.М. Разработка алгоритма построения локальной карты полного электронного содержания по сигналам СРНС ГЛОНАСС // *Современные проблемы радиоэлектроники.* 2012. С. 188–193.

17 Lei J. et al. Ocean Tides Observed from A GPS Receiver on Floating Sea Ice Near Chinese Zhongshan Station, Antarctica // *Mar. Geod.* 2018. Vol. 41, № 4. P. 353–367.

18 В России стартует проект строительства трансарктической магистральной подводной волоконно-оптической линии связи Мурманск – Владивосток [Electronic resource]. 2020. URL: <http://morflot.gov.ru/news/lenta/n4960.html>.

УДК 617-7

Дмитриенко Алина Дмитриевна, магистрант; Dmitrienko Alina Dmitrievna
Любушкина Надежда Николаевна, кандидат технических наук, доцент;
Lyubushkina Nadezhda Nikolaevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A REHABILITATION COMPLEX

Аннотация. В данной работе сформулированы основные задачи для разработки реабилитационного комплекса для людей с заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Описан первый прототип реабилитационного комплекса и системы снятия образцовых движений на основе аналоговых датчиков.

Abstract. In this work, the main tasks for the development of a rehabilitation complex for people with diseases of the musculoskeletal system are formulated. The first prototype of a rehabilitation complex and a system for recording exemplary movements based on analog sensors is described.

Ключевые слова: реабилитация, заболевания опорно-двигательного аппарата, экзоскелет, протезирование.

Keywords: rehabilitation, diseases of the musculoskeletal system, exoskeleton, prosthetics.

Одной из важных проблем разработки реабилитационных экзопротезов, предназначенных для реабилитации опорно-двигательного аппарата, остается проблема воссоздания тренажёрного движения ног. В медицине и в физиологических исследованиях не редко для формирования нужных шаговых движений используется движущаяся лента беговой дорожки, имитирующая естественную ходьбу здорового человека[1].

На рынке оборудования для реабилитации людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата есть по сути два конкурирующих предложения: системы мобильной реабилитации и системы стационарной ходьбы. На сегодняшний день растет число людей с заболеваниями и травмами опорно-двигательного аппарата, что приводит к увеличению спроса на устройства, выполняющие реабилитацию после прохождения лечения.

Работа направлена на разработку реабилитационного комплекса с функцией захвата образцовых движений для людей с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, представляющего собой две взаимосвязанные подсистемы: системы захвата образцовых движений и экзопротеза. Система захвата образцовых движений закрепляется на медицинском работнике или члене семьи и посредством датчиков снимает углы сгибания коленного и тазобедренного суставов. Затем полученные данные обрабатываются системой, запоминаются и передаются в блок управления экзопротезом. Экзопротез воспроизводит снятые системой захвата образцовых движений движения осуществляя реабилитационные упражнения.

Разрабатываемый комплекс предназначен для использования в качестве тренажера для лечебно-восстановительной физкультуры. Инновационность проекта заключается в системе захвата образцовых движений, позволяющей применять реабилитационный комплекс как экзоскелет для людей с заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Что делает такой комплекс мобильным с возможностью применения в домашних условиях. Это позволит снизить очереди в реабилитационные центры и нагрузку на них, сфокусироваться на реабилитации более тяжелых заболеваний. А также совместить процесс реабилитации с процессом социальной адаптации.

На данный момент были проведены научно-исследовательские работы, направленные на разработку прототипа реабилитационного комплекса. В ходе этих работ исследовались траектории движения характерных точек нижних конечностей. На основе этих исследований были составлены кинематические схемы экзопротеза и системы захвата образцовых движений, послужившие основой их конструкций. Разработаны и собраны прототипы конструкций экзопротеза и системы захвата образцовых движений. Также разработаны и собраны системы управления этими устройствами. Собран и испытан прототип реабилитационного комплекса с функцией захвата образцовых движений.

На основе проведенных работ были получены результаты, доказывающие работоспособность предлагаемой идеи заключающейся в системе захвата образцовых движений. Данное техническое решение требует даль-

нейшей проработки в рамках последующих исследований, с целью ее усовершенствования и внедрения.

Планируется модернизация системы захвата образцовых движений. Повышение точности снятия образцовых движений путем перехода к более современным бесконтактным датчикам. Повышение точности обработки сигналов, надежности, безопасности путем улучшения системы управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Турлапов, Р.Н. Разработка и исследование реабилитационного устройства для механотерапии нижних конечностей [Текст] / Р.Н. Турлапов, С.М. Яцун // Фундаментальные исследования – 2014. – № 12, Ч.9. – С. 1909 – 1911.

УДК 517.9

Епанчинов Артем Николаевич, студент; Epanchinov Artem Nikolaevich
Любушкина Надежда Николаевна, кандидат технических наук, доцент;
Liubushkina Nadezhda Nikolaevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОБЗОР МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

REVIEW OF METHODS FOR PROCESSING AND ANALYSIS OF SIGNALS OF ELECTROENCEPHALOGRAPHIC RESEARCH

Аннотация. Данная статья посвящена обзору основных методов исследования, обработки и анализа мозговой активности при помощи метода электроэнцефалографии (ЭЭГ), а также их реализации в современных исследовательских и практических клинико-диагностических областях.

Abstract. The article is devoted to a review of the main methods of research, processing and analysis of brain activity using the electroencephalography (EEG) method, as well as their implementation in modern research and practical clinical diagnostic fields.

Ключевые слова: компьютерная электроэнцефалография, преобразование Фурье, когерентный анализ, корреляционный анализ.

Keywords: computer electroencephalography, Fourier transform, coherent analysis, correlation analysis.

Человеческий мозг до сих пор остается самым малоизученным органом. Изучать физиологические процессы, протекающие в нем, диагностировать заболевания и интерпретировать мозговую активность в сигналы управления крайне важно. С этими задачами может справиться бурно развивающееся направление – разработка активных интерфейсов мозг-компьютер (нейроинтерфейсов) [1].

Компьютерный анализ электроэнцефалографии (ЭЭГ) позволяет использовать новые методы клинической диагностики мозговой активности, выявлять заболевания и отклонения уже на ранней стадии, облегчает исследования в области основных механизмов работы мозга. Классификация методик, параметров и критериев при таких исследованиях и возможность использовать их только в рамках общепринятых критериев не позволяет в полной мере внедрить компьютерные технологии в исследовании ЭЭГ в клиническую практику, несмотря на то, что компьютерная ЭЭГ способствует выявлению неточных пунктов обычного анализа, дает возможность получать дополнительные сведения диагностического характера и более наглядно представляет результаты, в частности их визуализации. Методы компьютерной ЭЭГ условно можно разделить на несколько больших групп.

Первая группа методов дает оценку мозговой деятельности как волновой активности, вследствие чего дают возможность оценивать ее, используя стандартные методы и приемы. С помощью данных методов для предоставления более точной визуализации сигналов выполняют фильтрацию ЭЭГ-сигнала от посторонних шумов и артефактов, изучают активности головного мозга; в частности определяют глубину анестезии, обнаруживают, прогнозируют и классифицируют эпилептические припадки и эпилептиформную активность, сонные веретена и спайко-волновые разряды [2]. Основным математическим инструментом в данном методе является быстрое преобразование Фурье.

Основной недостаток: преобразование Фурье достаточно сложно реализуется на базе программного обеспечения, интегрируемого в уже существующие аппаратные системы стандартных электроэнцефалографов. Для изучения и моделирования сигналов ЭЭГ с использованием преобразований Фурье в качестве основных программных инструментов на сегодняшний день используют среду программирования MATLAB, и программный комплекс для анализа временных рядов TISEAN.

Ко второй группе относят приемы комплексного анализа по распознаванию образов изменения ритмичности сигналов мозговой активности. Чаще всего используется когерентный анализ ЭЭГ. Этот метод базируется на осуществлении сравнительного анализа спектральных параметров нескольких сигналов с равнозначных отведений с поверхности головы. В этом методе когерентность является оценкой связи электрической активности участков коры и поверхности головного мозга. Также когерентный анализ позволяет оценить синхронизацию частотных и спектральных составляющих сигналов этих участков. Данный анализ можно применить в нейрокомпьютерных интерфейсах, оперируя лишь определенным ритмом мозговой активности, а также для распознавания эпилептиформной активности и отклонений в ритмичности потенциалов отведений [2].

Главной проблемой данного метода является трудозатратность, необходимо оперировать с большим количеством цифровых данных. Данную проблему можно решить, используя более высокопроизводительные

системы ЭЭГ, а также применяя современные нейронные сети и алгоритмы распознавания (нечеткой логики) для работы с большим потоком значений сигналов [3] [4].

Третью группу составляют мультипараметрические методы анализа, реализующие некоторые диагностические и прогностические процедуры, направленные на получение специфической клинической информации. В частности это корреляционный анализ ЭЭГ – метод, который определяет взаимосвязь между динамическими изменениями биопотенциалов в пределах одного или нескольких сигналов. Метод основан на вычислении коэффициента корреляции и авто- и кросскорреляционных функций, его целесообразно использовать в разработках и исследованиях портативных нейрокомпьютерных интерфейсов.

На практике такой вид анализа позволяет выделять и локализовать зашумленные сигналы электрической активности, зная их заранее известные свойства. Также он используется для анализа и определения ритмичности сигнала, выделения преобладающих ритмов при помощи введения автокорреляционной функции (АКФ) [4].

Достоинствами данного метода являются относительная простота необходимого оборудования для проведения анализа, высокая скорость обработки и получения результата. Недостатки – оценка и установка устойчивой связи в изменении параметров лишь между доминирующими фрагментами сигнала нескольких отведений и их регистрация только в виде быстротечных по времени изменений синхронности.

Компактные, носимые на голове нейрокомпьютерные интерфейсы могут производить сложный математический анализ, требующий больших вычислительных мощностей. В качестве основных методов обработки ЭЭГ с помощью нейрокомпьютерных интерфейсов целесообразно использование когерентного или корреляционного анализа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Епанчинов, А.Н. Разработка активного неинвазивного нейрокомпьютерного интерфейса / А.Н. Епанчинов, Р.В. Шибeko // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 2019 г. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 08-12 апреля 2019 г. – С. 220-282.

2 Епанчинов, А.Н. Разработка активного неинвазивного нейрокомпьютерного интерфейса с распознаванием эпилептиформной активности / А.Н. Епанчинов, Р.В. Шибeko // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 2020 г. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 06-10 апреля 2020 г. – С. 223-226.

3 Ivanov Y.S., Zhiganov S.V., Ivanova T.I Intelligent Deep Neuro-Fuzzy System Recognition of Abnormal Situations for Unmanned Surface Vehicles, 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon-2019, Vladivostok, Russia, 1–4 October, 2019. – 6 p (Scopus, WoS).

4 Амосов О.С., Иванов Ю.С Жиганов С.В Модели и алгоритмы самоорганизующейся системы ситуационного управления // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : Материалы 46-й Всероссийской национальной научной конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 2016 г. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 01-15 апреля 2016 г. – С. 293-296.

УДК 686.866.664

Заглада Артем Олегович, студент; Zaglada Artem Olegovich

Шибeko Роман Владимирович, старший преподаватель;

Shibeko Roman Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ДОЗАТОР ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

TECHNICAL FLUID DISPENSER

Аннотация. Представлено устройство для дозирования технических жидкостей. Поясняется настройка устройства. Приводится функциональная схема.

Abstract. A device for dispensing technical liquids is presented. Explains the device setting. A functional diagram is given.

Ключевые слова: дозатор, насос, шприц, отсечка.

Keywords: dispenser, pump, syringe, cut-off.

Чаще всего полуавтоматические дозаторы находят применения для нанесения паяльных паст и флюсов при монтаже миниатюрных компонентов и микросхем с малым шагом выводов. Данная функция еще долго будет востребована как на производстве, так и в радиолюбительской практике, несмотря на тот факт, что степень интеграции компонентов печатных плат с каждым годом растет, и ремонтпригодность данных устройств в бытовых условиях падает. Основная задача дозатора сформировать импульс сжатого воздуха строго определенной длительности, который вытесняет жидкость из шприца. Объем вытесняемой жидкости зависит как от давления в импульсе, так и длительности самого импульса, а также вязкости жидкости, объема шприца, диаметра и длины дозирующей насадки.

Ниже представлен дозатор, который представляет собой законченное устройство, на переднюю панель, которого вынесены органы управления и индикации.

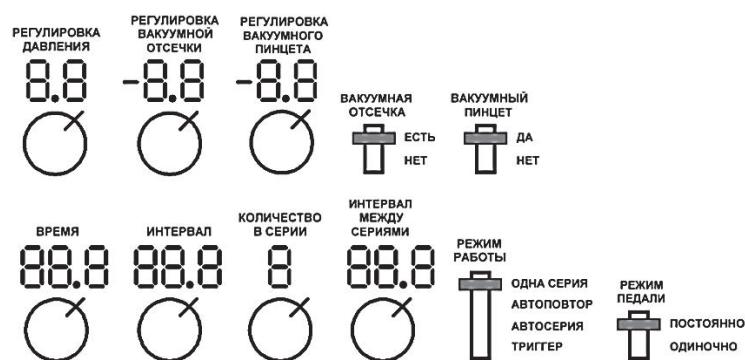


Рисунок 1 – Передняя панель устройства

Передняя панель изображена на рисунке 1 и состоит из элементов:

- Регулятор давления. Предназначен для настройки рабочего давления в диапазоне от 0 до 5 бар. Текущая настройка показывается на сегментном светодиодном индикаторе.

- Регулятор вакуумной отсечки. Настраивает давление вакуумной отсечки, если данная функция разрешена. Вакуумная отсечка предназначена для удержания жидкости в шприце между точками формирования дозы. Используется опытными пользователями при дозировании без поршня (например, жидкости с клейкими свойствами, когда поршень может приклеиться к стенке шприца). Настройка разрежения производится в диапазоне от 0 до -1 бар. Текущая настройка показывается на сегментном светодиодном индикаторе.

- Регулировка вакуумного пинцета. Настраивает давление вакуумного пинцета, если данная функция разрешена. Вакуумный пинцет предназначен для удержания различных деталей при работе пользователя. Настройка разрежения производится в диапазоне от 0 до -1 бар. Текущая настройка показывается на сегментном светодиодном индикаторе.

- Включение/выключение вакуумной отсечки.

- Включение/выключение вакуумного пинцета.

- Регулятор времени. Настраивает время импульса в диапазоне от 0,1 до 99,9 сек. с шагом 0,1 сек. Текущая настройка показывается на сегментном светодиодном индикаторе.

- Регулятор интервала. Настраивает интервал между импульсами в диапазоне от 0,1 до 99,9 сек. с шагом 0,1 сек. Текущая настройка показывается на сегментном светодиодном индикаторе.

- Регулятор интервала. Настраивает интервал между импульсами в диапазоне от 0,1 до 99,9 сек. с шагом 0,1 сек. Текущая настройка показывается на сегментном светодиодном индикаторе.

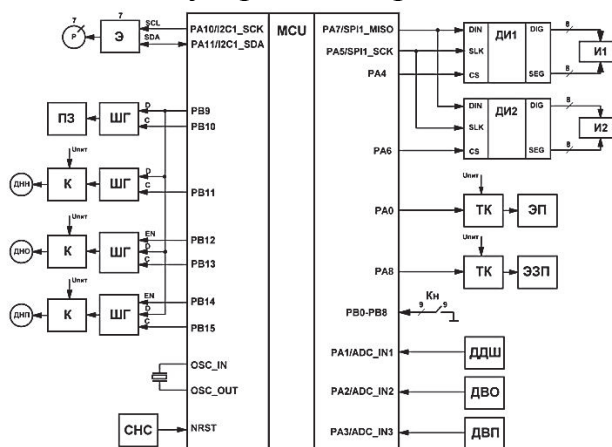
- Регулятор количество импульсов в серии. Количество настраивается от 1 до 9. Текущая настройка показывается на сегментном светодиодном индикаторе.

- Регулятор интервала между сериями. Настраивает интервал между сериями в диапазоне от 1 до 99,9 сек. с шагом 0,1 сек. Текущая настройка показывается на сегментном светодиодном индикаторе.

– Настройка режима работы. Пользователь может выбрать режимы: «одна серия», «автоповтор» - импульсы формируются постоянно, «автосерия» - серии формируются постоянно, «триггер» - избыточное давление формируется постоянно.

– Режим педали. При настройке «постоянно» заданные функции выполняются пока нажата педаль. При настройке «одионочно» при первом нажатии начинают выполняться заданные функции, а при втором нажатии – прекращается их выполнение.

Функциональная схема устройства представлена на рисунке 2.



Р – регуляторы; Э – энкодеры; ПЗ – пьезозаслонка; ШГ – ШИМ-генератор; К – коммутатор; ДНН – двигатель насоса накачки; ДНО – двигатель насоса отсечки; ДНП – двигатель насоса пинцета; СНС – схема начального сброса; MCU – микроконтроллер; ДИ1, ДИ2 – драйверы индикаторов; ТК – транзисторный ключ; ЭП – электромагнитный переключатель; ЭЗП – электромагнитная заслонка прокачки; Кн – контакты; ДДШ – датчик давления шприца; ДВО – датчик вакуумной отсечки; ДВП – датчик вакуумного пинцета.

Рисунок 2 – Функциональная схема дозатора

Микроконтроллер опрашивает положение регуляторов, считывая данные с энкодеров. Пьезозаслонка открывает доступ сжатого воздуха в шприц на время импульса формируемого ШИМ-генератором. Аналогично ШИМ-генераторы задают частоту двигателей насосов в устройстве. Обслуживание индикаторов микроконтроллером производится через драйверы по интерфейсу SPI. Электромагнитный переключатель подключает шприц либо к насосу накачки, либо к насосу вакуумной отсечки. Электромагнитная заслонка подключает шприц к насосу накачки напрямую, минуя пьезозаслонку, для реализации режима «триггер». Контакты реализуют переключатели на передней панели и педаль.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шулика Е.Н. Программируемые дозаторы «ТЕРМОПРО» серии ND-35 / Е.Н. Шулика // Технологии в электронной промышленности. – 2013. - № 8. – С. 30-33

УДК 621.3.076

Заксор Павел Александрович, студент; Zaksor Pavel Alexandrovich

Климаш Владимир Степанович, док-р техн. наук, профессор;

Klimash Vladimir Stepanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

APPLICATION OF ELECTRONIC DEVICES FOR POWER REGULATION OF TRANSFORMER SUBSTATIONS

Аннотация. Предлагается улучшить КПД и коэффициент мощности двух-трансформаторной подстанции или двух подстанции, работающих на общую нагрузку посредством регулирования мощности. Использовать трансформаторы разной мощности и переключать их по мере роста нагрузки. Также рассматривается проблема бросков токов при включении трехфазных активно-индуктивных нагрузок и предлагаются новые способы их устранения.

Abstract. It is proposed to improve the efficiency and power factor of a two-transformer substation or two substations operating on a common load through power regulation. Use transformers of different capacities and switch them as the load increases. The problem of current surges when three-phase active-inductive loads are switched on is also considered, and new ways of eliminating them are proposed.

Ключевые слова: трансформаторные подстанции, трансформаторы, улучшение КПД.

Keywords: transformer substations, transformers, increased efficiency.

Рассматриваемый материал предназначен для агропромышленного комплекса, расположенного в поселках отдаленных от энергоцентров, поселках городского типа с линиями электропередач, имеющими большое падение напряжение либо собственными автономными или резервными дизель электростанциями.

Одновременное включение всех трех фаз трехфазной активно-индуктивной нагрузки приводит к длительному переходному процессу с бросками тока, а выключение сопровождается перенапряжениями на коммутационном оборудовании и возникновением дуги. Управляемое включение с помощью электронных пускателей обеспечивает практически мгновенный вывод токов в установившееся состояние, а отключение за счет естественных процессов в цепи происходит без перенапряжений и коммутационных потерь.

Новый способ включения трехфазных активно-индуктивных нагрузок, соединенных звездой или в треугольнике, заключается в том, что сначала включают две фазы в момент перехода фазного напряжения третьей

фазы через ноль, а затем включить третью фазу в момент перехода линейного напряжения двух других фаз через ноль.

Использование этого способа позволит значительно повысить электродинамическую стойкость электрооборудования, срок его службы, улучшить качество электроэнергии в линиях электропередачи и снизить электрические и магнитные потери в энергосистеме.

В настоящее время используются двухтрансформаторные подстанции с трансформаторами одинаковой мощности без регулирования, что приводит к большим потерям при малых нагрузках. Предлагается использовать трансформаторы разной мощности из стандартного ряда, к примеру, один на 250 и второй на 400 кВА и добавить систему переключения между ними. При малой нагрузке работает один трансформатор и при перегрузке включают второй, тем самым улучшая коэффициент мощности и КПД, которые будут вблизи максимальных значений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учеб. для вузов // Л. А. Бессонов. – М.: Гардарики, 2002. – 638 с.

2 Патент № 2510070 РФ, МПК G05F 1/10 Способ включения трехфазных нагрузок // Климаш, В. С., Тараканов, В. И. (Россия). Бюл. № 4. 2014 г.

3 Климаш В. С., Тараканов В. И. Способы включения трехфазного электрооборудования и их реализация Журнал / В. С. Климаш, В. И. Тараканов // Практическая силовая электроника. - 2015. – С. 36-40.

УДК 656.212.7

Зеленков Иван Вадимович, студент; Zelenkov Ivan Vadimovich

Шибeko Роман Владимирович, старший преподаватель;

Shibeko Roman Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ТОРМОЗНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

BRAKING DEVICE FOR SORTING STATION

Аннотация. Представлено тормозное устройство для торможения железнодорожных вагонов при формировании составов на сортировочной станции с функцией передачи механической кинетической энергии движущегося вагона в электрическую сеть переменного напряжения.

Abstract. A braking device for braking railway cars during the formation of trains at a marshalling yard with the function of transferring the mechanical kinetic energy of a moving car to an alternating voltage electrical network is presented.

Ключевые слова: вагон, инвертор, сортировочная станция, тормозное устройство.

Keywords: carriage, inverter, marshalling yard, braking device.

К сортировочным относятся станции, основным назначением которых является переработка транзитных вагонопотоков, формирование и расформирование поездов. Несмотря на рост контейнерных перевозок и усиление влияния других видов транспорта, горочные сортировочные станции еще долго будут в эксплуатации.

Классическая схема сортировки известна: наезд вагонов на сортировочную горку при помощи маневрового тепловоза, расцепка вагонов, скатывание вагонов с горки, сортировка их в стрелочной зоне, торможение до требуемой скорости в тормозных позициях.

Каждая тормозная позиция должна тормозить вагон до определенной скорости в зависимости от его массы, а при работе третьей тормозной позиции должна учитываться длина вагонов уже стоящих на этом пути, причем скорость сцепления вагонов, загруженных опасными грузами, с другими вагонами не должна превышать 5 км/час, а для вагонов с грузами отдельных категорий, требующими особой осторожности, в соответствии с Правилами перевозок грузов должна быть не более 3 км/час. Неправильная скорость соударения приводит к значительной ударной нагрузке, что приводит к повреждению вагона, смещению груза и возникает необходимость отцепки вагона и удаление его из формирующегося состава.

Масса вагона велика, кинетическая большая и количество их проходящих торможение больше сотни за день. Тормозные системы, массово применяющиеся на сегодняшний день, переводят энергию в тепло. Это расточительство можно ликвидировать путем перевода кинетической энергии движущегося вагона в электрическую энергию. Ниже описывается устройство торможения вагонов выполняющее эту функцию.

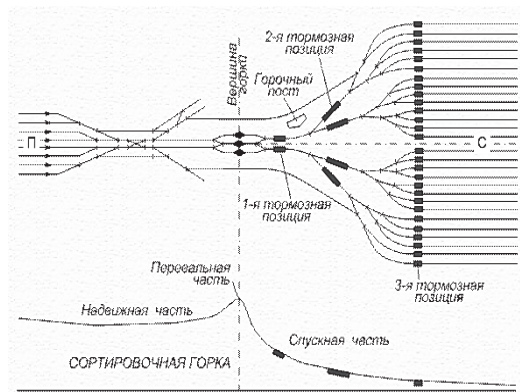


Рисунок 1 – Схема плана и профиля сортировочной горки

Классическим устройством, отдающим энергию источника постоянного напряжения в сеть переменного напряжения, является инвертор ведомый сетью. Он является основой устройства. Вдоль железнодорожного пути на участке торможения между рельсами имеется бетонное основание с углублением для тележки торможения длиной 200 метров. К тележке прикреплен трос, который с другой стороны наматывается на барабан. Ось барабана соединена с осью генератора постоянного тока. Выход генератора соединен с инвертором ведомым сетью. Таким образом, движущийся вагон

толкает тележку, разматывается на барабане трос, барабан вращается и вместе с ним вращается вал генератора постоянного напряжения, постоянное напряжение при помощи инвертора подается в сеть переменного тока. Подключение генератора к сети происходит при помощи электронного коммутатора на время торможения. При достижении нужной скорости генератор отключается от сети и находится в режиме холостого хода.

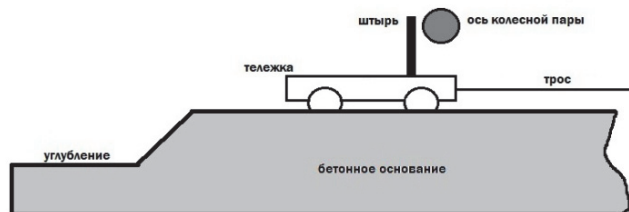
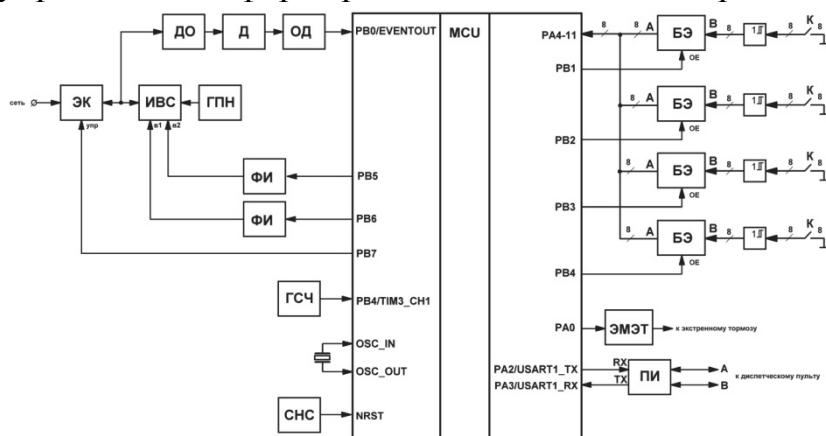


Рисунок 2 – Тормозная тележка

Управление инвертором ведется микроконтроллером путем подачи импульсов на вентили инвертора в строго определенные по отношению к периоду сети моменты времени. Для определения длительности периода сетевого напряжения двухсторонним ограничителем формируются прямоугольные импульсы, которые дифференцируются и односторонним ограничителем формируются короткие импульсы в момент перехода синусоидального сетевого напряжения через нуль в начале положительного полупериода. За время между этими импульсами, которое равно периоду сети, микроконтроллер посчитывает количество эталонных импульсов более высокой частоты, чем сеть. Посчитанное количество эталонных импульсов соответствует периоду сети, следовательно, микроконтроллер может высчитать количество эталонных импульсов соответствующих определенному углу управления и сформировать сигналы на отпирание вентиля.



ЭК – электронный коммутатор; ИБС – инвертор ведомый сетью;
 ГПН – генератор постоянного напряжения; ФИ – формирователь импульсов; ГСЧ – генератор стабильной частоты; СНС – схема начального сброса; MCU – микроконтроллер; БЭ – буферный элемент;
 К – конечный выключатель; ЭМЭТ – экстренный электромагнитный тормоз;
 И – преобразователь интерфейсов
 Рисунок 3 – Функциональная схема устройства

В устройстве 32 конечных выключателя. Семь выключателей показывают положение тормозной тележки. Остальные предназначены для определения текущей скорости вагона путем подсчитывания количества импульсов генератора стабильной частоты между срабатыванием двух последовательных выключателей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты): учеб. пособие / Н.В. Правдин и др.; под ред. Н.В. Правдина и СП. Вакуленко. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: ФГБОУ «Учебно–методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. – 649 с.

УДК 621.317.7

Испенков Роман Сергеевич, студент; Ispenkov Roman Sergeevich
Фролов Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент;
Frolov Alexey Valeryevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СИСТЕМА УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ РАСХОДА СЖАТОГО ВОЗДУХА

REMOTE COMPRESSED AIR FLOW MONITORING SYSTEM

Аннотации. Данная работа описывает систему удаленного контроля расхода сжатого воздуха с помощью радиоканала. В ней описываются назначение, принцип работы системы.

Abstract. This work is devoted to the system of remote control of compressed air flow using a radio channel. It describes the purpose, the principle of operation.

Ключевые слова: радиоканал, контроль, микроконтроллер, расход, сжатый воздух.

Keywords: radio channel, control, microcontroller, flow rate, compressed air.

На промышленном производстве используют четыре вида энергии – это вода, газ, электричество и сжатый воздух. Сжатый воздух, по сравнению с другими видами энергии, является самым дорогостоящим источником энергии. Создают сжатый воздух компрессорные установки, которые потребляют большое количество электроэнергии и требуют денежные затраты на качественное ремонтное обслуживание. Поэтому чтобы следить за утечками воздуха и предотвратить поломку компрессора, требуется контроль за классом качества и расхода сжатого воздуха. В настоящее время существуют аналоги готовых решений удалённого контроля (сбора данных параметров сжатого воздуха), но они имеют ряд недостатков: поддержи-

вают малое количество видов датчиков, содержат дорогостоящие оборудование, должны иметь постоянное подключение к интернету.

В качестве альтернативы предлагается использовать технологию сбора и передачи данных по радиоканалу с помощью радио модуля XBee для сетей ZigBee. Так как такой способ передачи данных не требует денежных затрат на использование радиосети, радиомодемы питаются от напряжения 2 - 3,6 В (можно использовать блок питания или аккумулятор), потребление тока в режиме передачи 130 мА, потребление тока в режиме сна 0,4 мА, дальность связи в здании до 90 м и вне городской застройки до 3200 м. Радиомодуль XBee работает в режиме координатора (инициализирует сеть, управляет узлами сети, хранит поступающую информацию) и в режиме ретранслятора (расширяет диапазон покрытия, передает данные координатору). При присутствии помех и выхода из строя одного радиомодуля XBee, другие модули в режиме координатора будут транслировать сигнал в обход повреждённого узла.

Функциональная схема (см. рисунок 1) разрабатываемого устройства состоит из следующих устройств, работающих следующим образом. Датчик расхода воздуха (ДРВ), датчик давления (ДД) и датчик температуры (ДТ) измеряют параметры сжатого воздуха и передают аналоговые сигналы 4-20 мА через преобразователь ток-напряжение (П Т-DC), аналоговые сигналы напряжения 0-10 В поступают через понижающий преобразователь DC-DC (П DC-DC), для преобразования сигнала в нужную нам величину. Преобразованные сигналы фильтруются с помощью фильтров нижних частот (Z1-Z3), чтобы убрать лишние помехи. Далее сигналы поступают на центральный контролер (МК) для оцифровки и с помощью интерфейса SPI данные передаются по радио модулю (РМ) через радиоканал до пункта сбора данных.

Выводы: разрабатываемое устройство является актуальным выбором для дистанционного контроля качества и расхода сжатого воздуха, позволяет подключить до 8 датчиков к одной точке сбора параметров и использует беспроводную технологию передачи данных, построенную на основе ячеистой топологии. Предложенное решение отличается низкой ценой, возможностью применения на различных заводах и предприятиях.

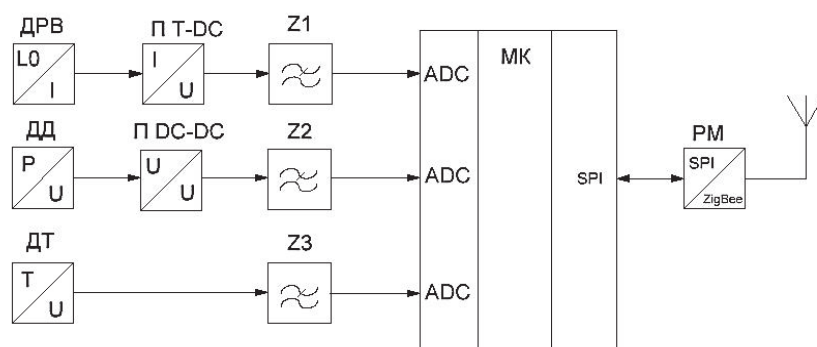


Рисунок 1 – Функциональная схема системы удаленного контроля сжатого воздуха

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Виглеб Г. Датчики, устройство и применение/ Г. Виглеб, М.А Хацернова. - Москва.: Изд-во Мир, 1989 – 196 с.

2 Еременко, В.Т. Основы электротехники и электроники: учебник для высшего профессионального образования / В.Т. Еременко, А.А. Рабочий, А.П. Фисун и др. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2012. – 529 с.

УДК 614.486

Клопов Андрей Николаевич, студент; Klovov Andrey Nikolaevich

Хрульков Владимир Николаевич, старший преподаватель;

Khrulkov Vladimir Nikolaevic

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА

DEVELOPMENT OF A RESPIRATORY SYSTEM WITH A HIGH DEGREE OF AIR DISINFECTION

Аннотация. В работе рассматривается проблема малоэффективного действия типовых средств индивидуальной защиты по борьбе с вирусными инфекциями, передающимися воздушно-капельным путем.

Представлен прототип респираторного устройства позволяющего фильтровать и обеззараживать вдыхаемый человеком воздух.

Abstract. The paper deals with the problem of ineffective action of standard personal protective equipment to combat viral infections transmitted by airborne droplets.

The prototype of the respiratory device allowing to filter and disinfect the air inhaled by the person is presented.

Ключевые слова: обеззараживание воздуха, респираторная система, биомедицина, средства индивидуальной защиты.

Keywords: air disinfection, respiratory system, biomedicine, personal protective equipment.

В настоящее время для борьбы с вирусами люди используют различные виды респираторов и масок, среди которых большой популярностью пользуются одноразовые состоящие из полипропиленовых волокон, тканевые и их разновидности. Однако, по данным исследований, такие маски практически не помогают, ведь их необходимо менять в течении часа, в то время как большинство людей пренебрегают этими правилами. В связи с этим возникает необходимость разработки устройства, способного эффективно очищать воздух при длительной эксплуатации пользователем. Реше-

нием данной проблемы может стать разрабатываемая респираторная система с высокой степенью обеззараживания воздуха.

Основным приоритетом при разработке респираторной системы стали врачи и медицинские работники, так как им зачастую приходится работать продолжительное время с больными, в то время как в воздухе скапливается большое количество вредоносных микроорганизмов, с которыми уже не справляются ни тканевые маски, ни респираторы.

В связи с вышеперечисленными проблемами возникает потребность в более эффективном способе фильтрации и обеззараживания вдыхаемого человеком воздуха.

Респираторная система представляет собой комплекс, содержащий такие элементы как:

- предварительный фильтр, для фильтрации воздуха от крупных частиц пыли;
- завихритель воздуха с установленным источником ультрафиолетового излучения, для обеззараживания вдыхаемого воздуха;
- электронный блок управления.

Электронный блок управления представляет собой печатную плату, с установленным на ней микроконтроллером ESP-32, преобразователями напряжения, аккумулятор и датчик содержания кислорода в крови(пульсоксиметр).

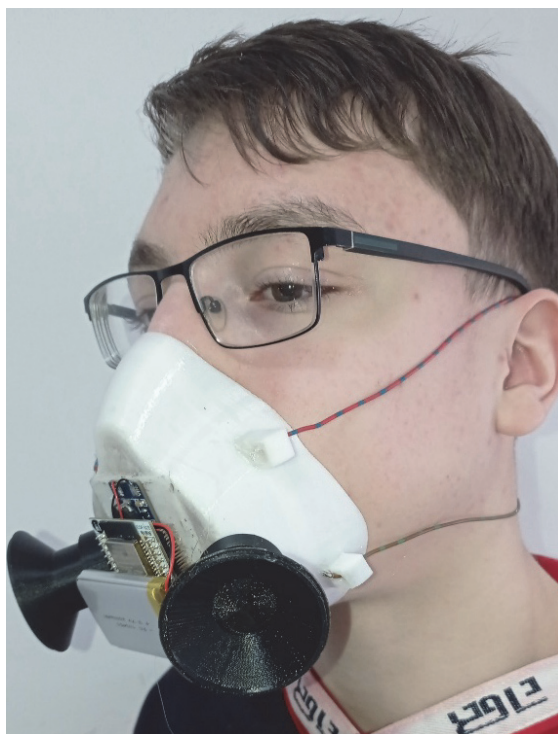
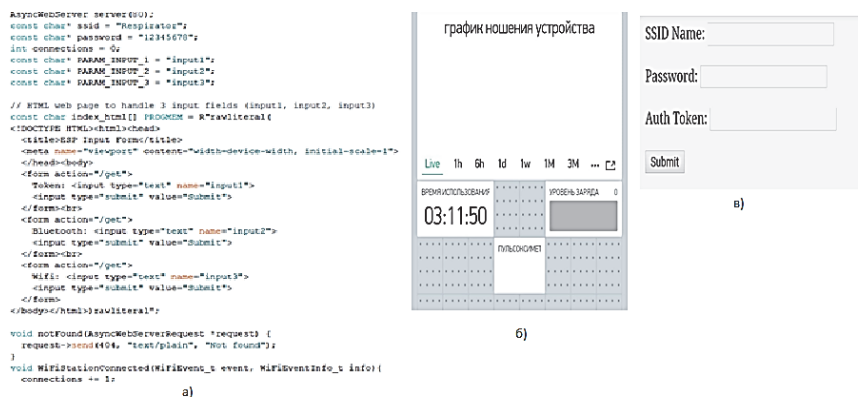


Рисунок 1 –Макет респираторной системы без системы фильтрации

Первичная фильтрация воздуха происходит благодаря установленному угольному фильтру применяемый для фильтрации макрочастиц с возможностью замены после завершения его эксплуатационного периода [1][2]. Далее поток воздуха без крупных частиц проходит обеззараживание

с помощью установленных внутри ультрафиолетовых светодиодов, имеющих длину волны равную 250-260 нм, которая является оптимальной для уничтожения большинства вирусных микроорганизмов.

Программно-аппаратная часть обеспечивает следующий функционал: динамическое отслеживание таких показателей как уровень заряда устройства, используя аналогово цифровой преобразователь, установленный в микроконтроллер, и количество кислорода в крови на основе показаний с пульсоксиметра, встроенного в респиратор. Отслеживание параметров, перечисленных выше, возможно благодаря web-интерфейсу с возможностью аутентификации пользователя.



а – программный код микроконтроллера для работы устройства;

б – пользовательский интерфейс; в – поле аутентификации пользователя

Рисунок 2 – Программа и интерфейс респираторной системы

В ходе тестирования разрабатываемого устройства была выявлена проблема влияния ультрафиолетового излучения на ABS пластик которое ведёт за собой быструю деградацию материала, тем самым уменьшая срок службы устройства. Возможным решением проблемы станет использование различных полимеров стойких к длительному воздействию ультрафиолетового излучения, таких как: PET, PVDF, PEI [3]. В дальнейшем в этот модуль будет встроен микрофон и динамик, для усиления голоса пользователя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 gas-cleaning.ru: Приволжский завод газоочистного оборудования [Электронный ресурс]: сайт – URL <https://gas-cleaning.ru/article/coal-filter> (дата обращения 09.04.2021).

2 Кочев, А. Г. Определение сопротивления воздушного фильтра : методические указания к лабораторным работам / А.Г. Кузнецов. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2010.– 12 с.

3 www.nipg.ru: научно-исследовательская производственная группа [Электронный ресурс]: сайт – URL <http://www.nipg.ru/ru/stati/stojkost-plastikov-k-ultrafioletu> (дата обращения 09.04.2021).

УДК 004.627

Кузнецов Владислав Валерьевич, студент магистратуры;

Kuznetsov Vladislav Valerievich

Родионов Александр Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент;

Rodionov Alexander Yurievich

Дальневосточный Федеральный Университет

ПРОСТЕЙШИЙ МЕТОД УМЕНЬШЕНИЯ ОБЪЁМА ПЕРЕДАВАЕМЫХ ДАННЫХ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОДАННЫХ ПО ГИДРОАКУСТИЧЕСКОМУ КАНАЛУ СВЯЗИ

THE SIMPLEST APPROACH OF REDUCING THE VOLUME OF TRANSMITTING VISUAL DATA IN CONDITIONS OF UNDERWATER ACOUSTIC COMMUNICATION CHANNEL

Аннотация. Данная работа направлена на поиск простейшего способа уменьшения объёма видеопотока, захват которого был произведён в толще воды, при передаче его в условиях гидроакустического канала.

Abstract. This work is targeted at finding the simplest way of reducing the value of video-stream, that was captured in the water column, during transmission in the conditions of underwater acoustic communication channel.

Ключевые слова: видеопоток, гидроакустический канал связи, запись видео под водой.

Keywords: video stream, hydroacoustic communication channel, video recording under water.

В наше время для проведения научных исследований мирового океана используются автономные подводные необитаемые аппараты (АНПА). Для их связи и навигации нецелесообразно использовать электромагнитные волны радиочастотного диапазона ввиду быстрого их затухания. Передача информации с помощью световых импульсов не представляется возможной на большие расстояния из-за малой дальности распространения светового пучка в морской или пресной воде; к тому же, этот способ сопряжён с большим количеством побочных трудностей, таких как ориентация передатчика относительно приёмника.

Вследствие вышеупомянутых фактов, для обеспечения подводной связи и навигации АНПА используются гидроакустические волны, которые могут распространяться на довольно большие расстояния. Тем не менее, использование этого метода передачи сигнала сопряжено с многочисленными трудностями, такие как доплеровский эффект, реверберация, узкая полоса частот передачи данных, что позволяет достичь лишь небольшой скорости передачи данных, уравнивая её разными методами частотного уплотнения, использованием высокоранговых способов манипуляции, процедурами компрессии и т. д.

При определённых условиях может возникнуть необходимость передачи видеопотока в реальном времени для своевременного управления аппаратом и оперативной визуальной оценки рельефа дна и его видеофиксации. Однако, пропускной способности для передачи видео в хорошем качестве зачастую не хватает. Поэтому, используются различные методы компрессии.

Как известно, при попадании в воду электромагнитные волны оптического спектра имеют разную проникающую способность в зависимости от химического состава водоёма и от его состояния среды. Тем не менее, очевидна закономерность: длинноволновая часть спектра затухает гораздо быстрее коротковолновой.

Как известно, байроновский паттерн, нанесённый на матрицу видеокамеры, состоит из зелёного, синего и красного цветов. Следовательно, каждый кадр готовой видеозаписи состоит из трёх соответствующих компонентов. Исходя из вышесказанного, возникает предположение, если обнулить все биты, отвечающие за красный, удалив из их общего потока, качество фото или видео ухудшится минимально, сохраняя контраст на должном уровне, уменьшая объём передаваемых данных минимум втрое.

Для подтверждения данной теории для нескольких подводных фотографий с разными цветовыми гаммами биты, отвечающие за красную составляющую были обнулены, результаты представлены на рисунках 1 и 2.

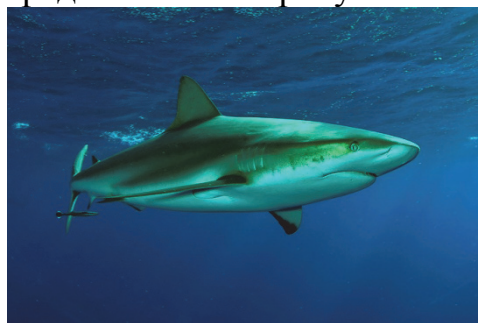


Рисунок 1 - Эталонное изображение и преобразованное

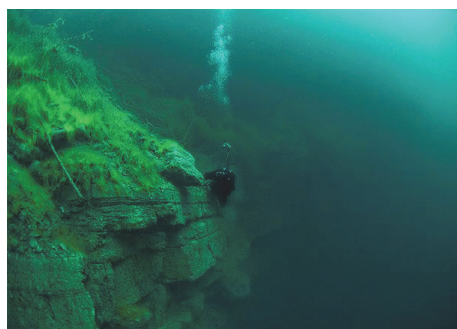


Рисунок 2 - Эталонное изображение и преобразованное

Очевидно, что красный компонент изображений в подводной среде очень мал. Именно поэтому фотография, ровно, как и видеозапись, избавленная от красной составляющей, искажается минимально. В приведённых примерах заметно, что изображение совершенно не теряет контраст, все его элементы чётко заметны и точно определяются человеческим глазом.

Таким образом, полное удаление красной составляющей минимально искажает изображение, позволяя уменьшить объём передаваемых данных минимум в три раза. В совокупности с математическими методами компрессии данный способ может показать себя как довольно эффективный для передачи в узком по частоте гидроакустическом канале связи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Stojanovic M. Underwater acoustic communication //Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering. – 1999. – С. 1-12.

2 Edelmann G. F. et al. An initial demonstration of underwater acoustic communication using time reversal //IEEE journal of oceanic engineering. – 2002. – Т. 27. – №. 3. – С. 602-609.

3 Zhou S., Wang Z. OFDM for underwater acoustic communications. – John Wiley & Sons, 2014.

УДК 621.37

Купченко Михаил Владимирович, студент;

Kurchenko Mikhail Vladimirovich

Киба Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук;

Kiba Dmitriy Anatol'evich

Комсомольский-на-Амуре Государственный Университет

АНАЛИЗ СТРУКТУР И ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ SDR В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ БПЛА ДЛЯ ПРОВЕРОК РАБОТ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

ANALYSIS OF STRUCTURES AND CHARACTERISTICS OF MEASUREMENT EQUIPMENT BASED ON TECHNOLOGY SDR AS PART OF A UAV-BASED SYSTEM FOR PERFORMANCE CHECKS RADIO ENGINEERING EQUIPMENT

Аннотация. Данная работа посвящена обоснованию выбора технологии построения и структуры измерительного оборудования для размещения в качестве полезной нагрузки БПЛА в рамках разработки системы для проверок работ радиотехнических средств.

Abstract. This work is devoted to the justification of the choice of the technology of construction and structure of measuring equipment for placement as a payload of UAVs in the framework of the development of a system for checking the operation of radio equipment.

Ключевые слова: БПЛА, SDR, DDC, ЦОС.

Keywords: UAV, SDR, DDC, DSP.

В рамках работы над проектом по разработке и исследованию системы на основе беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для проверок работ радиотехнических средств требует рассмотрения вопрос определения структуры и необходимых характеристик измерительного оборудования, входящего в состав полезной нагрузки БПЛА разрабатываемой системы. Для решения задач проверок работы различных радиотехнических средств требуется специальное измерительное оборудование, которое в совокупности с антенно-фидерным устройством (АФУ) соответствующего для конкретной задачи типа, работает в определённом диапазоне рабочих частот.

Концепция создания измерительного комплекса на базе БПЛА мультироторного типа накладывает некоторые технические ограничения, которые должны быть учтены при разработке и конструировании этого комплекса. Ключевое ограничение данной системы связано с такой характеристикой БПЛА, как грузоподъёмность. Именно этот параметр принципиально определяет, какой полезной нагрузкой может быть оснащён летательный аппарат. И хотя некоторые современные грузовые и промышленные мультикоптеры имеют относительно большую грузоподъёмность, в среднем большинство моделей обладают грузоподъёмностью 5-10 кг. Кроме того, полезная нагрузка летательного аппарата создаёт дополнительную парусность, которая зависит от габаритов этой нагрузки. По этим причинам измерительное оборудование на борту БПЛА должно быть как можно легче и меньше по габаритам.

Также, ввиду стремления к универсальности измерительного комплекса и для большей его гибкости в плане перенастройки на тот ли иной режим работы, целесообразно использование цифровых технологий. Выигрыш по массогабаритным показателям и многофункциональности измерительного комплекса возможно достигать путём переноса как можно большего числа процессов обработки принимаемых радиосигналов и функциональных узлов тракта из аналоговой области в цифровую. Исходя из данных соображений и с учётом обозначенных ограничений, целесообразно задействовать измерительную часть системы, основанную на базе технологий программно-определяемого (конфигурируемого) радио – Software Defined Radio (SDR).

Суть технологии SDR заключается в частичном переносе узлов и процессов аналоговой обработки радиосигналов в цифровую область, в которой непосредственная обработка данных, а также конфигурирование устройства (его перенастройка) осуществляются программным способом. Существует множество разновидностей технологии SDR, отличающихся разной степенью цифровизации узлов и процессов, а также некоторыми другими техническими аспектами. Иными словами, отличаются структуры трактов и некоторые принципы обработки сигналов. Среди множества разновидностей данной технологии можно выделить два основных направления – с аппаратным преобразованием сигналов и с прямой оцифровкой сигнала (Digital Down Conversion – DDC). Выбор той или иной технологии, и структуры в частности, зависит от конечных целей. Определение рабоче-

го диапазона частот, требуемого функционала, способов управления оборудованием и ряд других технических моментов сказываются на выборе структуры SDR устройства.

Классический метод аппаратного преобразования сигнала заключается в том, что спектр принимаемого радиосигнала фильтруется и переносится на более низкую частоту с помощью аппаратных фильтров, смесителей и гетеродинов, после чего сигнал оцифровывается и уже дальнейшая обработка осуществляется в цифровом виде. Данный способ частично упрощает процесс цифровой обработки за счёт аппаратной реализации некоторых функций. Однако в то же время аппаратная часть ограничивает всю систему, усложняя процесс управления и перенастройки системы при изменении полосы пропускания и других параметров тракта. Кроме того, аналоговые фильтры, промежуточные усилители, смесители и синтезаторы частот в сумме ухудшают массогабаритный показатель устройства.

Технология DDC выгодно отличается сразу по нескольким показателям. Во-первых, максимально упрощается аппаратная часть за счёт переноса аналоговых функциональных узлов обработки в цифровую область, что снижает габариты устройства в целом. Во-вторых, практически полная цифровизация системы упрощает процесс программной перенастройки аппаратуры. В-третьих, при использовании достаточно быстродействующих аналого-цифровых преобразователей (АЦП) технология DDC обеспечивает весьма широкий рабочий диапазон, что повышает универсальность устройства.

Современные АЦП способны работать с частотой дискретизации до 10.4 ГГц, что согласно теореме Котельникова позволяет оцифровывать радиосигналы с частотами до 5.2 ГГц. Такой широкий диапазон позволит осуществлять приём сигналов от большого количества различной радиоаппаратуры: навигационной, радиовещательной, телекоммуникационной и другого специального радиотехнического оборудования.

После оцифровки сигнала высокоскоростным АЦП большой цифровой поток подвергается скоростной обработке методами цифровой обработки сигналов (ЦОС). Первоначально весь поток данных подвергается цифровой конвертации для сужения рабочей полосы и снижения скорости потока данных внутри программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС). После этого информация может быть принята процессором для дальнейшей обработки. В целях ЦОС применяются, как правило, специальные цифровые сигнальные процессоры (ЦСП/DSP), обладающие аппаратной поддержкой математических и других функций, требуемых для ЦОС. Полученные результаты и их применение зависят непосредственно от алгоритмов обработки.

В рамках разрабатываемой системы для проверок работы радиотехнических средств заключительную ЦОС (демодуляцию, декодирование и пр.) целесообразно возложить на базовый компьютер, в то время как на борту БПЛА лишь сохранять оцифрованные данные в удобном формате. Таким образом, измерительная аппаратура, построенная по технологии

SDR DDC, может удовлетворять требованиям и ограничениям, связанным с размещением измерительного комплекса в качестве полезной нагрузки БПЛА. Применение данной технологии открывает возможность осуществлять проверки работы широкого спектра радиотехнических средств, делая разрабатываемый комплекс универсальным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Проектирование, оптимизация и моделирование SDR [Электронный ресурс] // RUSSIANELECTRONICS.RU. URL: <https://russianelectronics.ru/sdr/> (дата обращения 22.03.2021).

2 ADC12DJ5200RF [Электронный ресурс] // TI.COM. URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/adc12dj5200rf.pdf?ts=161252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FADC12DJ5200RF> (дата обращения 31.03.2021).

УДК 621.317.39

Курбонназаров Джуманазар Абдулмуталибович, студент;

Kurbonnazarov Dzhumanazar Abdulmutalibovich

Копытов Сергей Михайлович, канд. тех. наук, доцент;

Kopytov Sergey Mihailovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОСНОВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАТЧИКА MAX30102 ДЛЯ ПУЛЬСОКСИМЕТРИИ

BASICS OF PRACTICAL USE OF THE MAX30102 SENSOR FOR PULSE OXYMETRY

Аннотация. Рассмотрен принцип действия спектрофотометрического датчика MAX30102 для пульсоксиметрии. Приведены сведения для практической реализации пульсоксиметров на базе данного датчика.

Abstract. The principle of operation of the MAX30102 spectrophotometric sensor for pulse oximetry is considered. Information is given for the practical implementation of pulse oximeters based on this sensor.

Ключевые слова: пульсоксиметрия, датчик MAX30102, микроконтроллер, интерфейс I2C.

Keywords: pulse oximetry, sensor MAX30102, microcontroller, I2C interface.

Пульсоксиметрия - это незаменимый контрольный метод измерения частоты сердечных сокращений и степени насыщения крови кислородом. В норме соотношение гемоглобина, содержащего кислород, к общему количеству гемоглобина в крови (сатурация, SpO₂) должно находиться в пределах от 95% до 98%.

В основе пульсоксиметрии лежит неинвазивный спектрофотометрический способ определения SpO₂. Актуальность пульсоксиметрии особенно возросла в связи с распространением эпидемии COVID-19, поража-

ющей, прежде всего, дыхательную систему. Для изучения принципов действия и использования пульсоксиметров предложен учебный стенд. В качестве основы стенда выбран сенсорный модуль с интегрированным датчиком MAX30102 [1], работающим в режиме отражения света (рисунок 1).



Рисунок 1 – Принцип работы (а) и модуль датчика MAX30102 (б)

Датчик содержит два светодиода красный (с длиной волны 660 нм) и инфракрасный (с длиной волны 880 нм), а также фотодиод. Насыщенная кислородом кровь поглощает интенсивнее инфракрасный (ИК) свет и пропускает красный свет, напротив деоксигенированная кровь поглощает красный свет и пропускает инфракрасный свет. Датчик оцифровывает сигналы фотодиода для красного и ИК света и сохраняет их в кольцевом буфере FIFO с глубиной 32 выборки данных. Значения из буфера считывает управляющий микроконтроллер по интерфейсу I2C. Адрес датчика 57h. На микроконтроллер от датчика может быть также подан сигнал прерывания INT, используемый для аппаратного оповещения микроконтроллера о готовности новых данных в буфере FIFO датчика.

В свободном доступе представлены примеры разработок пульсоксиметров на основе датчика MAX30102, базирующиеся на готовом программном модуле MAX30105.h для Arduino от SparkFun Electronics [2]. Однако для глубокого изучения и использования датчика с другими микроконтроллерами необходимо уметь с ним работать на уровне регистров.

Управление датчиком MAX30102 осуществляется с помощью чтения и записи внутренних регистров. Для настройки датчика MAX30102 необходимо в регистры записать определенные значения.

В регистр «Interrupt Enable 1» с адресом 02h записываем значение 40h для включения прерывания «новые данные FIFO готовы». В регистр «Mode Configuration» с адресом 09h записываем значение 03h для активации режима SpO2. В этом режиме датчик получает сигналы для красного и инфракрасного светодиодов, необходимые для расчета насыщения крови кислородом. В регистр «SpO2 Configuration» с адресом 0Ah записываем значение 6Fh. Это значение позволяет задать наибольшее разрешение АЦП в 18 бит при ширине импульсов тока светодиодов 411 мкс и максимально возможном значении дискретизации по времени, равном 400 отсчетов в секунду. В регистры «LED Pulse Amplitude (RED)» с адресом 0Ch и «LED Pulse Amplitude (IR)» с адресом 0Dh записываем значения 3Fh для задания силы тока 12,6 мА через каждый светодиод.

После инициализации датчик начнет работать. Выборка датчика в режиме SpO2 состоит из 6 байтов. Первые три байта содержат значение фотосигнала красного диода, а следующие три байта содержат значение фотосигнала ИК диода. Выборки в буфер FIFO записываются и считываются из него друг за другом в порядке поступления, т.е. будет чередоваться информация для красного и ИК каналов. Двоичное 18-разрядное значение сигнала записывается в три байта следующим образом. В двух младших разрядах первого байта из трех передаются два старших разряда значения АЦП, во втором байте – следующие восемь разрядов, а в третьем байте – оставшиеся младшие разряды АЦП.

В случае поступления прерывания необходимо прочитать регистр «Interrupt Status 1» по адресу 00h и проверить его 6 бит PPG_RDY (новые данные в FIFO готовы). Если бит PPG_RDY имеет высокий уровень, можно через регистр данных FIFO с адресом 07h прочитать 6 байт данных.

Осциллограммы сигналов фотодатчика имеют постоянную и переменную составляющие. При этом значение постоянной составляющей существенно больше амплитуды изменения переменной составляющей. Полезная информация содержится в переменной составляющей сигнала. Для ее выделения предложено использовать цифровой ФВЧ с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтр).

Реализовать цифровой БИХ фильтр высоких частот программным способом можно с помощью простых разностных уравнений (1):

$$\begin{aligned} w[n] &= x[n] + \alpha \cdot w[n-1], \\ y[n] &= w[n] - w[n-1], \end{aligned} \quad (1)$$

где $y[n]$ - выходной сигнал фильтра;

$x[n]$ - выборка входного сигнала;

$w[n]$ - промежуточное значение;

α - коэффициент масштабирования, полученный при расчете фильтра (примерно 0,9992).

Для нахождения SpO2 предварительно необходимо вычислить отношение R , используя следующее выражение (2):

$$R = \frac{\lg(RMS_{\sim R})}{\lg(RMS_{\sim IR})}, \quad (2)$$

где $RMS_{\sim R}$ - среднеквадратичное значение дискретного сигнала, создаваемого красным светом;

$RMS_{\sim IR}$ - среднеквадратичное значение дискретного сигнала, создаваемого ИК светом.

Для вычисления среднеквадратичного значения дискретного сигнала, создаваемого красным светом, для набора выборок из N значений $x_1, x_2, \dots, x_N$ используется выражение (3):

$$RMS_{\sim R} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} = \sqrt{\frac{1}{N} \times (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2)}. \quad (3)$$

Окончательно сатурация рассчитывается с помощью выражения (4):

$$SpO2[\%] = -45,06 \cdot (R/100)^2 + 30,35 \cdot (R/100) + 94,85. \quad (4)$$

Определить ЧСС можно с помощью обработки переменной составляющей сигнала, создаваемого красным или ИК светом. Например, можно использовать подсчет переходов сигнала через ноль или алгоритм быстрого преобразования Фурье для получения частоты основной гармоника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Чистяков В. Пульсоксиметрия от Maxim: новый датчик MAX30102 // Новости электроники. 2016. № 7. С. 36-39.

2 Яценков В.С. Здоровье, спорт и окружающая среда в проектах Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020. – 336 с.

УДК 003.24; 004.588

Лысяков Игорь Алексеевич, бакалавр; Lisyakov Igor Alexeyevich
Копытов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент;
Kopytov Sergei Mihailovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА И БЛОК-СХЕМА ВЫВОДА СИМВОЛОВ ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ШРИФТА БРАЙЛЯ

STRUCTURAL DIAGRAM AND BLOCK DIAGRAM OF OUTPUT OF SYMBOLS OF THE SIMULATOR FOR STUDYING THE BRILLE FONT

Аннотация. Предложена структурная схема и блок-схема вывода символов тренажера для изучения шрифта Брайля, использующего для осязаемых символов небольшие вибромоторы и рассмотрены особенности изучения шрифта Брайля.

Abstract. A structural diagram and a block diagram of the output of symbols of a simulator for studying Braille, using small vibration motors for tangible symbols, is proposed and discusses the features of studying Braille.

Ключевые слова: шрифт Брайля, тренажер, исполнительное устройство.

Keywords: Braille, simulator, executive device.

Обучение лиц с ограниченным зрением шрифту Брайля сложный процесс, в котором, кроме всего прочего, задействуется осязание. Существует большое количество методик, призванных ускорить и упростить процесс обучения и чтения по шрифту Брайля.

Символы шрифта Брайля состоят лишь из нескольких точек, из-за этого многие из них можно легко перепутать между собой – это является одной из распространенных ошибок, совершаемых при чтении шрифтом Брайля. Например, буквы «к» и «ё» по алфавиту Брайля состоят лишь из двух точек каждая. И их легко перепутать, так как единственное отличие

между ними в одной нижней точке. Или состоящие из одной точки, символы буквы «а» или символ запятой.

Также нельзя не учитывать особенности написания шрифтом Брайля, главная из которых – «отзеркаливание» символов шеститочия. Это связано с тем, что при письме шрифтом Брайля, используют специальные инструменты и плотную бумагу. Инструментом на бумаге делают выпуклости с обратной стороны. Письмо происходит справа налево «отзеркаленными» символами. Чтение – слева направо, по одному символу.

Также в русском алфавите Брайля перед символом, обозначающим какую-либо цифру, стоит специальный символ, предшествующий ей. Подобная система используется и с символами, обозначающими заглавные буквы [1].

На сегодняшний день существует множество электронных устройств, призванных упростить чтение людям с ограниченным зрением. Каждое устройство использует различные технологии – от дешевых, до самых дорогих и необычных.

В данной работе предлагается использовать простое и дешевое устройство, с использованием небольших вибромоторчиков, каждый из которых будет представлять собой одну из точек шеститочия. Структурная схема представлена на рисунке 1.

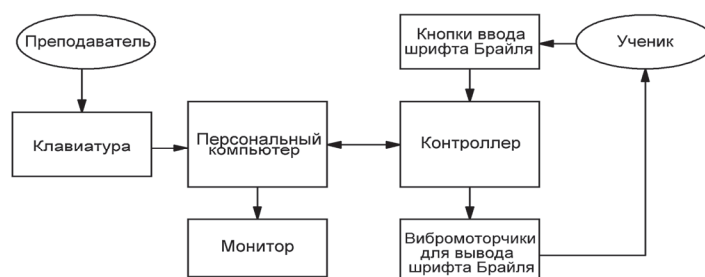


Рисунок 1 – Структурная схема тренажера для изучения шрифта Брайля

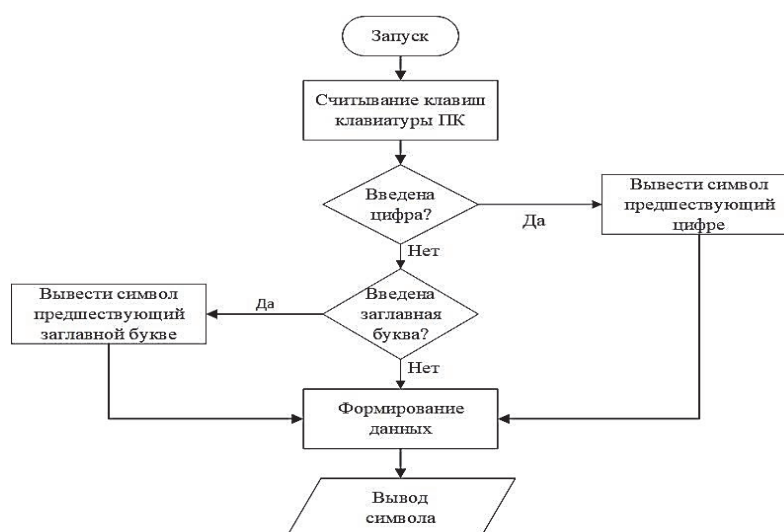


Рисунок 2 – Блок-схема вывода символов тренажера для изучения шрифта Брайля

Предложенное устройство состоит из микроконтроллера с подсоединенными вибромоторчиками и кнопками, подключенного к персональному компьютеру. При вводе символов на клавиатуре в программу, через UART-интерфейс происходит общение микроконтроллера и компьютера. Блок-схема вывода учитывает особенности вывода цифр и заглавных букв, описанные выше (см. рисунок 2).

Также микроконтроллер может отправлять введенные с помощью шести кнопок символы в компьютер, на экран вывода, для чего будет предусмотрен отдельный режим. При обучении, предполагается, что обучаемый будет под постоянным присмотром преподавателя.

В дальнейшем планируется внедрение системы озвучки и программ обучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Проглядова Г. А. Формирование базиса для овладения шрифтом Брайля : учебно-методическое пособие / Г. А Проглядова., В. З. Денискина – Москва : МПГУ, 2018. – 116 с.

УДК 628.94

Марущенко Денис Сергеевич, магистрант; Marushchenko Denis Sergeevich

Ульянов Александр Владимирович, канд. тех. наук, доцент;

Ulianov Alexandr Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ PLC МЕТОК С МОДЕЛИРОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

DEVELOPMENT OF A LED LIGHTING CONTROL SYSTEM MODEL THROUGH POWER LINE COMMUNICATION MARKERS WITH ACTIVE FEEDBACK

Аннотация. Данная статья посвящена разработке модели системы светодиодного освещения, управляемой посредством линии электропитания. Разработана модель устройства в программе MATLAB, считывающая в реальном времени команды управления приходящие на демодулятор светодиодной лампы. В модели реализовано 3 режима работы устройства. Режим модулирования, позволяет управлять количеством включенных ламп и уровнем их освещения. Режим демодулирования позволяет принимать данные команды управления по линии электропитания и выполнять необходимые инструкции. Режим обратной связи, посылает обратно на модулятор данные, о статусе работы лампы, таким образом давая опцию мониторинга потенциальному потребителю.

Abstract. This article is devoted to the development of a LED lighting system that is controlled by power line. Developed a model of a power line circuit in the MATLAB package, which reads out the control commands coming to the LED lamp demodulator in real time. The model has 3 operation modes. Modulation mode, allows you to control the number of switched-on lamps and the level of their illumination. The demodulation mode allows you to receive control data from the power line and execute the necessary instructions. The feedback mode sends data back to the modulator about the status of the lamp, thus giving to a potential consumer the option of monitoring.

Моделирование является неотъемлемой частью, при разработке любого технически сложного устройства. Оно позволяет определить и протестировать алгоритм и принцип его работы непосредственно до сборки. Также оно позволяет выявить все преимущества и недостатки ещё на стадии проектирования. В данной статье речь пойдет о моделировании системы светодиодного освещения с обратной связью.

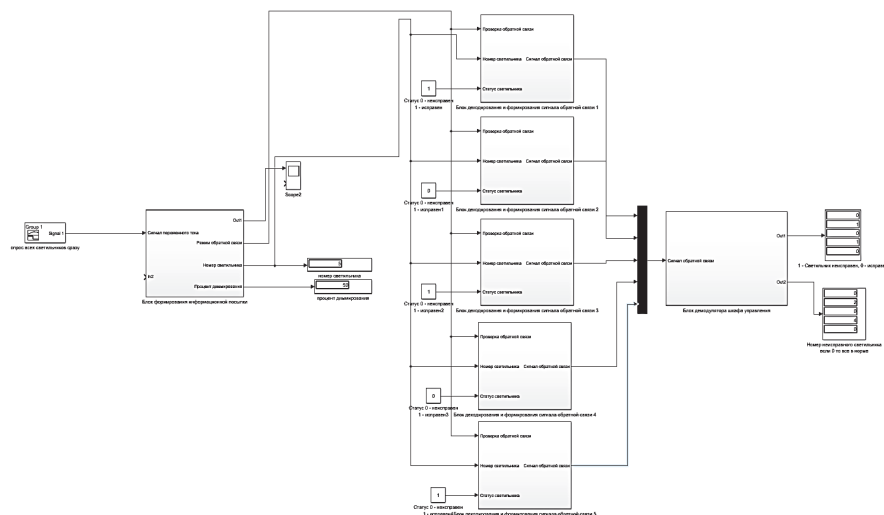


Рисунок 1 – Схема модели системы светодиодного освещения с обратной связью

Блок формирования информационной посылки PLC сигнала.[1] Он необходим для создания модулированных синусоид с заниженной амплитудой, для формирования информативного сигнала, предназначенного для передачи параметров диммирования светодиодных ламп.

Блок формирования сигнала обратной связи. Он считывает состояние работы светодиодной лампы, и посылает информационный пакет о состоя-

нии устройства обратно на шкаф управления. Таким образом пользователь понимает, исправна лампа или нет.

Блок демодулятора шкафа управления освещением. Он получает сигналы обратной связи от формирователя, установленного отдельно в каждой светодиодной лампе, и преобразует их в полезный сигнал, таким образом происходит информационный обмен между управляемым и управляющим устройством.

Так как данная модель является имитационной, то для формирования модулированного сигнала будет использоваться блок signal builder, в конкретной модели он позволяет добиться максимально точных условий модели для симуляции.

Маркерный сигнал состоит из синусоид с амплитудным значением напряжения равным $U_m = 270$ В, и неизменных по амплитуде $U = 314$ В. Информационная посылка формируется следующим образом, рисунок 2.

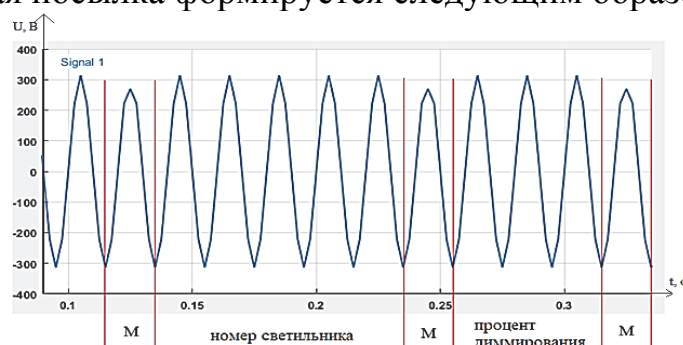


Рисунок 2 - форма модулированного сигнала

Модулируемый сигнал (в режиме управления) кодируется 3 маркерными полусинусоидами. Первый маркерный сигнала обозначает начало цикла передачи, за ним следует число синусоид, не измененных по амплитуде, равное порядковому номеру светильника, таким образом можно закодировать какое угодно число светильников, без особого изменения коэффициента несинусоидальности сети. Второй маркерный сигнал означает окончание передачи номера лампы, и начало передачи процента диммирования светодиодной лампы, в данном случае количество синусоид, идущих после маркерного сигнала, означают процент диммирования лампы умноженного на 10, то есть, максимальное значение диммирования составляет 100%, то есть это значение достигается при считывании 10 синусоид проходящих после 2 маркерного сигнала.

В режиме управления посылка заканчивается третьим маркерным сигналом, информирующим о конце цикла передачи.

В режиме обратной связи (опроса), к третьей модулированной синусоиде добавляется ещё одна, означающая что управляемое устройство должно, прислать обратно по этой же сети маркерный сигнал, означающий, что оно работает нормально без отклонений, либо работает с нарушениями, то есть информацию о статусе устройства.

Таким образом, в данной статье было произведено моделирование системы формирования маркерных PLC сигналов с обратной связью, и была рассмотрена имитационная модель системы и её составные части.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Копытов С.М., Ульянов А.В., Марущенко Д.С. Моделирование системы светодиодного освещения с передачей команд управления по линии электропитания // Электротехнические системы и комплексы – 2020. – Т. 47. - №2. – С. 72 – 79.

УДК 621.38

Межецкий Никита Сергеевич, студент; Mezheritskiy Nikita Sergeevich
Марущенко Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент;
Marushchenko Sergey Grigorevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ УСИЛИТЕЛЬНЫХ РАДИОЛАМП

DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC DEVICE FOR ESTIMATING THE PARAMETERS OF AMPLIFIER RADIO LAMPS

Аннотация. Разрабатываемое устройство предназначено для проверки и оценки параметров усилительных радиоламп, которые используются в ламповых усилителях звука, с целью определения наилучшего варианта, а также для нахождения брака.

Abstract. The device under development is intended for checking and evaluating the parameters of amplifying radio tubes that are used in tube sound amplifiers in order to determine the best option, as well as to find defects.

Ключевые слова: радиолампа, ламповые усилители, электронная лампа.

Keywords: radio tube, tube amplifiers, electronic tube.

Радиолампа (электронная лампа) – Вакуумный электронный прибор, работающий за счет управления интенсивностью потока электронов, движущихся в вакууме или разряженном газе между электродами [1].

В наше время у меломанов и профессионалов, занимающихся музыкой, все больше начинают приобретать популярность ламповые усилители мощности. Основными усилительными элементами в них являются радиолампы. Популярность ламповых усилителей возрастает потому что, в сравнение с транзисторными усилителями, они дают более качественное и мощное звучание, а также богатый и широкий спектр звукового диапазона.

Данные усилители в наше время стоят очень дорого. Вот несколько примеров данных усилителей:

– Усилитель Mastersound Compact 845, его стоимость в нынешнее время составляет 718 тыс рублей. В его составе имеются следующие радиолампы: 845 (Триод), ECC802(Триод), 6SN7(двойной триод) (см. рисунок 1).

– Усилитель AUDIO VALVE Challenger 115 black/chrome, в его состав входит EEC83 (триод) или 12AX7 (двойной триод), ECC82 (триод) или 12AU7(двойной триод), EL34 (пентод) (см. рисунок 2).

Так как использование ламповых усилителей увеличивается, то и популярность электронных ламп возрастает, и что бы усилитель работал качественно, а также для их ремонта и выявления брака в лампах, необходимо их проверять. Разрабатываемое устройство будет выполнять данную функцию.

На данный момент существуют различные тестеры радиоламп, но последний такой тестер выпускался в 80-х годах прошлого столетия, а конструкции радиоламп изменились за это время, и соответственно старый тестер для таких ламп уже неактуален.



Рисунок 1 – Ламповый усилитель
Mastersound Compact 845



Рисунок 2 – Ламповый усилитель
AUDIO VALVE Challenger 115
black/chrome

Как видно из перечисленных примеров выше, многие существующие ламповые усилители используют одни и те же типы радиоламп такие как: триод, двойной триод, пентод, так же лучевой тетроод (в примерах его не было). В будущем эта тенденция не изменится. Поэтому разрабатываемое устройство предназначено только для проверки перечисленных типов ламп.

Параметры, которые будет снимать прибор с электронной лампы: внутреннее сопротивление, коэффициент усиления, крутизна характеристики – данные параметры определяют усилительные возможности радиолампы; межэлектродная емкость – определяет верхнюю границу использования лампы по частоте; анодно-сеточная характеристика [2].

На рисунке 3 изображена структурная схема устройства. На схеме изображено следующее:

- МК – Микроконтроллер, является мозгом всего устройства, он собирает все данные с блока датчиков, а также управляет подачей напряжения на объект исследования.
- УИП – управляемые источники питания.
- ОИ – Объект исследования - тестируемая радиолампа.
- БД – Блок датчиков, снимает контролируемые параметры с объекта исследования, и отправляет их на микроконтроллер.
- ИК – индикатор, отображающий контролируемые параметры.
- И – интерфейс для соединения с персональным компьютером пользователя.
- КЛ – клавиатура, служит для задания режимов работы устройства пользователем.

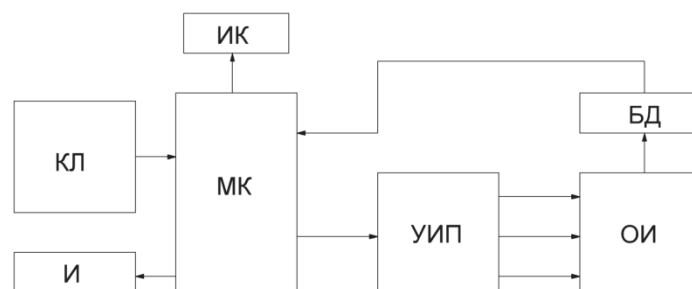


Рисунок 3 – Структурная схема устройства для проверки радиоламп

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Wikipedia.org // UAR [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Электронная_лампа](https://ru.wikipedia.org/wiki/Электронная_лампа).

2 Гендин Г. С. Все о радиолампах. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002 – 296 с.: ил. – (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1258).

УДК 004.51

Недоедко Александр Олегович, студент; Nedoedko Alexander Olegovich

Шибек Роман Владимирович, старший преподаватель;

Shibeko Roman Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В РАБОТЕ С МУЛЬТИМЕТРОМ

AUGMENTED REALITY IN OPERATION WITH A MULTIMETER

Аннотация. Данная работа посвящена разработке AR-мультиметра. Описываются назначение и функции, устройство прибора и области применения.

Abstract. The purpose and functions, device design and applications are described.

Ключевые слова: отображение информации, снятие показаний, дополненная реальность, вывод данных, мультиметр, разработка.

Keywords: information display, readings, augmented reality, data output, multimeter, development.

Каждый инженер, техник или любитель в области электроники/радиотехники знает о таком измерительном приборе, как мультиметр. Он доступен в различных формах в зависимости от характеристик. Основная функция этого устройства - измерение электрических характеристик объектов. В настоящее время ни один осмотр и ремонт электрического/электронного оборудования не проходит без использования мультиметра. Электрические параметры самого мультиметра можно выбрать с помощью шкалы или поворотного переключателя на передней панели прибора. Далее речь пойдет об усовершенствовании данного прибора.

Пользователь часто сталкивается с проблемой, когда необходимо снимать показания с электроприбора и при этом держать мультиметр в руках, что не очень удобно. Разработка AR-мультиметра (полное название “augmented reality multimeter”) помогает решить данную проблему. AR-мультиметр облегчает использование измерительного прибора и делает работу с ним более комфортной. При этом пользователю не приходится держать мультиметр в руках. Прибор можно, например, положить в карман, при этом результаты измерений проецируются перед глазами. Так же для удобства записи показаний в устройстве имеется SD-карта на которую записываются все измерения и ведётся запись видео. Пользователь всегда может просмотреть снятые им показания и сопоставить объект измерения, просто подключив SD-карту к компьютеру.

На рисунке 1 представлена структурная схема изделия. AR-блок крепится на дужку очков и при помощи зеркальных манипуляций выводит показания с OLED-дисплея на линзу перед глазами пользователя. В блоке имеется камера, которая регистрирует объект (место) снятия показаний, а также на записываемое видео поверх накладываются все измерения. Вся информация сохраняется на SD-карту. Для связи мультиметра с устройством используется Bluetooth-соединение, обеспечивающее высокую скорость связи мультиметра с очками.

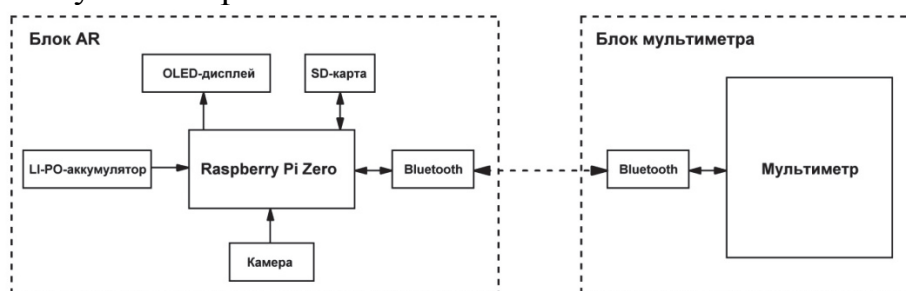


Рисунок 1 – Структурная схема

Для создания блока использовались такие компоненты:

- Микрокомпьютер Raspberry Pi Zero. Это более компактная копия микрокомпьютера Raspberry Pi 3B+, но на половину уступает ему по характеристикам. В нём есть встроенный Bluetooth и присутствует разъём для подключения камеры.
- Камера Raspberry Pi. Компактна и не занимающая много места. Снимает видео в хорошем разрешении.
- OLED-дисплей. Индикация устройства, с которого при помощи манипуляций с зеркалами выводились данные прямо на линзу очков перед глазами.
- Li-Po-аккумулятор обеспечивает продолжительное время работы устройства без подзарядки.

Цифровой мультиметр с Bluetooth довольно дорогой, поэтому вместо этого использовался более дешёвый вариант, который получился путём подключения Bluetooth-модуля через Arduino Nano к обычному мультиметру. Для работы с устройством ARM надевается на дужку очков и вклю-

чается. После этого устройство соединяется с мультиметром по Bluetooth связи. Теперь можно проводить необходимые измерения. Если есть необходимость фиксировать измерения то можно включить камеру. Таким образом, мультиметр был усовершенствован, и его использование стало в несколько раз удобнее.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мультиметр. Назначение, виды, характеристики и выбор – [Электронный ресурс]. URL: <https://instrumentn.ru/izmeritelnye-pribory/multimetr-vidy-i-vybor> (дата обращения: 25.03.2021).
2. Промышленный VR/AR: кейсы и особенности рынка – [Электронный ресурс]. URL: <https://ict.moscow/news/vr-v-promyshlennosti/> (дата обращения: 1.04.2021).

УДК 004.72

Недоедко Александр Олегович, студент; Nedoedko Alexander Olegovich
Копытов Сергей Михайлович, канд. тех. наук, доцент;
Kopytov Sergey Mihailovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РАБОЧИХ НА ОСНОВЕ MESH-СЕТЕЙ

WORKER MONITORING SYSTEM BASED ON MESH-NETWORKS

Аннотация. Работа посвящена разработке системы мониторинга состояния рабочих на основе самовосстанавливающихся mesh-сетей.

Abstract. The work is devoted to the development of a system for monitoring the state of workers based on self-healing mesh networks.

Ключевые слова: mesh сети, ZigBee, каска, состояние здоровья, сервер.

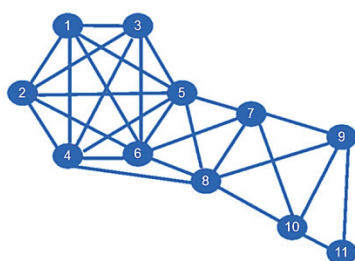
Keywords: mesh networks, ZigBee, helmet, health status, server.

Проблеме контроля местонахождения и состояния здоровья работников уделяют все большее внимание. Это связано как с заботой о человеке труда, так и с ростом производительности его труда и доходов самого предприятия. Развитие микроэлектроники, радиотехники и сетевых технологий позволяет решить эту задачу.

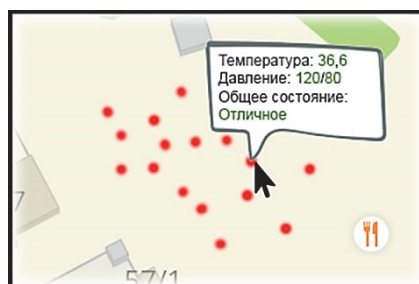
В качестве основы системы сбора данных о распределенных по территории предприятия работниках целесообразно взять радиосети с ячеистой (mesh) структурой. Например, радиосети ZigBee имеют малое энергопотребление и в отличие от других сетей передачи данных поддерживают не только простые топологии вида «точка-точка», «дерево» и «звезда», но и ячеистую топологию.

Благодаря такой топологии и использованию специальных алгоритмов обеспечивается самовосстановление и гарантированная доставка передаваемых пакетов. Сеть ZigBee также является самоорганизующейся и сама выбирает более короткий и оптимальный маршрут передачи информации. В случае разрыва соединения с одним или несколькими модулями данная сеть автоматически перестраивается и восстанавливает соединение с конечным устройством. Модули, поддерживающие такие сети, отличаются низким энергопотреблением и могут работать до трёх лет от пальчикового элемента питания с напряжением 1,5 В. Сеть использует стандарт IEEE 802.15.4, определяющий физический слой и управление доступом к беспроводным сетям с низким уровнем мощности сигнала. Поддерживаемая скорость передачи пакетов данных может достигать до 480 Мбит в секунду.

Предложено использовать сеть ZigBee для сбора информации о показателях здоровья и местоположении рабочих. В качестве показателей здоровья выбраны температура, давление, частота сердечного ритма, наличие паров этанола. Для реализации системы сбора данных в каски рабочих встраиваются контроллер с датчиками измерения жизненных показателей, ZigBee модуль и источник питания. Узлы объединяются в ячеистую сеть, каналы передачи данных которой самостоятельно перестраиваются на более оптимальный маршрут при перемещении рабочих по территории предприятия. Пример ячеистой сети приведён на рисунке 1, а.



а)



б)

Рисунок 1 – Топология ячеистой (mesh) сети (а) и карта сайта с визуальным выводом данных мониторинга рабочих (б)

В течение рабочего времени происходит регулярный сбор показаний о физиологическом состоянии и местоположении рабочих. Пакеты данных модули ZigBee передают на сервер, который в ответном сообщении подтверждает, что данные получены. Информация, поступившая на сервер, проходит процедуру дешифрации, регистрируется и публикуется на сайте. Экран сайта визуально отображает местоположение рабочих на территории в реальном времени. Пример карты сайта приведён на рисунке 1, б.

Местоположение рабочих отображается в виде точек на карте предприятия, нажав на которые можно вывести диалоговое окно, показывающее физиологические параметры человека в данный момент времени.

Таким образом, предложена радиосеть для постоянного мониторинга состояния рабочих на предприятиях в реальном времени с целью своевременного выявления ухудшения здоровья, а также для слежения за трезвостью работников и за их нахождением на рабочих местах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 IEEE 802.15.4 – [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4 (дата обращения 09.04.2021)
- 2 Ячеистая топология – [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Ячеистая_топология (дата обращения 10.04.2021)

УДК 621.311.6, 621.314

Ненюк Вероника Владиславовна, студентка;

Nenyuk Veronika Vladislavovna

Марущенко Сергей Григорьевич, канд. тех. наук, доцент;

Marushchenko Sergey Grigorevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПИКОВОЙ НАГРУЗКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СЕТЬ

DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICE FUNCTIONAL SCHEME FOR REDUCING ELECTRICAL NETWORK PEAK LOAD

Аннотация. Данная статья посвящена разработке электронного устройства для снижения пиковой нагрузки на электрическую сеть. Представлена функциональная схема устройства, и перечислены выбранные комплектующие, входящие в его состав.

Abstract. This article is devoted to the development of system, which is designed for reducing electrical network peak load. The device functional scheme is presented and selected components of device are listed.

Ключевые слова: пиковая нагрузка, управление энергопотреблением на стороне потребителя, накопление электроэнергии, преобразование электроэнергии.

Keywords: peak load, demand-side management, electrical power accumulation, electrical power conversion.

Предлагаемое в статьях [1, 2] устройство позволит сместить наиболее значительные утренние и вечерние пики нагрузки на электрическую сеть в непиковые часы, тем самым сглаживая суточные графики потребления и снижая загруженность распределительных подстанций и генераторов.

В ночные непииковые часы устройство передает электроэнергию из сети в нагрузку и в накопитель энергии (аккумулятор).

В дневные пиковые часы устройство отключается от сети и отдает в нагрузку энергию из аккумулятора.

Основные функциональные блоки устройства:

1) Аккумуляторы для накопления электроэнергии соединены последовательно для получения напряжения 24 В.

2) Контроллер заряда LTC4015 реализует алгоритм заряда CC/CV током до 30 А и балансирует заряд нескольких аккумуляторов. Контроллер управляется, настраивается и передает данные о напряжении, токе, сопротивлении и температуре батарей по интерфейсу I2C. Полезной функцией является легкая программная настройка под зарядку свинцово-кислотных, литиевых, литий-полимерных или литий-железо-фосфатных аккумуляторов, что позволит пользователю выбирать и покупать наиболее подходящие ему по емкости, габаритам и стоимости аккумуляторы.

3) Мостовой выпрямитель MB3510 с понижающим трансформатором необходим для получения постоянного напряжения для заряда аккумуляторов.

4) Датчик газа MQ-8 отслеживает уровень концентрации водорода, выделяемого аккумуляторами в процессе эксплуатации, для соблюдения правильного режима зарядки и предотвращения возможного возгорания [3].

Данный датчик имеет аналоговый выход, который подключается к АЦП микроконтроллера. Подаваемым на нагреватель датчика напряжением будет управлять микроконтроллер.

5) Входной LC-фильтр подавляет коммутационные помехи, возникающие при работе диодов выпрямителя.

6) В качестве датчика тока и напряжения используется микросхема счетчика электроэнергии ADE7753. Она измеряет действующие и мгновенные значения тока и напряжения сети и потребляемую активную, реактивную и полную энергии с помощью измерительных трансформаторов тока и напряжения и передает полученные данные по интерфейсу SPI.

7) Трехуровневый инвертор напряжения преобразует напряжение аккумуляторов в переменное, которое увеличивается до 220 В повышающим трансформатором и сглаживается выходным LC-фильтром до синусоидального. Микроконтроллер производит управление четырьмя транзисторами модуля инвертора NXH80T120L2Q0P2TG и отслеживает их температуру, измеряя напряжение на встроенном NTC термисторе.

8) В качестве переключателей используются электромагнитные реле с перекидными контактами. Они переключают источники напряжения для нагрузки (сетевое или с инвертора) и для инвертора (постоянное напряжение с выпрямителя или аккумулятора).

9) Микроконтроллер управляет инвертором, контроллером заряда и переключающими устройствами, осуществляет сбор и мониторинг данных с датчиков. Переключение от режима накопления энергии к режиму отдачи энергии аккумулятора происходит по часам реального времени.

Данные о текущих характеристиках сетевого напряжения, потребляемой энергии и режиме работы отображаются на дисплее, с помощью которого также можно производить настройку работы устройства: задавать время переключения, выбирать тип и емкость используемых аккумуляторов, проводить диагностику и т.д. Был выбран микроконтроллер серии STM32F334, так как он снабжен большим количеством линий ввода/вывода общего назначения и широким набором периферийных устройств, идеально подходящих для реализации данного устройства: таймеры высокого разрешения с ШИМ и настраиваемой защитной паузой «мертвого времени», быстродействующие 12-битные АЦП, часы реального времени, интерфейсы I2C, SPI и USART. Кварцевый резонатор необходим для стабилизации частоты микроконтроллера, от которой зависит точность работы часов реального времени и надежность работы интерфейсов. Батарея необходима для работы часов реального времени в случае отключения электроэнергии.

10) Экран (управляемый драйвером ILI9341) и сенсорная панель сенсорного дисплея управляются по интерфейсу SPI, поэтому используют два отдельных вывода CS. Для определения нажатия используется выход прерывания IRQ, выбора записи команды/данных – вход DC, принудительного сброса – вывод RST.

11) Стабилизатор напряжения MC34063 на 3,3 В необходим для питания микроконтроллера, датчиков и сенсорного дисплея.

Функциональная схема устройства представлена на рисунке 1.

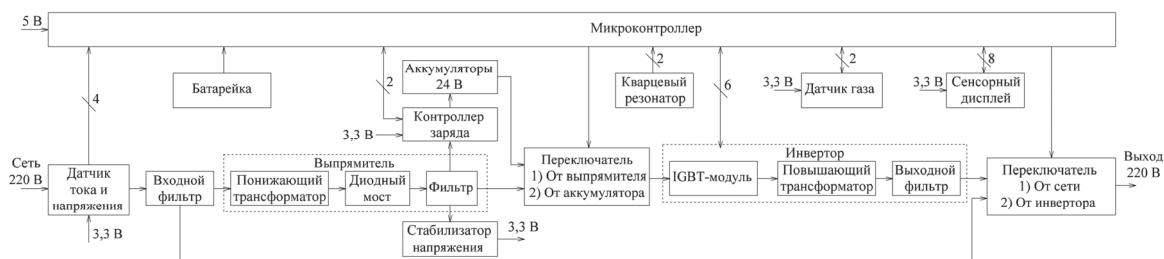


Рисунок 1 – Функциональная схема устройства

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Nenuyk, V.V. Development of electronic device for reducing electrical network peak load / V.V. Nenuyk, S.G. Marushchenko, D.S. Marushchenko // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. – 2020. – ст. № 9271517.

2 Ненюк, В.В. Разработка электронного устройства для снижения пиковой нагрузки на электрическую сеть / В.В. Ненюк, С.Г. Марущенко // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. – 2020. – Ч. 1. – С. 316-318.

3 Кривецкий, А. Заряд кислотных аккумуляторов / А. Кривецкий // Компоненты и Технологии. – 2004. – № 39. – С. 62-64.

УДК 62-523

Овсов Сергей Константинович, студент; Ovsov Sergej Konstantinovich

Фролов Алексей Валерьевич, кандидат технических наук;

Frolov Alexey Valeryevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМОМ ПОДАЧИ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ

WELDING WIRE FEEDER CONTROL SYSTEM

Аннотация. Показана актуальность разработки. Описаны принципы работы разработанной схемы управления механизмом импульсной подачи сварочной проволоки.

Abstract. The article shows the relevance of the development. The principles of operation of the developed control circuit for the welding wire pulse feed mechanism are described.

Ключевые слова: сварка, сварочная проволока, система управления, импульсная подача.

Keywords: welding, welding wire, control system, pulse feed.

Для сварки ряда металлов (алюминия, меди, нержавеющей стали), а также для сварки сталей часто используется сварка неплавящимся электродом в среде защитного газа (аргона). Для выполнения сварки толсто-стенных конструкций в указанных условиях требуется подача присадочного материала (сварочной проволоки) в зону сварки. Классически подача проволоки ведётся непрерывно с заданной скоростью. Для выполнения этой задачи серийно выпускается большое разнообразие подающих механизмов, отличающихся мощностью, скоростью подачи и, следовательно, напряжением питания. В этих механизмах используются моторы постоянного тока.

Исследования последних лет показывают, что при подаче присадочной проволоки в импульсном режиме удаётся повысить качество сварного шва. Для этого необходимы специальные механизмы подачи проволоки. Как правило, конструкция этих механизмов состоит из двух электродвигателей, один из которых выполняет поступательное движение сварочной проволоки, а второй накладывает на это движение колебания. При этом колебания передаются в основном кривошипно-шатунным механизмом. Так одновременно решается несколько задач – постоянство средней скорости проволоки, независимое регулирование амплитуды и частоты накладываемых импульсов при простой схеме управления. Но данные решения требуют специальных конструкций подающих механизмов, что не позволяет модернизировать существующие системы подачи проволоки.

Некоторые зарубежные производители сварочного оборудования решили описанную задачу иным способом – использование одного электродвигателя, который меняет скорость подачи. Но цена этих систем составляет несколько сотен тысяч рублей. Поэтому была разработана электронная система управления стандартным механизмом подачи проволоки, которая позволяет выполнять импульсную подачу присадочного материала с использованием стандартного механизма подачи.

Схема системы управления (см. рисунок 1) работает следующим образом. Микроконтроллер управляет реверсивным драйвером постоянного тока с помощью сигналов направления вращения и ШИМ сигнала скорости вращения. Скорость вращения определяется скважностью ШИМ сигналов. Драйвер постоянного тока управляет электродвигателем системы подачи проволоки, при этом контролирует ток двигателя, а значение тока передаёт микроконтроллеру, то есть образует петлю обратной связи по току. На валу подающего ролика механизма подачи проволоки установлен инкрементальный энкодер, сигнал с которого преобразуется микроконтроллером в скорость подачи проволоки. На датчике скорости выполнена вторая петля обратной связи. Для настройки параметров системы используется 5-ти кнопочная клавиатура и ЖК дисплейный модуль. Система управления получает сигнал начала работы от внешнего устройства управления. Стабилизатор напряжения понижает напряжение источника питания до напряжения питания микроконтроллера и прочих электронных устройств (5 В).

Разработанное устройство позволяет модернизировать практически любое серийно выпускаемое устройство подачи сварочной проволоки, не меняя ни механическую часть, ни источник питания, ни устройство управления, но значительно расширив возможности системы подачи проволоки.

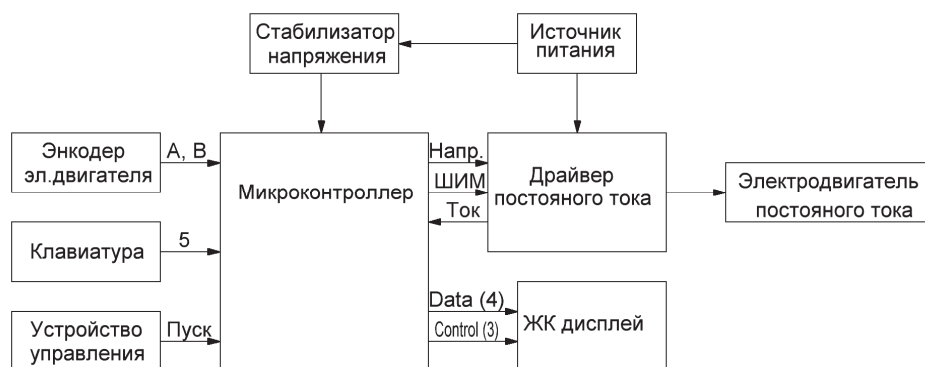


Рисунок 1 – Схема системы управления механизмом подачи сварочной проволоки

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кузнецов В. П. Микросхемотехника аналоговых устройств / В. П. Кузнецов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2007. – 115 с.

УДК 62-523

Пелых Сергей Николаевич, студент; Pelyh Sergej Nikolaevich

Фролов Алексей Валерьевич, кандидат технических наук;

Frolov Alexey Valeryevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ СВАРКИ ТРУБ НА БАЗЕ СВАРОЧНОГО ВРАЩАТЕЛЯ М-211080

MODERNIZATION THE PIPE WELDING MACHINE M-211080 CONTROL SYSTEM

Аннотация. Работа посвящена вопросам разработки электронной системы управления сварочным вращателем для расширения функциональных возможностей сварочной установки и автоматизации процесса сварки трубных заготовок. Показана актуальность и новизна решаемой задачи, описан принцип действия разработанной системы.

Abstract. This work is devoted to the development of an electronic control system for the welding rotator to expand the welding machine functionality and to automate the welding pipe process. The problem relevance and novelty is shown, the operating principle of the developed system is described.

Ключевые слова: автоматизация, система управления, сварка, вращатель, труба.

Keywords: automation, control system, welding, rotator, pipe.

В настоящее время автоматизация процессов сварки труб (приварка фланцев, сварка поворотных стыков, тройников и т.д.) находится на низком уровне. Для сварки труб достаточно широкое распространение получили сварочные вращатели и позиционеры. Но эти устройства приводятся в движение электродвигателями постоянного тока. А существующие системы управления ими способны выполнять очень ограниченный функционал – вращать заготовку с заданной скоростью на заданный угол. В то же время известно, что колебательные движения сварочного электрода вдоль линии шва в значительной степени влияют на процесс сварки и качество получаемого сварного соединения. Для использования этих эффектов существующие сварочные вращатели не могут быть использованы и нуждаются в модернизации. Модернизации сварочного вращателя М-211080 посвящена эта работа.

Для получения желаемых результатов механическая часть вращателя оставлена без изменений (редуктор, планшайба и т.д.). Но электродвигатель постоянного тока заменён на шаговый электродвигатель, так как для выполнения перемещения с наложенными на них осцилляциями с задан-

ной скоростью и точностью, электродвигатели постоянного тока малопригодны и требуют сложную систему управления.

Штатная система управления не использовалась – была спроектирована оригинальная система управления (см. рисунок 1). Система работает следующим образом. Работой системы управляет AVR микроконтроллер (МК). Микроконтроллер вырабатывает сигналы управления двумя обмотками шагового электродвигателя (ШЭД). Сигналы следуют друг за другом со сдвигом на 90 градусов. Регулирование частоты вращения осуществляется за счёт изменения частоты сигналов управления. Сигналы управления управляют двумя односторонними драйверами постоянного тока (Др). Драйверы имеют встроенный мостовой инвертор и широтно-импульсный модулятор (ШИМ). Драйверы фактически являются импульсными стабилизаторами тока. При получении разрешающего сигнала драйвер подаёт на соответствующую обмотку ШЭД ток установленной величины. В результате система может реализовать как полношаговый алгоритм управления, так и полушаговый. На валу шагового электродвигателя установлен инкрементальный энкодер (ИЭ). Этот энкодер выдаёт цифровые импульсы, закодированные в двухбитном коде Грея. Эту информацию микроконтроллер преобразовывает в значение текущего угла поворота планшайбы вращателя, в скорость и направление её вращения. Таким образом реализуется обратная связь. Также система имеет дискретный датчик нулевого положения планшайбы (ДНП). Этот датчик необходим для определения начальной координаты отсчёта, так как инкрементальный энкодер выдаёт информацию об относительном перемещении планшайбы. Для оперативного управления предусмотрена клавиатура (Кл) и индикатор режима работы (Инд). Система также имеет возможность обмена данными с внешним устройством управления (УУ).

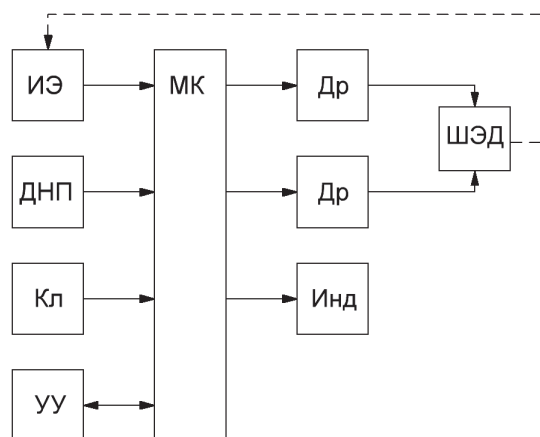


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Григорьев Б.И. Элементная база и устройства цифровой техники / Григорьев Б.И.— СПб.: Университет ИТМО, 2012.— 89 с.

УДК 621.316.722.076.12

Первунинский Сергей Александрович, студент;

Pervuninsky Sergey Alexandrovich

Климаш Владимир Степанович, док-р тех. наук, профессор;

Klimash Vladimir Stepanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОФИЦИРОВАННОГО ТРАНСПОРТА

APPLICATION OF POWER ELECTRONICS IN THE POWER SUPPLY SYSTEM OF URBAN ELECTRICAL TRANSPORT

Аннотация. Предлагается системы энергоснабжения городского электрифицированного транспорта объединить с системами коммунального хозяйства.

Abstract. It is proposed to combine power supply systems for urban electrified transport with public utilities systems.

Ключевые слова: тяговые подстанции, вольтодобавочные устройства, вольтодобавки, вольтовычет.

Keywords: traction substations, booster devices, volt boosts, voltaic deduction.

Питание тяговой сети постоянного тока городского электрифицированного транспорта (ГЭТ), обычно производится от главной тяговой подстанции. Однако, одна подстанция не обеспечивает требуемое напряжение по всей длине протяженных маршрутов. Вблизи подстанции напряжение повышенное, а в конце маршрута существенно ниже нормативного уровня, из-за падения напряжения в контактной сети.

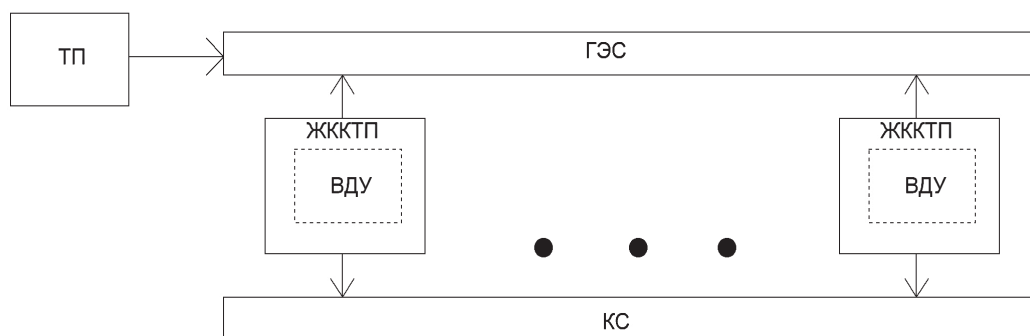
Данную проблему решают следующим образом. На каждом участке пути добавляют дополнительную тяговую подстанцию, их количество зависит от длины маршрута и нагрузки в часы пик. Но все равно, остаются участки, где напряжение меньше установленных нормативов. Эта проблема заставляет водителей трамвая приспосабливаться к определенному управлению на различных участках маршрута, где происходит просадка напряжения, что для пассажиров тоже отражается неким дискомфортом.

Предлагается высвободить дополнительные тяговые подстанции, (вместе с капитальными затратами на их обслуживание), а им взамен, задействовать существующие жилищно-коммунальные комплектные трансформаторные подстанции, с оснащением их силовой электроникой. Все маршруты, находятся рядом с жилыми домами (микрорайонами). Во дворе этих домов находятся трансформаторные подстанции - уже готовые коммуникации для создания городской объединенной энергосистемы.

Задачей данного способа является добиться выравнивания напряжения вдоль секции контактной сети, а также стабилизации напряжения и компенсации реактивной энергии в питающей сети переменного тока.

Предлагается в жилищно-коммунальные комплектные трансформаторные подстанции внедрить вольтодобавочные устройства (ВДУ), которые помогут нам решить поставленную задачу (рисунок 1).

При повышенном напряжении на близлежащем от тяговой подстанции участке трамвайной сети, вольтодобавочное устройство (ВДУ) городской подстанции направляет избыточную энергию в коммунальную сеть и снижает напряжение в трамвайной сети, работая в режиме вольтодобавки, и при этом стабилизирует напряжение в коммунальной сети. При пониженном напряжении на отдаленном от тяговой подстанции участке контактной сети ВДУ городской подстанции соответствующего жилого массива работает в режиме вольтовычета, потребляя недостающую энергию из коммунальной сети для повышения напряжения в трамвайной сети, с одновременной стабилизацией напряжения в данном микрорайоне.



ТП - тяговая подстанция; ГЭС – городская электрифицированная сеть;
ЖККТП – жилищно-коммунальная комплектная трансформаторная подстанция; ВДУ – вольтодобавочное устройство; КС – коммунальная сеть

Рисунок 1 – Структурная схема предлагаемой системы

Результатом данного способом, является выравнивание напряжения в тяговой сети и стабилизация напряжения в коммунальных трансформаторных подстанциях и у коммунальных потребителей. В результате этого будут снижены потери в объединенной системе городского электроснабжения, улучшены условия для управления городским электрифицированным транспортом, повышающие комфорт пассажирских перевозок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Климаш, В.С. Инверторы напряжения с широтно–импульсной модуляцией: учеб. пособие / В.С. Климаш – Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО «КНАГТУ», 2010. – 106 с.

УДК 519.687.7

Пермякова Татьяна Александровна, магистрант;

Permyakova Tatyana Alexandrovna

Копытов Сергей Михайлович, канд. тех. наук, доцент;

Kopytov Sergey Mihailovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RASPBERRY PI И JETSON NANO ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

USING RASPBERRY PI AND JETSON NANO FOR FACE RECOGNITION AND ACCESS CONTROL

Аннотация. Рассмотрены возможности одноплатных компьютеров Raspberry Pi и Jetson Nano по распознаванию лиц для построения систем управления доступом в помещения доверенных посетителей.

Abstract. Possibilities of single-board computers Raspberry Pi and Jetson Nano for face recognition for building access control systems to the premises of trusted visitors are considered.

Ключевые слова: распознавание лиц, одноплатный компьютер, видеокамера, Raspberry Pi, NVIDIA Jetson Nano, OpenCV, глубокое обучение.

Keywords: face recognition, single board computer, camcorder, Raspberry Pi, NVIDIA Jetson Nano, OpenCV, deep learning.

Задаче распознавания людей уделяют большое внимание. Одно из применений данной технологии связано с обеспечением доступа доверенным людям в помещения. Благодаря развитию микропроцессорных устройств и программного обеспечения для решения этой задачи в настоящее время могут уже использоваться относительно недорогие платформы на основе одноплатных компьютеров. Рассмотрим программные и аппаратные средства для создания сравнительно простых систем управления доступом.

Одним из основных программных инструментов, широко используемым для обработки видеоизображений, является Open Source Computer Vision Library [1]. OpenCV – это библиотека компьютерного зрения и машинного обучения с открытым исходным кодом. При ее разработке предусматривалась возможность работы в реальном времени. В библиотеку входят более 2500 алгоритмов, среди которых имеются как классические, так и современные алгоритмы для компьютерного зрения и машинного обучения. Эти алгоритмы могут использоваться для идентификации объектов на изображении, обнаружения и распознавания лиц, классификации действий человека в видео, отслеживания движущихся объектов и других целей.

Сравним сопоставимые по цене платформы, которые могут применяться для распознавания лиц, а именно одноплатный компьютер Raspberry Pi и недавно появившийся Jetson Nano компании Nvidia (см. рисунок 1).



Рисунок 1 – Компьютер Raspberry Pi (а) и компьютер Jetson Nano (б) с подключенными CSI камерами

Raspberry Pi – это недорогой одноплатный компьютер, который работает под управлением ОС Linux и поддерживает язык Python. Для создания автономных систем компьютерного зрения к нему нужно подключить модуль камеры Raspberry Pi или обычную WEB камеру с USB интерфейсом.

Raspberry Pi Camera – камера для получения фото высокого качества и съемки видео. Модуль с помощью плоского кабеля подключается к видеовходу CSI (Camera Serial Interface), что существенно снижает нагрузку на процессор по сравнению с подключением камеры по интерфейсу USB.

Хотя Raspberry Pi – полноценный компьютер, он не предназначен для задач глубокого обучения. Процессор Raspberry Pi не содержит графический ускоритель, а также недостаточно производителен при математических расчетах. Поэтому при его использовании для задач компьютерного зрения могли обрабатывать только около одного кадра в секунду.

Компьютер Jetson Nano компании-разработчика графических процессоров и систем на чипе Nvidia специально разработан для эффективного запуска моделей машинного обучения [2]. Jetson Nano по идеологии похож на Raspberry Pi. В частности, он содержит похожий набор интерфейсов для подключения внешних устройств (HDMI, Gigabit-Ethernet, USB 3.0) и имеет совместимый с Raspberry Pi 40-пиновый разъем с различными интерфейсами (I2C, SPI, GPIO), а также видеовход CSI. Так же, как в Raspberry Pi, используется ОС Linux, а программа загружается с SD-карты.

Однако существенным отличием Jetson Nano является то, что он содержит встроенный 128-ядерный графический процессор Nvidia для ускорения моделей глубокого обучения с поддержкой CUDA (программно - аппаратной архитектуры параллельных вычислений).

Архитектура CUDA используется почти во всех библиотеках глубокого обучения на основе Python. Поэтому можно взять готовое приложение глубокого обучения на основе Python и запустить его на Jetson Nano с минимальными доработками. При этом задачи машинного обучения будут выполняться с достаточно высокой производительностью.

Образ ОС компании Nvidia включает в себя Ubuntu Linux с предварительно установленным языком Python и библиотеку OpenCV. Однако для применения технологии глубокого обучения для поиска и распознава-

ния лиц рекомендуют дополнительно использовать библиотеку Dlib, созданную Дэвисом Кингом. Библиотека Dlib включает множество функций: несколько реализаций нейронных сетей, подборку функций матричной геометрии, подборку алгоритмов градиентного спуска и другие. Однако наиболее важными для распознавания являются технологии поиска лиц и поиска особых точек на лицах для выделения глаз, бровей, носа, губ, контура подбородка. Именно эти элементы являются индивидуальными для каждого человека, их записывают и хранят как характерные признаки личности и по ним осуществляется сравнение и поиск совпадений.

Для формирования базы данных для каждого посетителя необходимо собрать не менее 10 изображений с разных ракурсов для лучшего распознавания лица с одинаковым разрешением порядка 800х600 точек.

После установки необходимых библиотек и баз данных Jetson Nano может распознавать лица с использованием графических ядер CUDA.

Структурная схема системы доступа представлена на рисунке 2.

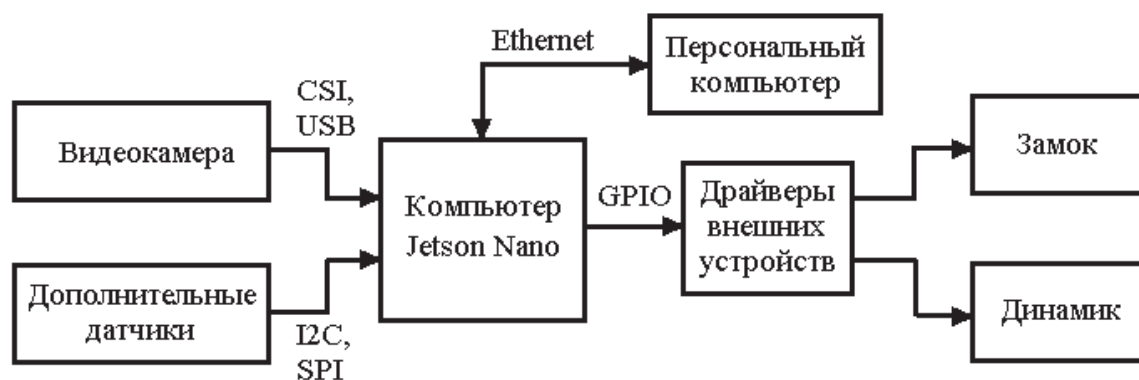


Рисунок 2 – Структурная схема системы доступа

ПК может выполнять настройку системы и прием сведений о посетителях. В качестве замка могут быть использованы устройства с различным принципом действия, например, магнитные замки, подпружиненные электромагнитные засовы, замки с серводвигателями и шаговыми двигателями. Для обеспечения защиты помещения в систему могут быть добавлены дополнительные датчики. Возможна подача звуковых сигналов и голосовое приветствие посетителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Введение в разработку мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP [Электронный ресурс]. – : Режим доступа: <https://intuit.ru/studies/courses/10621/1105/info> (дата обращения 01.04.2021).

2 Создание системы распознавания лиц за 150 долларов с Nvidia Jetson Nano и Python [Электронный ресурс]. – : Режим доступа: <https://khabarovsk.terraelectronica.ru/news/6424> (дата обращения 01.04.2021).

УДК 004.4

Петров Владислав Михайлович, студент; Petrov Vladislav Mikhailovich

Копытов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент;

Kopytov Sergei Mikhailovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОБЪЕМНОГО СКАНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКОГО ДАЛЬНОМЕРА

TO THE QUESTION OF DEVELOPING A VOLUME SCANNING SYSTEM BASED ON OPTICAL RANGE

Аннотация. В данной статье описан выбор компонентной базы для разработки и проектирования лидар устройства. Определена структурная схема и структура дальнейшей работы.

Abstract.. This article describes the selection of a component base for the development and design of a lidar device. The structural diagram and structure of further work have been determined.

Ключевые слова: лидар, сканирование, лазер, координаты.

Keywords: lidar, scanning, laser, coordinates.

Актуальность работы заключается в потребности большинства современных умных систем, рассчитанных для автономной работы в замкнутых помещениях в наличии продвинутой системы ориентации в пространстве. Как правило, такие системы основаны на инструментах, обеспечивающих объемное сканирование пространства вокруг устройства. Данная работа направлена на разработку такого устройства и рассчитана на применение в замкнутых помещениях.

Работа состоит в том, чтобы разработать и спроектировать такую систему объемного сканирования, что отвечает оптимальным показателям работы и высокой экономической целесообразностью.

Были изучены основные принципы работы и построения подобного рода систем в тематической статье на данную тему [1].

Для дальнейшей работы была сформирована структурная схема устройства.

Устройство представляет собой компактный компьютер, имеющий размеры пластиковой карты банка. На чипе установлено необходимое оборудование для работы — CPU, HDMI-разъем, USB и композитный выход. Также имеется Ethernet-разъем, беспроводная связь и блютуз.

В блоке Raspberry Pi 3 Model B предусмотрено четыре десятка входных и выводных контактов базового назначения. Они предназначены для подключения периферийных устройств, нуждающихся во взаимодействии с остальными элементами внешнего мира. Речь идет о коммутации с сенсорами и исполнительными изделиями, работающими от сети.



Рисунок 1 – Структурная схема устройства

На место центрального устройства было решено выбрать Raspberry Pi.

Для разработки подходит именно Raspberry, поскольку она имеет интерфейс I2C с которым можно связать другие устройства, а также, она выгодно отличается от других, так как имеет удобное программное обеспечение и также поддержку среды LabVIEW, через которую можно управлять данными для вывода на компьютере результирующих данных.

Производимые детали из-за своих малых размеров предполагают под собой небольшое потребление электроэнергии, что позволяет снабжать энергией их не только от электросети, но и от различных солнечных аккумуляторов или аккумуляторных батарей [2]. Современная отрасль одноплатных компьютеров позволяет найти их применение в любой отрасли, от промышленной до серверной. Таким образом для искомой системы raspberry pi отлично подходит.

В качестве дальномера используется LIDAR-Lite 3 Laser Rangefinder. Он использует I2C интерфейс для управления и передачи данных.

LIDAR-Lite 3 Laser Rangefinder от Garmin является важным, мощным, масштабируемым и экономичным лазерным измерительным решением, поддерживающим широкий спектр применений (например, беспилотные летательные аппараты, общая робототехника, промышленное зондирование и многое другое). Измеряет расстояние, скорость и силу сигнала совместных и некооперативных целей на расстояниях от нуля до более чем 40 метров. Предлагая самую высокую производительность, доступную в одном датчике диапазона пучка в своем классе.

Данный дальномер также выбран из-за его возможности работы на относительно дальних расстояниях, скорости измерений до 500 показаний в секунду, предлагая большее разрешение для сканирования приложений.

Для движения по кругу и по углу высоты следует применить два управляемых серводвигателя в двух плоскостях. Также весьма удобно то, что все устройства работают от рабочего напряжения 5В, так что вполне возможно компактно организовать питание системы.

Выходные данные поступают на компьютер, где предполагается обрабатывать данные средствами LabVIEW. Затем предполагается вывод данных в графическом виде.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Коваленко Р.А. Lidar как средство пространственной ориентации/ Р.А. Коваленко, Сорокин А.А., Яковлева Е.А. // Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований; сборник статей по материалам XXXIII международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2020 – Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга" (Новосибирск).

2 Гарянин Н.А. Применение одноплатных компьютеров для создания и развертывания цифровых решений/ Гарянин Н.А., Зекирьяев Р.Т.// Российский технологический университет РТУ МИРЭА – Научно-информационный издательский центр "Институт стратегических исследований" (Москва).

УДК 621.313.13-133.32

Петров Владислав Михайлович, магистрант; Petrov Vladislav Mikhailovich
Копытов Сергей Михайлович, канд. тех. наук, доцент;
Kopytov Sergey Mihailovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРОГРАММИРОВАНИЕ РАБОТЫ ШАГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В МОДУЛЕ LINUX СРЕДЫ LABVIEW ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ С ПОМОЩЬЮ ОДНОПЛАТНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ

PROGRAMMING STEP MOTORS IN LINUX MODULE LABVIEW ENVIRONMENT TO CONTROL THEM WITH SINGLE-BOARD CONTROLLERS

Аннотация. Рассмотрены особенности программной реализации управления униполярными и биполярными шаговыми двигателями с помощью контроллеров Arduino, BeagleBoard и Raspberry Pi. Для программирования контроллеров использована среда LabVIEW с модулем LINUX.

Abstract. Features of software implementation of control of unipolar and bipolar stepper motors using Arduino, BeagleBoard and Raspberry Pi controllers are considered. To program the controllers, the LabVIEW environment with the LINUX module was used.

Ключевые слова: шаговый двигатель, LabVIEW, LINUX, одноплатный контроллер, драйвер шагового двигателя.

Keywords: stepper motor, LabVIEW, LINUX, single board controller, stepper motor driver.

При необходимости точного позиционирования механических устройств широко используются шаговые двигатели (ШД). Их преимуществами являются отсутствие обратной связи в системе управления ШД, по-

вторяемость при позиционировании, высокая точность работы, универсальность применения благодаря совместимости со всеми видами цифровых устройств, высокий крутящий момент на низких скоростях [1].

По способу питания ШД разделяют на униполярные и биполярные (рисунок 1).

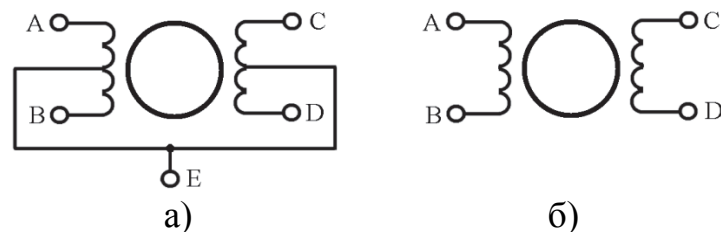


Рисунок 1 – Униполярный (а) и биполярный (б) ШД

Униполярный двигатель имеет две обмотки, от середины каждой обмотки сделан отвод. Это позволяет изменять направление магнитного поля переключением половинок обмотки относительно отвода. Для подачи тока необходим драйвер, содержащий четыре транзисторных ключа. Часто используют драйвер ULN2003, содержащий семь составных транзисторов с максимальным током 600 мА и имеющий защитные диоды на выходе.

Биполярный ШД также имеет две обмотки. Для изменения направления магнитного поля необходимо менять направление тока в обмотке с помощью мостового или полумостового драйвера. Например, может использоваться драйвер L298, содержащий два полных моста.

Среда LabVIEW обладает широкими возможностями. Так в ней с помощью модуля LINX можно программировать одноплатные микроконтроллерные платформы Arduino, BeagleBoard и Raspberry Pi. Рассмотрим программную реализацию управления ШД на данных контроллерах.

В таблице 1 представлены комбинации логических уровней, подаваемых в последовательных тактах на драйвер униполярного ШД для работы в полшаговом режиме.

Таблица 1 – Последовательность тактов для униполярного ШД

Вход драйвера, соответствующий выводу обмотки ШД	Такт							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A	1	1	0	0	0	0	0	1
B	0	1	1	1	0	0	0	0
C	0	0	0	1	1	1	0	0
D	0	0	0	0	0	1	1	1

Подачу логических уровней на драйверы ШД можно выполнить с помощью функций *Digital Write.vi*, а смену состояний последовательных тактов удобно реализовать с помощью *Case Structure*. В качестве примера на рисунке 2 приведен вариант *Case Structure* для такта 3 в соответствии с таблицей 1 для управления контроллером Arduino униполярного ШД.

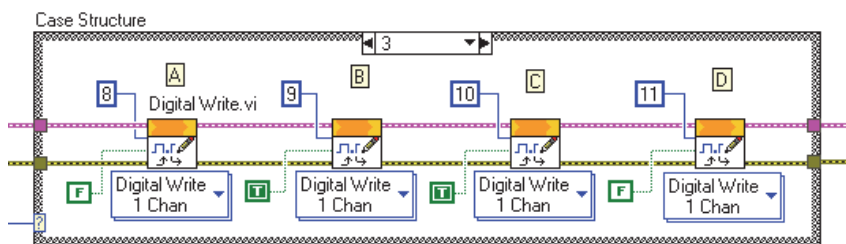


Рисунок 2 – Вариант *Case Structure* для такта 3

Отметим недостаток рассмотренной реализации, заключающийся в том, что логические уровни на входы драйвера внутри варианта *Case Structure* подаются последовательно, а не параллельно. Это может привести к неодновременному срабатыванию ключей и появлению непредусмотренных комбинаций токов в обмотках ШД. Для устранения данного недостатка целесообразно использовать многоканальную разновидность функции *Digital Write.vi*. Пример программы вращения униполярного ШД с использованием функции *Digital Write N Chan* попеременно в одну и другую стороны представлен на рисунке 3.

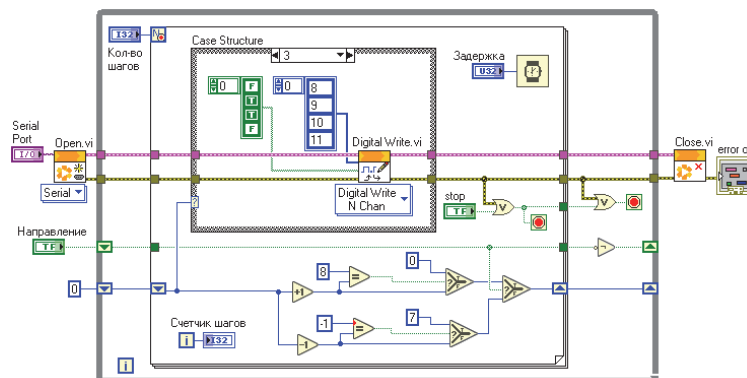


Рисунок 3 – Блок-диаграмма программы попеременного вращения ШД

Управлять работой биполярного ШД также можно с помощью приведенной программы. Следует сократить число вариантов *Case Structure* до четырех и использовать следующие комбинации логических уровней, подаваемые на входы драйвера L298 (таблица 2).

Таблица 2 – Последовательность тактов для биполярного ШД

Обмотка ШД	Вход драйвера	Такт			
		0	1	2	3
Обмотка 1 (AB)	IN1	1	0	0	0
	IN2	0	0	1	0
Обмотка 2 (CD)	IN3	0	1	0	0
	IN4	0	0	0	1

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шаговые двигатели – типы, устройство и принцип работы, подключение и управление. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elektrikexpert.ru/shagovye-dvigateli-tipy-ustrojstvo-i-princip-raboty.html> (дата обращения 10.04.2021).

УДК 621.398

Самас Алевтина Викторовна, студентка; Samas Alevtina Victorovna
Марущенко Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент;
Marushchenko Sergey Grigorevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПЕРСОНАЛА

DEVELOPMENT OF A REMOTE STAFF CONTROL SYSTEM

Аннотация. В данной статье рассмотрено устройство, предназначенное для удаленного контроля состояния рабочих – умный строительный шлем, предложена его конструкция, разработана структурная схема и описаны функциональные возможности данного прибора.

Abstract. This article discusses a device designed for remote monitoring of the state of workers - a smart construction helmet, its design is proposed, a structural diagram is developed and the functionality of this device is described.

Ключевые слова: нейроинтерфейс, ЭЭГ, умная каска.

Keywords: neurointerface, EEG, smart helmet.

Психофизиологическая нагрузка на человека растет с каждым годом, что особенно актуально в таких травмоопасных сферах, как строительство или добыча полезных ископаемых. Эти ветви производства характеризуются повышенным риском работ и высокой долей смертельных случаев (10%).

По данным Минтруда, главная причина несчастных случаев на производстве – пренебрежительное отношение к безопасности труда (67,7% от общего количества). Также сказываются человеческие факторы: плохое самочувствие, состояние алкогольного опьянения, халатность, невнимательность и т.д. [1].

Из этого можно сделать вывод, что проблема высокого травматизма рабочих заключается в том, что не получается минимизировать человеческий фактор.

Поэтому возникает потребность в разработке такого устройства, которое не только позаботится о безопасности рабочих, но и поможет дистанционно осуществлять контроль над работой и состоянием сотрудников.

В данной статье мы рассмотрим устройство, решающее вышеупомянутые проблемы - умный строительный шлем. Это устройство передает диспетчеру сигнал в случае падения работника или получения им удара, дает возможность контролировать местонахождение людей внутри помещений и на открытом пространстве, а также позволяет контролировать ношение самой каски. Главным преимуществом разрабатываемого средства защиты является анализ психофизического состояния человека с помощью нейроинтерфейса, регистрирующего электрическую активность головного мозга - электроэнцефалограмму (ЭЭГ).

Запись ЭЭГ широко применяется в диагностической и лечебной работе, в анестезиологии, а также при изучении деятельности мозга. Также элек-

троэнцефалография используется для выявления потенциалов, связанных с событиями - откликов мозга, являющихся непосредственным результатом определенного ощущения, когнитивного или моторного события [2].

Передача сигналов в нервной системе человека осуществляется как химическим (с помощью нейротрансмиттеров), так и электрическим (потенциалы действия) путем.

Существует определенная связь между психическим состоянием человека и волнами ЭЭГ. Отклонения или необычные мозговые волны могут указывать на патологию [3].

Когда человек находится в возбужденном состоянии или насторожен, альфа-волны замещаются низковольтными нерегулярными быстрыми колебаниями. При увеличении бета-активности и снижении альфа-активности может свидетельствовать о росте психоэмоционального напряжения, появлении тревожных состояниях. Снижение альфа-ритма, повышение тета-ритма свидетельствует о проявлении депрессии.

Усиление бета-составляющей и одновременное ослабление тета-составляющей эффективно при различных эпилептических синдромах, при синдроме нарушения внимания и гиперактивности, постинсультных нарушениях, посттравматических синдромах и др.

Тета- и дельта-колебания могут встречаться у бодрствующего человека в небольших количествах и при амплитуде, не превышающей амплитуду альфа-ритма [2].

Таким образом, с помощью ЭЭГ и специального программного обеспечения возможно определять различные эмоциональные состояния человека (страх, восторг, неуверенность, состояние опьянения, злость и т.д.) [3].

Структурная схема умного строительного шлема приведена на рисунке 1.

Преимуществом данного устройства, является применение электроэнцефалограммы, с помощью которой можно будет оценивать состояние работника в режиме реального времени. Сигналы электрической активности головного мозга снимаются с объекта с помощью специальных плоских электродов и преобразуются с помощью усилителя — электроэнцефалографа. Усиленный сигнал пропускается через фильтры и поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который преобразует полученные сигналы в цифровой вид и передает в микроконтроллер (МК).



Рисунок 1 – Структурная схема умного строительного шлема

К тому же, устройство будет оснащено датчиками для контроля ношения каски (датчик объема), датчик газа и датчик температуры для понимания в каких условиях находится рабочий, также датчиками, фиксирующие удары и падения с высоты. Информация о состоянии рабочего, и информация с датчиков передается на центральную систему сбора и обработки информации (пульт оператора), где осуществляется ее обработка и принятие решений. Информация передается с помощью модуля LoRa MESH. Эта технология беспроводной ячеистой связи, которую можно использовать для двусторонней передачи информации на большие расстояния, не расходуя на это много энергии.

Таким образом, предлагаемое устройство будет способно определять состояние сотрудника (усталость, страх, опьянение, ужас и т.д.) с помощью регистрации активности головного мозга посредством встроенного в каску ЭЭГ. Кроме этого, работник сам сможет подать сигнал о помощи. Система позволит отслеживать перемещение сотрудников в периметре рабочей зоны. Все перечисленное способствует повышению уровня безопасности на промышленных объектах предприятия и при выполнении производственных задач.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Статистика производственного травматизма в России [Электронный ресурс] URL: <https://getsiz.ru/statistika-proizvodstvennogo-travmatizma-v-rossii-est-voprosy.html> (дата обращения 30.01.2021).

2 Звездочкина, Н. В. Исследование электрической активности головного мозга: учеб. пособие / Н. В. Звездочкина. – Казань: Казанский университет, 2014 – 59 с..

3Интерфейс мозг компьютер [Электронный ресурс] URL: <http://neuromatix.pro/2015/04/30/potreb-neuro/>(дата обращения 30.01.2021).

УДК: 528.526.1

Склюев Андрей Михайлович, магистрант; Skliuev Andrei Michailovich

Солдатов Андрей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент;

Soldatov Andrei Alekseevich

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО КОМПАСА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЗИМУТА ПРИ ОТКЛОНЕНИИ ОТ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

DEVELOPMENT OF ELECTRONIC COMPASS WITH THE ABILITY TO DETERMINE THE AZIMUTH WHEN DEVIATING RELATIVE TO THE HORIZONTAL PLANE

Аннотация. В данной работе рассматривается метод компенсации наклона электронного компаса для правильного вычисления значений азимута. Вычисление углов наклона электронного компаса производится при помощи

акселерометра, далее при помощи полученных данных наклона и данных от магнитометра рассчитывается значение азимута.

Abstract. This paper is consider a method for compensating the tilt of an electronic compass to correctly calculate the azimuth. The angles of inclination of the electronic compass are calculated using the accelerometer, then the azimuth is calculated using the obtained tilt and magnetometer data.

Ключевые слова: электронный компас, компенсация наклона, акселерометр, азимут.

Keywords: electronic compass, tilt compensation, accelerometer, azimuth.

Электронный компас служит для получения направления на магнитный или географический полюс Земли. Для правильного определения данного направления необходимо минимизировать такие искажения как:

1. Магнитное склонение – различие в направлениях на магнитный и географический полюсы для различных мест Земного шара.

2. Искажения Hard Iron – искажения от внешних постоянных магнитов [1].

3. Наклон электронного компаса относительно горизонтальной плоскости.

Самым сложным для компенсации является наклон электронного компаса относительно горизонтальной плоскости. Для исследования компенсации данного искажения был создан макет электронного компаса на основе модуля датчиков магнитометра, акселерометра и гироскопа MPU-9250, который подходит для определения азимута при отклонении от горизонтальной плоскости, и микроконтроллера STM32F103C8T6.

Вращение в трёхмерном пространстве можно описать, используя композицию поворотов вокруг трёх ортогональных осей – углы Эйлера, одной из таких системой осей является Декартова система координат (рисунок 1) [2].



Рисунок 1 – Углы поворота вокруг осей X, Y, Z Декартовых координат

Угол азимут соответствует углу рысканье ψ . Для нахождения азимута используется данная формула (1) [3]:

$$\tan(\psi) = \frac{-B_{fy}}{B_{fx}} = \frac{(B_{pz}-V_z)\sin\varphi - (B_{py}-V_y)\cos\varphi}{(B_{px}-V_x)\cos\theta + (B_{py}-V_y)\sin\varphi\sin\theta + (B_{pz}-V_z)\sin\theta\cos\varphi} \quad (1)$$

где B_{px}, B_{py}, B_{pz} – данные от магнитометра,

V_x, V_y, V_z – матрица смещения, рассчитанная исходя из калибровки магнитометра.

Углы тангаж θ и крен φ вычислены при помощи показаний акселерометра [3]:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{G_{py}}{G_{pz}}\right), \quad (2)$$

$$\theta = \arctg\left(\frac{-G_x}{G_{py}\sin\varphi + G_{pz}\cos\varphi}\right), \quad (3)$$

где G_{px}, G_{py}, G_{pz} – данные акселерометра по осям X, Y и Z.

В результате проведения экспериментов построены графики значений угла азимут при отклонении электронного компаса от горизонтальной плоскости:

- 1) При значениях угла крен φ от -45° до $+45^\circ$ (см. рисунок 2).
- 2) При значениях угла тангаж θ от -45° до $+45^\circ$ (см. рисунок 3).

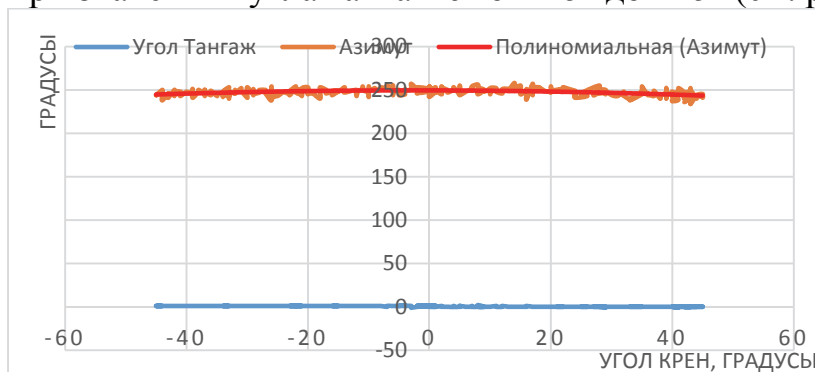


Рисунок 2 – Значение азимута и угла тангажа при изменении угла крена

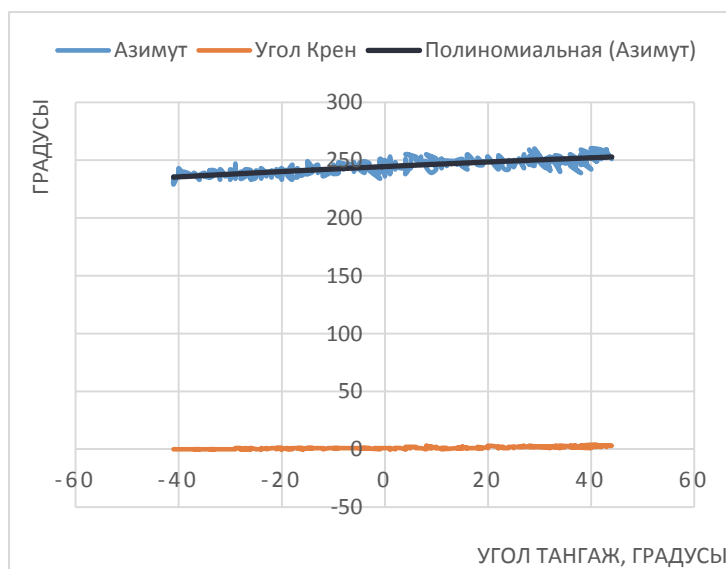


Рисунок 3 – Значение азимута и угла крена при изменении угла тангажа

Из графиков видно, что максимальное изменение значения азимута при наклоне электронного компаса составляет не более 15° . Данный результат в дальнейшем может быть улучшен при помощи использования более точных датчиков и алгоритмов фильтрации данных (фильтры Калмана и Маджвика), в которых кроме акселерометра используются показания гироскопа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Konvalin Christopher. Compensating for Tilt, Hard-Iron, and SoftIron Effects / ChristopherKonvalin // MEMSense LLC. – 2009. – P. 2-10.

2 Александров, П.С. Лекции по аналитической геометрии / П.С. Александров. – М.: Наука, 1968. – 912 с.

3 Caruso M.J. Applications of Magnetoresistive Sensors in Navigation Systems / Michael J. Caruso. — Honeywell Solid State Electronics Center. – 2005. – P. 3-4.

УКД 796.021

Славнова Виталия Константиновна, студентка; Slavnova Vitalia Konstantinovna
Марущенко Сергей Григорьевич, канд. тех. наук, доцент;
Marushchenko Sergey Grigorevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ

COMPARATIVE ANALYSIS OF DEVICES FOR ASSESSING THE QUALITY OF TRAINING ATHLETES

Аннотация. Статья посвящена сравнительному анализу устройств, предназначенных для оценки качества подготовки спортсменов, выявлению их достоинств и недостатков.

Abstract. The article is devoted to the comparative analysis of devices designed to assess the quality of training athletes, to identify their advantages and disadvantages.

Ключевые слова: датчики, тренажеры, измерения.

Keywords: sensors, simulators, measurements.

Для достижения наивысших спортивных результатов необходимо не только грамотно организовать тренировочный процесс, но и отслеживать качество подготовки спортсменов. Это необходимо для определения состояния организма тренируемого, уровня его подготовки, а также во избежание травм и улучшения отстающих качеств.

Единоборства отличаются большим разнообразием тактико-технического арсенала и методических подходов к тренировкам. Однако одним из ключевых факторов тренировочного процесса являются скоростно-силовые качества спортсменов.

Сила, быстрота удара и броска зависят от множества взаимосвязанных параметров и для своего развития требуют комплексного подхода. Требуется постоянный контроль эффективности того или иного методического действия, то есть необходима количественная и качественная оценка

развития силовых и скоростных качеств спортсменов. Важность этой стороны тренировочного процесса стимулировала активность исследователей, и в результате появилось множество технических решений.

В основе всех тренажерных устройств применяются два принципа – измерение деформации и определение динамических характеристик перемещения мишени в поле силы тяжести при ударе. Эти принципы реализовываются в многочисленных и разнообразных методах измерений.

В ходе поиска аналогов, были рассмотрены три устройства, с помощью которых можно отслеживать жизненно важные показатели спортсмена и его технические действия.

Первое устройство – это эластичная футболка для бега и тренажерного зала компании Xiaomi. В футболку встроен нагрудный датчик пульса для получения точных данных о частоте сердечных сокращений, сенсоры внутри отслеживают частоту дыхания и ЭКГ, также имеется подсчет шагов, расстояния и калорий.. Датчик неощутим для кожи и защищен от воздействия влаги, будь то пот или капли дождя.

Все данные в режиме реального времени поступают на смартфон в специальное приложение. В нем можно увидеть всю статистику и получить рекомендации по программе тренировок. Что является достоинством данного устройства. К недостаткам можно отнести то, что футболка выпускается только в черном цвете и популярна в основном среди спортсменов, занимающихся легкой атлетикой [1].

Второе рассматриваемое устройство – это тренажер для измерения силы удара. Часто применяются гидравлические боксерские мешки, наполненные водой. При ударе мешок деформируется и по изменению давления воды можно судить о силе ударного воздействия.

Также в боксерских мешках размещают датчики давления, связанные с устройством индикации с помощью одного или нескольких функциональных преобразователей его сигнала. Отличительной особенностью является наличие гасителя вибраций, которые возникают при ударе в жидкости. Для увеличения точности измерений в случаях, когда часть энергии удара ушла на вращение мешка, возможна установка дополнительных датчиков угловых ускорений. С их помощью учитывается сила, вращающая мешок вокруг вертикальной и горизонтальной оси и энергия этого вращения. Датчики могут быть расположены на креплении мешка, один – в центре, второй – на краю. Достоинством данных тренажеров является то, что удары по боксерскому мешку можно наносить в любом направлении, а не в каком-то определенном. Недостаток тренажеров заключается в том, что таким тренажером могут пользоваться только спортсмены ударных видов единоборств. Также тренажер измеряет только силу удара и ничего более [2].

И третьим рассматриваемым устройством является автоматизированная система обработки видеogramм «АСОВ». Данная система, разрабатывалась для решения таких задач спортивной тренировки как:

- измерения и контроля биомеханических параметров двигательной деятельности человека;
- прогнозирования различных вариантов решения сложных двигательных задач и возможностей коррекции различных элементов двигательных действий человека в спортивной тренировке.

Стандартный видеотелевизионный блок системы позволяет воспроизводить видеоизображение с частотой 50 полукадров в секунду. Считывание координат точек изучаемого объекта осуществляется со стоп кадра видеофильма, воспроизводимого на видеомониторе, посредством аналогового преобразователя. Достоинством автоматизированной системы обработки видеogramм «АСОВ» является то, что благодаря данной системе появляется возможность поэтапно разобрать каждое действие спортсмена, исправить ошибку, если она существует, а также усовершенствовать имеющиеся навыки. К недостаткам системы можно отнести то, что техника, из которой состоит система обработки видеogramм, несколько устарела и при ее использовании в нынешнее время могут возникнуть трудности [3].

Рассмотрев существующие устройства, было решено разработать собственное устройство, предназначенное для спортсменов, занимающихся единоборствами, которое отслеживает не только вышеперечисленные показатели, но и делает качественную, а также количественную оценку развития силовых и скоростных качеств спортсмена, оценивает технику выполнения упражнения.

Наше устройство (рисунок 1) с помощью камеры будет фиксировать технические действия спортсмена, а затем, сравнив их с эталонными моделями, будет давать отчет о том, на каком уровне находится техническая подготовка. На основании этих данных тренер сможет корректировать программу тренировок для улучшения результатов. Также устройство будет производить оценку скоростно-силовых качеств, и измерять пульс и частоту дыхания.

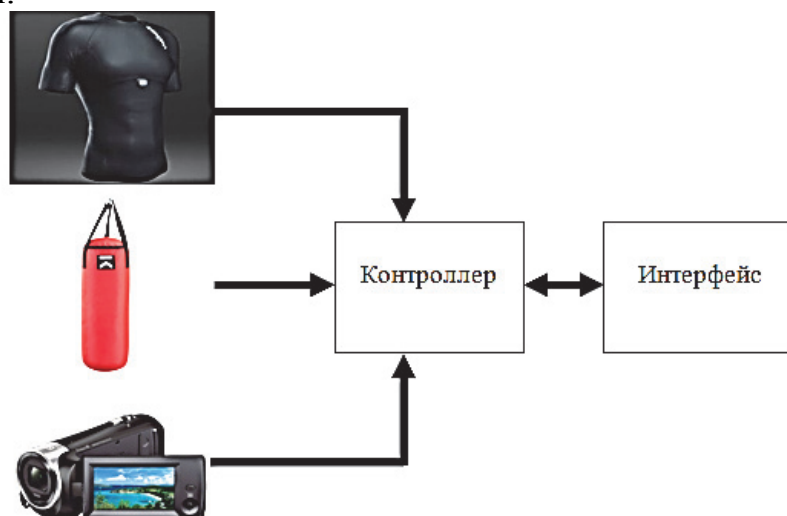


Рисунок 1 - Структурная схема устройства

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Футболка Xiaomi с нагрудным датчиком пульса и ЭКГ[Электронный ресурс]. - : Режим доступа: <https://lifehacker.ru/xiaomi-zenph/> (дата обращения 01.04.2021).

2 Технические средства оценки скоростно-силовых качеств в ударных видах спортивных единоборств[Электронный ресурс]. - : Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-sredstva-otsenki-skorostno-silovyh-kachestv-v-udarnyh-vidah-sportivnyh-edinoborstv> (дата обращения 01.04.2021).

3 Биомеханические эргогенные средства в спорте[Электронный ресурс]. - : Режим доступа: [Http://ergogenicsport.blogspot.com/](http://ergogenicsport.blogspot.com/) (дата обращения 01.04.2021).

УДК 621.396.62 + 621.391.82

Сочинский Владимир Вячеславович, студент;

Sochinskiy Vladimir Viacheslavovich

Киба Дмитрий Анатольевич, к-т техн. наук, доцент; Kyba Dmitriy Anatolievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ФАЗОВОГО ПОДАВИТЕЛЯ ПОМЕХ

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF AN AUTOMATIC PHASE NOISE SUPPRESSOR

Аннотация. В данной работе рассмотрены методы подавления помех в радио сигнале, условия и причины появления помех в радиоприемных устройствах.

Abstract. In this paper, the methods of noise suppression in the radio signal, the conditions and causes of noise in radio receivers are considered.

Ключевые слова: радиосигнал, радиопомехи, подавление помех, фазовое подавление помех, радиоприемные устройства.

Keywords: radio signal, radio noise, noise suppression, phase noise suppression, radio receivers.

Радиоприем в промышленных зонах, в условиях городской застройки, или в небольших населенных пунктах сопровождается влиянием помех на качество принимаемого сигнала. Помехи могут полностью скрывать полезный сигнал, либо частично исказить его, причем влияние оказывается как объектами промышленного назначения, так и бытового. Промышленные источники помех, такие как трансформаторные подстанции, мощные преобразователи напряжения, линии электропередач, ретрансляционные станции сотовых операторов и другие. Бытовыми источниками помех могут быть стационарные точки доступа в интернет на базе wi-fi точек досту-

па, импульсные источники питания бытовой техники. Промышленные и бытовые устройства генерируют помехи низкого и высокочастотного диапазона. Для качественного радиоприема необходимо принимать меры по подавлению помех в радиоприемных устройствах. Помехи можно разделить на три типа: промышленные, атмосферные, внутренние шумы устройства радиоприема. Внутренние шумы устройства возникают в самом устройстве – источники питания, усилительные каскады, влияние цифровых компонентов систем. Влияние таких помех минимизируется при проектировании устройств приема радиосигнала путем экранирования, применения РС цепочек, оптимального заземления, использование фильтров в сетях потребителей электроэнергии, использование узких диапазонов частот радиоизлучающими устройствами и многое другое. Городские и промышленные зоны являются основным источником помех. В населенных пунктах без промышленных объектов на качество радиоприема оказывают влияние в основном атмосферные помехи и внутренние шумы радиоприемных устройств.

По своему характеру все виды помех можно разбить на “гладкие” и импульсные помехи. Амплитуда гладких помех изменяется не более чем в 3-4 раза, а амплитуда импульсных помех изменяется в широких пределах. Промышленные помехи носят в основном импульсный характер. Атмосферные помехи могут быть обоих видов. Внутренние шумы приемника всегда относятся разряду гладких помех.

Промышленные помехи влияют на радиоприемные устройства через цепи питания, также через цепь заземления, так как в городских квартирах часто используется в качестве заземления водопроводные трубы и трубы центрального отопления.

Влияние гладких помех может минимизироваться путем сужения диапазона(полосы пропускания) радиоприемных устройств. Помехоподавление в случае приема цифрового сигнала достаточно важно и эффективно влияет на скорость и точность обмена данными. Сузив полосу приемника до сотен герц можно получить выигрыш в отношении сигнал/шум до 7-8 раз. Борьба с импульсными помехами осуществляется посредством специальных помехоподавляющих устройств. По принципу действия подавители помех можно разделить на следующие группы: **ограничители помех**, ограничивающие амплитуду помехи до уровня максимальной амплитуды полезного сигнала, и **схемы, вырезающие помеху** (уменьшающие до нуля общее напряжение от помехи и сигнала на выходе приемника в момент действия помехи). Для борьбы с узкополосными помехами применяют **режекторные фильтры**, а также различные способы, **изменяющие полосу пропускания** приемника (сдвиг полосы пропускания). В данном конкретном случае задача состоит в отделении паразитного шума высокочастотного диапазона от полезного сигнала. Возможными путями решения могут быть применение систем компандерного сжатия полезного сигнала, использование узконаправленных антенн, использование цифровых систем приема – передачи сигнала. Принцип действия заключается не в детектировании абсолютного

уровня смеси полезного сигнала и шума, а в оценке отношения мощности полезного сигнала к шуму (внешнему и внутреннему). Если это отношение велико, УНЧ открыт, если мало - закрыт. Порог устанавливается органом регулировки чувствительности. Современные технологии цифровой обработки сигнала (DSP) позволяют снижать шумы от помех путем быстрого математического анализа выявлять и подавлять нежелательные сигналы. В основном существует три алгоритма: подавление тонального сигнала, автоматический режекторный фильтр, подавитель шумов.

Предметом исследования будет система с фазовым подавлением помех. Суть такого метода является в приеме на несколько антенн сигнала в одном диапазоне. Первая (ведущая) антенна принимает полезный сигнал с искажениями, вносимыми окружающей средой, а вторая с меньшим коэффициентом усиления принимает сигнал в том же самом диапазоне, но состоящем из помех создаваемых ближайшим окружением. Фаза сигнала от второй антенны изменяется и полученный сигнал суммируется с сигналом от первой антенны, соответственно шумовая составляющая значительно ослабляется, но при этом падает и уровень полезного сигнала. Предполагаемым путем решения, или улучшения данной ситуации является использование нескольких вспомогательных антенн, а также возможная цифровая обработка. Конечно же потребуется значительная вычислительная мощность для проведения аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразований, суть исследования сводится к получению лучшего результата. Решение должно иметь цифровое управление, совместную аналогово-цифровую часть приема сигнала, аналоговая фильтрация, и возможная обработка в цифровой части.

Основной задачей является разработка приемной части устройства, разработка алгоритма управления и фильтрации. Вспомогательной задачей является изучение метода, выбор элементной базы, разработка действующего макета устройства, проведение ряда экспериментов с целью выявления реальных характеристик и эффективности полученного решения.

Построение устройства для фазового подавления помех и проведение серии экспериментов для выявления фактических характеристик являются целью проводимой работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Радиотехнические системы передачи информации./ В.А. Борисов, В.В. Калмыков, Я.М. Ковальчук и др.; Под ред. В.В. Калмыкова. – М.: Радио и связь, 1990.

2 Способ подавления шума путем спектрально вычитания.
Авторы: Хендел Петер (SE), Патентообладатели: ЛМ Эрикссон (SE), Заявка :97116274/09, 1996.01.12 Дата начала отчета срока действия патента: 1996.01.12, Дата подачи заявки: 1996.01.12, Конвенционный приоритет 1995.01.30, Опубликовано: 2000.02.20

3 Перфилов О.Ю. Радиопомехи. Учебное пособие для вузов. Изд. “Горячая линия - Телеком” 2017 г.-110 стр.

4 Киселев А.В. Радиопомехи и помехоустойчивый прием: учебное пособие / А.В. Киселев, И.С. Савиных. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 88 с.

5. Комарович В.Ф. и Сосунов В.Н. Случайные радиопомехи и надежность КВ связи, Москва: Связь, 1977. — 136 с.

УДК 534.213

Троеглазов Егор Герасимович, студент; Troeglazov Egor Gerasimovich

Шибeko Роман Владимирович, старший преподаватель;

Shibeko Roman Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АКТИВНОЕ ШУМОПОДАВЛЕНИЕ

ACTIVE NOISE CANCELING

Аннотация. Описывается применение активного шумоподавления ANC и возможность применения наушников с технологией костной проводимости звука для этого.

Abstract. Describes how ANC can be used and how bone conduction headphones can be used for this.

Ключевые слова: ANC, костная проводимость, шумоподавление, наушники.

Keywords: ANC, bone conduction, noise canceling, headphones.

Небольшой шум - это нормально, особенно в офисе или загруженном городе, однако если окружение становится слишком громким, можно использовать беруши, чтобы заглушить шум – это пассивное шумоподавление. Проблема с пассивным шумоподавлением заключается в том, что оно может заглушать и полезный звук, ведь пассивное шумоподавление не определяет что шум, а что нет. В результате человек получает звук, в котором либо заглушена полезная часть, либо создаётся ощущение, будто его вовсе нет. Ответ на проблему - активное шумоподавление, которое можно контролировать, включая или выключая его. Активное шумоподавление (ANC) - это метод эффективного подавления окружающего шума в комнате или на улице. Проблема в том, чтобы выяснить, как настроить его так, чтобы оно делало именно то, что хочет пользователь, а не на оборот.

Большинство систем ANC отфильтровывают большую часть всех слышимых частот, от 20 Гц до 20 кГц, распознаваемые человеческим ухом. Другими словами, можно не услышать вообще никаких звуков, если у пользователя включена идеальная и правильно настроенная ANC-система. В реальности можно столкнуться с помехами и потерей чистого звука, если нет должным образом функционирующей системы ANC.

Дело в том, что некоторые более высокочастотные звуки действительно хорошо отфильтровываются, но есть пределы того, насколько хорошо ваш ANC может это делать без потери качества звука. Перекрестные помехи и интермодуляционные искажения - два наиболее распространенных источника этого шума.

Перекрестные помехи возникают, когда звук, генерируемый ANC, мешает звуку из наушников из-за неправильного сдвига фазы. Интермодуляционные искажения также вызваны помехами, но они возникают, когда звуки, поступающие в наушники, отличаются от исходящих.

Лучший способ заставить активное шумоподавление, без использования пассивного, заглушить звук окружающего вас мира - это для начала впустить звуки, поэтому нам нужны наушники, которые звучат великолепно, но и минимизируют степень усиления или фильтрации шума. И вот тут как раз пригодятся наушники с костной проводимостью звука.

Наушники с технологией костной проводимости звука - это новый важный класс наушников. Большинство обычных наушников всегда обеспечивают некоторый уровень шумоизоляции, который заставляет уши слышать шум в любой момент времени, но эти наушники все же позволяют проникать посторонним звукам в уши, так как не закрывают ушные проходы. Благодаря этой особенности их можно использовать в течение длительного времени, потому что пользователь не рискует повредить барабанные перепонки во время их использования.

Многие такие наушники поставляются со специальными вкладышами - берушами, которые предназначены как раз для шумоподавления, но пассивного. Люди, которые постоянно слушают музыку, выполняют задачи на своих телефонах и других устройствах, зачастую не замечают происходящего вокруг них пока не слышат никаких внешних звуков, но если использовать наушники без дополнительных беруш, которые не закрывают ушные проходы, наушники, которые можно носить стоя, сидя за столом, за рулем или иным образом перемещаясь, можно быть постоянно в курсе окружения. Но ведь идея в том, чтобы иметь возможность в любой момент заглушить все внешние шумы когда они мешают. В большинстве случаев самые удобные наушники - это те, которые можно носить дома или в общественных местах не опасаясь попасть в какую-нибудь неприятную ситуацию из-за того, что что-то не услышано, и при этом пользоваться преимуществами шумоподавления и воспроизведения музыки.

Один из вариантов осуществления данной задумки представляет из себя встроенный усилитель, используемый для обработки акустического сигнала полученного с внешнего микрофона и генерирования инвертированного выходного сигнала, который затем проводится наушниками через костную ткань сразу во внутреннее ухо. Но в таком случае необходимо учитывать факт различия скорости звука в различных материалах. Скорость звука в костной ткани значительно превышает скорость звука в воздухе и это нужно учитывать при подаче сгенерированного сигнала, ведь для шумоподавления важно, чтобы совпадали их фазы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Вольницкий, Н.К. Нетронутая тишина: несколько слов о наушниках с активным шумоподавлением // Коллективный блог Хабр URL: <https://habr.com/ru/company/pult/blog/402397/> (дата обращения: 19.03.2021)

УДК 621.317.39

Троеглазов Егор Герасимович, студент; Troeglazov Egor Gerasimovich
Копытов Сергей Михайлович, канд. тех. наук, доцент;
Kopytov Sergey Mihailovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСА I2C И ШИМ НА КОМПЬЮТЕРЕ RASPBERRY PI В СРЕДЕ LABVIEW

IMPLEMENTING THE I2C INTERFACE AND PWM ON THE RASPBERRY PI COMPUTER IN THE LABVIEW ENVIRONMENT

Аннотация. Рассмотрены особенности реализации аппаратной многоканальной ШИМ на компьютере Raspberry Pi в среде LabVIEW. Использован модуль на контроллере PCA9685 с интерфейсом I2C.

Abstract. The features of the hardware multichannel PWM implementation on the Raspberry Pi computer in the LabVIEW environment are considered. The module is based on the PCA9685 controller with an I2C interface.

Ключевые слова: LabVIEW, LINX, аппаратная ШИМ, I2C, Raspberry Pi.

Keywords: LabVIEW, LINX, hardware PWM, I2C, Raspberry Pi.

LabVIEW – интегрированная среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования «G» компании National Instruments. Среда поддерживает программный модуль LINX, который упрощает разработку встроенных приложений для распространенных платформ Raspberry Pi, BeagleBoard и Arduino. Использование таких платформ стало еще более актуальным после выхода в 2020 году LabVIEW Community Edition – бесплатной версии LabVIEW для некоммерческого использования. Также разрешено создавать и развертывать код LabVIEW на Raspberry Pi для коммерческих приложений.

LINX содержит функции для обслуживания более чем 30 наиболее распространенных цифровых датчиков (акселерометры ADXL345 и MPU6050, генератор AD9050 и другие), а также аппаратно-независимые API-интерфейсы для доступа к периферийным устройствам, таким как цифровой ввод-вывод, аналоговый ввод-вывод, ШИМ, I2C, SPI и UART.

Перечисленные платформы отличаются друг от друга как по вычислительной мощности, по набору поддерживаемых интерфейсов. Также им присущи особенности конфигурирования используемых функций, которые нужно учитывать при разработке проекта для конкретной платформы.

Возможности платформы Arduino ограничены тем, что LINUX не позволяет создать приложение, автономно выполняемое на данной платформе.

По сути Arduino работает в связке с ПК и предоставляет аппаратные интерфейсы взаимодействия с внешними устройствами для программы, запущенной на компьютере.

В отличие от Arduino на одноплатном компьютере Raspberry Pi можно полностью развернуть код и использовать данное устройство автономно как встраиваемую систему. Одним из недостатков Raspberry Pi является то, что он имеет только один аппаратный ШИМ. Например, это ограничивает возможности управления несколькими серводвигателями.

Решением данной проблемы является использование специализированной микросхемы PCA9685, представляющей собой 16-канальный 12-разрядный ШИМ контроллер с интерфейсом I2C, имеющий исходный адрес 0x40 [1]. Кроме того, выводы контроллера можно использовать как линии дополнительных портов. Управление контроллером осуществляется путем записи данных в его внутренние регистры (рисунок 1).

Названия регистров		Адрес	Данные регистров							
			7 бит	6 бит	5 бит	4 бит	3 бит	2 бит	1 бит	0 бит
MODE1		0x00	RESTART	EXTCLK	AI	SLEEP	SUB1	SUB2	SUB3	ALLCALL
MODE2		0x01	0	0	0	INVRT	OCH	OUTDRV	OUTNE	
LED0_ON	L	0x06	младшие 8 бит							
	H	0x07	0	0	0	FULL_ON	старшие 4 бита			
LED0_OFF	L	0x08	младшие 8 бит							
	H	0x09	0	0	0	FULL_OFF	старшие 4 бита			
⋮										
LED15_ON	L	0x42	младшие 8 бит							
	H	0x43	0	0	0	FULL_ON	старшие 4 бита			
LED15_OFF	L	0x44	младшие 8 бит							
	H	0x45	0	0	0	FULL_OFF	старшие 4 бита			
PRE_SCALE		0xFE	байт данных, от 3 до 255 (по умолчанию 00011110 – 0x1E – 30)							

Рисунок 1 – Регистры контроллера PCA9685

В регистре режима MODE1 необходимо устанавливать следующие биты: бит 4 SLEEP - переводит контроллер в режим энергосбережения (1) или в рабочий режим (0); бит 5 AI - включает (1) и отключает (0) автоинкремент адресов регистров при записи данных; бит 6 EXTCLK - устанавливает внешний (1) или внутренний (0) источник тактирования.

Аналогично в регистре режима MODE2 необходимо устанавливать биты: бит 4 INVRT - инвертирование ШИМ сигнала выключено (0) или включено (1); бит 3 OCH – изменение ШИМ сигнала при появлении на шине I2C ответа ASK (1) или по команде STOP (0); бит 2 OUTDRV - биполярный выход (1), открытый сток (0).

Регистр PRE_SCALE отвечает за частоту ШИМ. По умолчанию установлена частота 200 Гц. Код для записи в регистр при использовании внутреннего генератора частотой 25 МГц рассчитывают по формуле:

$$N = F_{\text{ген}} / (2^n \cdot f),$$

где $F_{\text{ген}}$ – частота тактового генератора;

n – разрядность ШИМ;
 f – частота ШИМ.

Для частоты ШИМ 50 Гц рассчитанное значение кода равно 122.

Для изменения скважности сигнала используются пары регистров LEDx_ON и LEDx_OFF, где x – номер канала. В пару регистров LEDx_ON записывают код, при котором формируется фронт импульса внутри периода, а в пару регистров LEDx_OFF – код для спада импульса. При управлении серводвигателями код начала импульсов в используемых каналах можно установить одинаковым и равным нулю. Разработанная тестовая блок-диаграмма виртуального прибора управления двумя серводвигателями, подключенными к каналам 0 и 1 контроллера, приведена на рисунке 2.

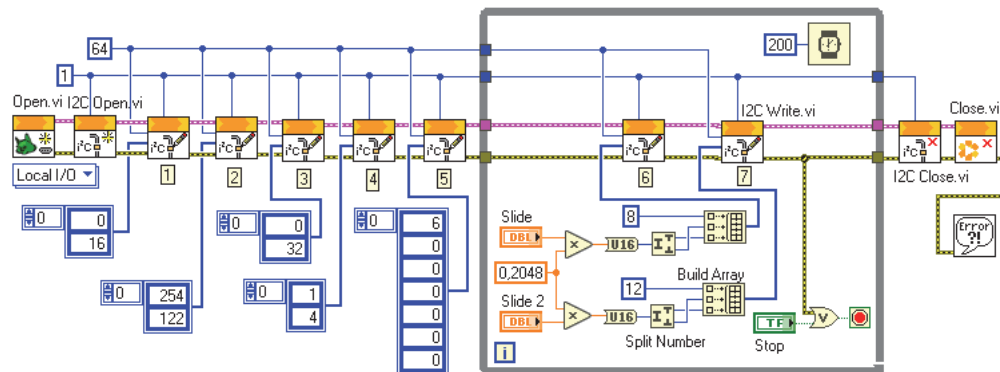


Рисунок 2 – Блок-диаграмма виртуального прибора управления серводвигателями, подключенными к каналам 0 и 1 модуля PCA9685

Укажем, что при работе с Raspberry Pi на входах терминалов *I2C Channel* всех функций работы с интерфейсом I2C необходимо задать канал 1, поскольку с заданным по умолчанию каналом 0 эти функции не работают. Функция 1 записи в контроллер устанавливает бит SLEEP в регистре MODE1, чтобы функция 2 смогла записать в регистр PRE_SCALE новый код, соответствующий частоте 50 Гц сигнала ШИМ. Функция 3 в регистре MODE1 снимает бит SLEEP и устанавливает автоинкремент адресов регистров при записи данных. Функция 4 в регистре MODE2 отключает инвертирование сигнала, устанавливает изменение сигнала по команде STOP, назначает биполярный выход. Затем функция 5 записывает нули в регистры с адресами 6-11 для переноса фронта импульсов в начало периода.

Длительность импульсов в микросекундах задается на лицевой панели элементами Slide. Коэффициент 0,2048 рассчитан исходя из периода ШИМ сигнала 20000 мкс: $0,2048 = 4096/20000$. Функции 6 и 7 записывают в регистры 8 - 9 и 12 - 13 коды, соответствующие спаду импульсов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 PCA9685 - 16-канальный 12-битный PWM/Servo модуль с I2C интерфейсом. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://micro-pi.ru/pca9685-16-канальный-pwm-servo-i2c/> (дата обращения 05.04.2021).

УДК 629.7.066

Чипизубов Алексей Михайлович, студент;

Chipizubov Aleksey Mikhaylovich

Шибек Роман Владимирович, старший преподаватель;

Shibeko Roman Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОСИГНАЛА СОВРЕМЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ДРОНОВ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

SYSTEMS OF VIDEO SIGNAL TRANSMISSION OF MODERN CIVIL PURPOSE CONSUMER DRONES

Аннотация. Статья посвящена современным особенностям передачи видео изображения между беспилотным летательным аппаратом и пользователем.

Abstract. The article is devoted to the modern features of video image transmission between an unmanned aerial vehicle and a user.

Ключевые слова: квадрокоптер, FPV-система, видеопередача, дрон.

Keywords: quadcopter, FPV-system, video transmission, drone.

В XXI веке, развитие полупроводниковой электроники позволило уменьшить до размеров нанометров то, что раньше занимало не один этаж научно-исследовательских центров. Наиболее это видно по развитию всевозможных компьютеров и контроллеров. Уменьшение размера так же дало положительный эффект на вес вычислительных устройств. В связи с этим отрасль беспилотных летательных аппаратов произвела колоссальный скачок в своем развитии. Страны всего мира тратят громадные суммы денег на оснащение своих армий передовыми дронами, однако область их применения превосходит военное применение и почти не ограничена.

С каждым годом все большую популярность приобретают потребительские квадрокоптеры с системами FPV (от англ. FPV – First Person Viewer). Они способны преодолевать огромные расстояния и развивать скорость до 250 км/ч за считанные единицы секунд. Для управления такой техникой недостаточно простого визуального наблюдения, а необходима отдельная бортовая система передачи данных.

Рассмотрим, какие на сегодняшний день необходимы минимальные аппаратные средства для передачи данных в режиме реального времени с камеры дрона на монитор пользователя (см. рисунок 1). На борту должны находиться непосредственно курсовая камера с широким углом обзора, видеопередатчик, позволяющий передавать видео и аудио сигнал, а также антенна. В этот момент на земле необходима схожая антенна, настроенная на ту же частоту, что и на квадрокоптере, приемник сигнала и устройство вывода информации.

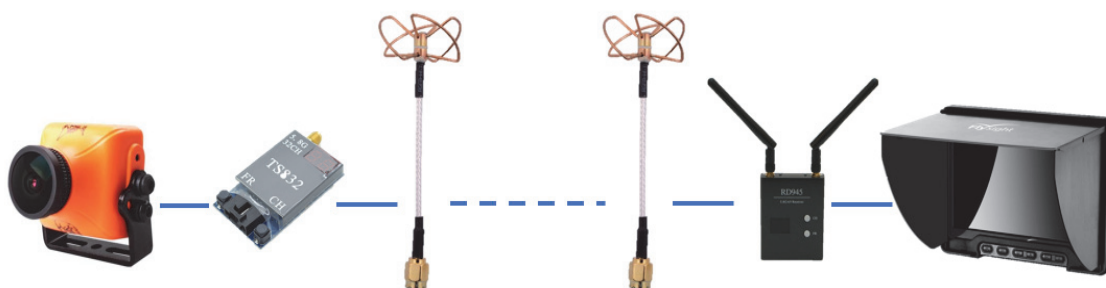


Рисунок 1 – Передача данных в режиме реального времени

Используемое оборудование для передачи сигнала может быть как аналоговым, так и цифровым. Каждый из типов имеет свои плюсы и минусы. Самым популярным на данный момент является аналоговый FPV, он позволяет передавать изображение с минимальной временной задержкой, что немаловажно для пользователя. На заре дроностроения для передачи сигнала использовали рабочий диапазон 2.4 ГГц, это позволяло передавать видео на большие расстояния, однако оно было подвержено сильным разрывам и шумам. Если в отдаленной от людей местности сигнал доходил до пользователя, то в городах использование этого диапазона было почти невозможным из-за большого количества приборов окружающих нас и работающих на данной частоте. Именно поэтому инженеры стали применять диапазон 5.8 ГГц, отдав 2.4 ГГц для аппаратур управления коптерами. У частоты отличное соотношение диапазона к мощности, но из-за высокой частоты, такой сигнал плохо проходит через препятствия. Несмотря на небольшое уменьшение дальности, удалось в разы увеличить скорость видео передачи. Теперь задержка изображения стала почти не видна человеческому глазу. С недавних пор, на рынке стали появляться антенны, рассчитанные на частоту 3.3 ГГц. Это потенциально хорошая альтернатива для вышеупомянутых частот так как является «золотой серединой». Тем не менее в большинстве стран использование данной частоты будет не законной. Так же стоит упомянуть частоты 900 МГц и 1.2 ГГц, однако их практически не применяют в потребительских дронах.

Параллельно шло развитие цифрового способа приема-передачи. Первым этапом так же стали модули 2.4 ГГц соединяющиеся по технологии Wi-Fi. Причина их популярности заключается в крайней экономичности этих молей. Почти каждый квадрокоптер из бюджетного сегмента меньше ста долларов будет оснащен FPV по Wi - Fi. Это уменьшает стоимость комплекта поставки дрона, ведь пользователю не обязательно обладать дополнительным оборудованием по типу шлемов, мониторов или очков. Достаточно простого смартфона с возможностью подключения Wi-Fi или BLUETOOTH. Данный способ передачи не позволяет передавать данные на расстояния больше 50 метров из-за ограниченности мощности приемников и передатчиков в девайсах, но желание пользователей получать качественное и моментальное изображение с курсовых камер заставило раз-

работчиков задумать о использовании 5.8 ГГц совместно с цифровым форматом. Первым кто предложил такое цифровое FPV, способное конкурировать с аналоговым, стала компания DJI innovations. Являясь крупным игроком на рынке промышленных дронов, они активно развиваются в сторону любительских квадрокоптеров с FPV. Так система OcuSync (см. рисунок 2), представленная в 2018 году, специально разрабатывалась для использования в комбинации с гоночными дронами и для полетов от первого лица, поддержка одновременно двух каналов частот (2,4 и 5,8 ГГц) и передача цифрового видеосигнала на расстоянии до семи километров позволили сделать новый шаг эволюции видеопередачи. Сверхнизкая сквозная задержка в 28 мс и прогрессивное программное обеспечение привлекает к себе все больше и больше потребителей.



Рисунок 2 – Система DJI OcuSync Air System

Таким образом, на данный момент существует множество способ передачи видео изображения, однако не все подходят для полетов в реальном времени. На данный момент цифровые технологии решают эту проблему и занимают ведущее место на рынке систем для передачи цифрового видео высокого разрешения с минимальной задержкой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Низнак, А.Н. Беспилотный летательный аппарат БПЛА (дрон) // российский интернет-портал и аналитическое агентство «TAdviser». URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Беспилотный_летательный_аппарат_\(дрон._БПЛА\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Беспилотный_летательный_аппарат_(дрон._БПЛА)_(дата_обращения:_21.03.2021)) (дата обращения: 21.03.2021).

2 Многофункциональная система технического зрения беспилотного летательного аппарата / А.М. Агеев [и др.]. // Сборник докладов и статей по материалам II научнопрактической конференции «Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами». / 924 ГЦ БпА МО РФ. – Коломна, 2017. – С. 17–23.

УДК 517.9

Шейна Нина Константиновна, студент; Sheina Nina Konstantinovna
Любушкина Надежда Николаевна, кандидат технических наук, доцент;
Liubushkina Nadezhda Nikolaevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕБУЛАЙЗЕРА

DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF THE ULTRASONIC NEBULIZER

Аннотация. Статья посвящена разработке структуры ультразвукового небулайзера. Описаны функциональные возможности данного устройства.

Abstract. The article is enlightened in the development of the structure of an ultrasonic non-bulizer. Describes the functionality of this device.

Ключевые слова: ультразвук, пьезоэлемент, микроконтроллер.

Keywords: ultrasound, piezoelectric element, microcontroller.

Небулайзер – это устройство, использующее сверхмалое дисперсное распыление лекарственного вещества посредством высокочастотных колебаний пьезокристалла. Ингаляцию применяют не только при заболеваниях, но и для профилактики заболеваний. Ингаляция бывает двух видов: естественная (на морских курортах или в лесных чащах) и искусственная с применением специальных устройств-распылителей.

Ультразвук создает аэрозоль, при этом вещество распыляется на сверхмалые частицы, лекарственное средство попадает во все отделы дыхательной системы и поэтому быстро усваивается. Данное свойство используют с двумя целями: первая – оказать местное лечебное воздействие на дыхательные пути при заболеваниях (муковисцидоз, бронхиальная астма и респираторные заболевания), вторая – оказать системный эффект на весь организм (наиболее частый вариант – ингаляционный наркоз).

Преимущество использования ингаляций: лекарственное вещество попадает напрямую в организм, минимизирован риск побочных реакции, можно применять дома, подходит большинству пациентов (даже детям), для ингаляции можно применять абсолютно любые вещества. Разрабатываемое устройство будет иметь возможности:

- для автономности – питание от сети или аккумуляторной батареи;
- регулирование генерируемой частоты в диапазоне от 1 до 4 МГц;
- таймер сеанса ингаляции – от 10 до 30 минут;
- для защиты компонентов распыляемого вещества от разрушения – индикацию перегрева;
- для экономии заряда батареи – автоматическое отключение при долгом простое;
- небольшие габариты и малая себестоимость.

Основным элементом разрабатываемого устройства является пьезоизлучатель А7.124.018 с двумя рабочими частотами: $F1 = 0,88$ МГц и $F2 = 2,64$ МГц, который создает аэрозоль. Пьезоизлучатель имеет на внешней стороне токопроводящее напыление из серебра, что обеспечивает повышенную адгезию металлического сплава с керамикой. Для создания различной дисперсности аэрозоля частоту сигнала пьезоэлемента целесообразно изменять от минимального до максимального значения. Для разрабатываемого устройства необходим микроконтроллер Atmega128-16AU (МК), способный генерировать высокочастотный сигнал. Нагрузочная способность порта микроконтроллера недостаточна для работы с пьезоизлучателем, поэтому необходим дополнительный усилитель или ключ. Выходной сигнал от микроконтроллера подается на усилитель, который преобразует однополярный сигнал в двуполярный и осуществляет согласование амплитудных значений напряжения.



Рисунок 1 – Структура ультразвукового небулайзера

Микроконтроллер принимает данные от датчика температуры, к нему подключаются кнопки и индикатор. Чтобы избежать перегрева распыляемого вещества с помощью цифрового датчика LM75AD контролируется температура нагрева жидкости. Если температура превышает допустимое значение, должен загораться индикатор перегрева и выключаться пьезоизлучатель. Индикатор отображает: включено или выключено устройство, запущено ли распыление (его длительность). Для управления процессом работы используются кнопки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Самойленко, В.А. Влияние различных видов ингаляционных устройств на эффективность лечения бронхиальной астмы // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. – 2012. – № 13. – С. 6-10.

2 Белов, А.В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств / А.В. Белов. – Санкт Петербург : Наука и техника, 2016. - 544 с.

УДК 62-523

Шишминцев Илья Дмитриевич, студент; Shishmincev Il'ya Dmitrievich

Фролов Алексей Валерьевич, кандидат технических наук;

Frolov Alexey Valeryevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

УПРАВЛЕНИЕ СВАРОЧНЫМ ИСТОЧНИКОМ ТОКА ОТ МАСНЗ СОВМЕСТИМОЙ СИСТЕМЫ ЧПУ

WELDING CURRENT CONTROL BY MACH3 COMPATIBLE CNC SYSTEM

Аннотация. Рассмотрены варианты управления сварочным полуавтоматом и возможности управления системы ЧПУ. Предложено устройство согласования сигналов управления ЧПУ со сварочным источником тока.

Abstract. There are described the methods of semiautomatic welding machine control and CNC system control methods. There are proposed a device for adjustment the CNC control signals with a welding current source.

Ключевые слова: автоматизация, система управления, сварка, источник тока, ЧПУ.

Keywords: automation, control system, welding, current source, CNC.

В рамках гранта ФГБОУВПО «КНАГУ» проводятся работы по автоматизации сварочных процессов. Максимальная эффективность автоматизации возможна с применением систем ЧПУ, так как они обеспечивают широкие возможности и гибкость управления, универсальность и т.д. Наиболее распространены системы ЧПУ металлообрабатывающих станков, которые программируются в соответствии со стандартом ISO 6983-1:2009. Самый простой вариант реализации описанного управления – это применение управляющего компьютера с системой МАСНЗ. Для этой системы выпускается большое количество комплектующих – блоков управления, плат связи.

Но указанная программа не предназначена для работы со сварочным оборудованием, поэтому у неё нет возможности регулировки сварочного тока. Система может управлять шпинделем металлообрабатывающего станка с помощью релейной схемы (включено – выключено), алгоритма управления шаговыми электродвигателями (задаётся направление вращения и шаг перемещения), а также с помощью широтно-импульсного модулятора (ШИМ). Соответственно и всё выпускаемое оборудование поддерживает только эти способы управления. В связи с чем можно считать наиболее эффективным ШИМ способ управления.

Сварочные полуавтоматы, как правило, имеют возможность подключения внешних управляющих устройств через специальный разъём дистанционного управления. Литературный поиск показал, что у применяе-

мого сварочного аппарата KEMPPi MinarcTig Evo 200 MLP возможны следующие варианты дистанционного управления: включение / отключение сварки (реализовано выключателем); установка сварочного тока (реализовано с помощью потенциометра, включённого по схеме делителя напряжения); увеличение тока на 1 А и уменьшение тока на 1 А (реализовано двумя кнопками). Для решения поставленной задачи требуется быстрое изменение тока. Поэтому выбран вариант управления с помощью аналоговой установки сварочного тока.

Решение описанной задачи возможно разными способами - применение цифрового потенциометра, полевого транзистора в режиме переменного сопротивления и т.д. Но эти способы достаточно сложны. Поэтому было принято решение замены аналогового потенциометра в схеме делителя напряжения на схему на переключаемых конденсаторах (см. рисунок 1).

В этой схеме через разъём X1 подаются два сигнала – включения тока (конт. 3) и ШИМ (конт. 2). Диоды VD1 и VD2 и резисторы R1 и R8 защищают оптопары DA1 и DA2 от неправильной полярности входных сигналов и высокого тока. Оптопары обеспечивают гальваническую развязку. ШИМ сигнал с выхода оптопары DA1 предварительно инвертируется инвертором на цифровом ключе R2, R3, VT1 и управляет двумя ключами VT2 и VT3, которые представляют собой «перекидной» ключ. Этот ключ периодически подlichtает конденсатор C1 то к шине питания +5В, то к общей точке схемы. Для преобразования ШИМ сигнала в аналоговый используется фильтр нижних частот первого порядка на элементах R4-R6 и C1. Частота среза фильтра – 1,7 Гц. Частота ШИМ – 100 Гц.

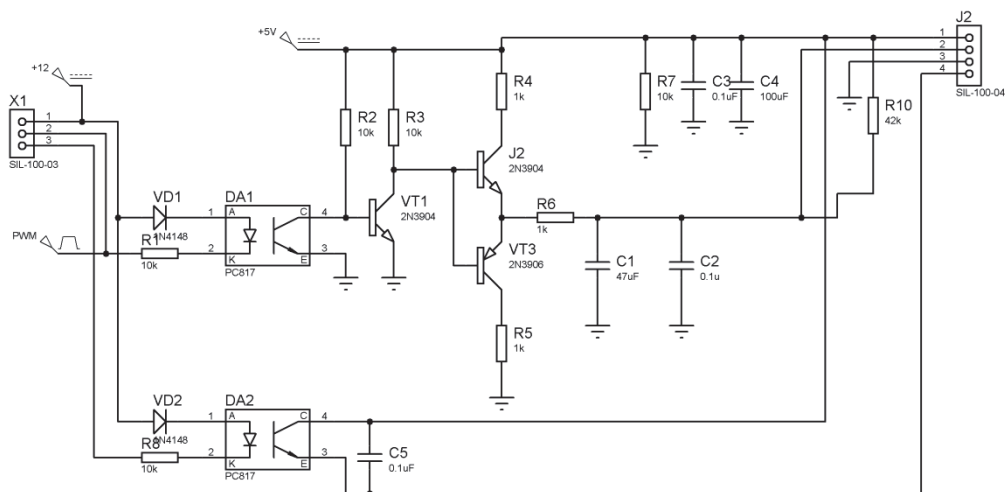


Рисунок 1 – Схема согласования системы ЧПУ со сварочным источником тока

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кузнецов В. П. Микросхемотехника аналоговых устройств / В. П. Кузнецов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2007. – 115 с.

УДК 681.518.5

Шуфтайкина Арина Олеговна, бакалавр; Shuftaykina Arina Olegovna

Копытов Сергей Михайлович, канд. тех. наук, доцент;

Kopytov Sergey Mihailovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБЪЕМНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ОБСТАНОВКИ

DEVELOPMENT OF A VOLUME VISUALIZATION SYSTEM OF THE ENVIRONMENTAL SITUATION

Аннотация. Рассмотрена разработка системы для объемной визуализации окружающей среды. В состав системы входят компьютер, управляющий контроллер и устройство 3D сканирования. С помощью оптических датчиков собирается информация о расстоянии до окружающих предметов, их температуре и цвете. Компьютер визуализирует обстановку с помощью построения облака точек.

Abstract. The development of a system for volumetric visualization of the environment is considered. The system includes a computer, a control controller and a 3D scanning device. With the help of optical sensors, information is collected about the distance to surrounding objects, their temperature and color. The computer visualizes the situation by building a point cloud.

Ключевые слова: лидар, пирометр, шаговый двигатель, облако точек.

Keywords: lidar, pyrometer, stepper motor, point cloud.

В настоящее время для работы в труднодоступных местах все чаще используют роботизированные системы. Важной проблемой робототехники все еще остается автономное исполнение задач, возложенных на робота, в любой среде: на земле, под водой, в воздухе, под землей. Для решения этой проблемы автономный робот должен обладать хорошей сенсорной системой, способной распознавать его положение в пространстве, анализировать и строить карту местности. Предложено разработать систему, которая, находясь внутри исследуемого пространства, соберет информацию и выполнит объемную визуализацию окружающей обстановки. Система включает устройство сканирования с управляющим контроллером и компьютер для обработки и визуализации полученной информации.

Устройство сканирования представляет собой конструкцию, состоящую из сенсорного блока, который установлен на платформе поворотного механизма. Сенсорный блок содержит лидар, пирометр с малым углом захвата и датчик цвета. Поворотный механизм содержит два шаговых двигателя с редукторами, один из которых поворачивает платформу на 360° в горизонтальной плоскости, а второй – в вертикальной. Для поворота по горизонтали использован более мощный биполярный шаговый двигатель с планетарным редуктором 17HS2408S-PG (рисунок 1, а) с силовым драйве-

ром на основе моста L298, а для поворота по вертикали – униполярный шаговый двигатель с редуктором 28BYJ-48 (рисунок 1, б) с драйвером на основе сборки составных транзисторов ULN2003.

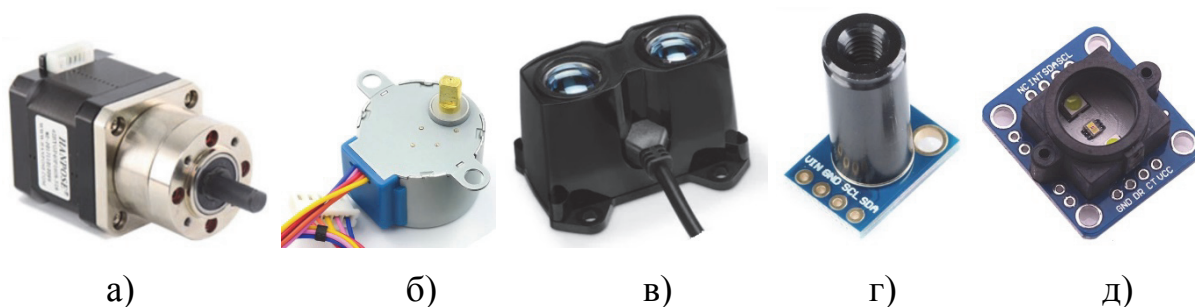


Рисунок 1 – Модули для системы объемной визуализации обстановки

Поскольку скользящие контакты для связи с сенсорными элементами не предусмотрены, то для предотвращения закручивания проводов датчиков предусмотрены концевые замыкатели в крайних положениях поворотной платформы для подачи предупреждающих сигналов на управляющий контроллер.

Для измерения расстояния до элементов окружающей обстановки использован компактный лидар LIDAR-Lite v3HP компании GARMIN (рисунок 1, в) с диапазоном измерения расстояний до 40 м с частотой получения отсчетов около 1 кГц [1]. Данный лидар имеет напряжение питания +5 В и может передавать информацию по интерфейсу I2C и с помощью ШИМ.

Достаточно интересной задачей является получение тепловой объемной картины окружающей обстановки. Для ее решения применен инфракрасный датчик температуры (пирометр) MLX90614 с направленной характеристикой за счет использования экрана в виде зачерненной трубки, имеющей узкий угол захвата ИК-лучей (рисунок 1, г). Данный датчик также питается напряжением +5 В и имеет интерфейс I2C [2].

Дополнительно на платформу целесообразно установить лазерную указку, поредназначенную для настройки устройства при нацеливании датчиков. Для получения цветовой картины предложены два варианта решения.

Первый вариант предполагает использование интегрального точечного датчика цвета TCS34725 на основе полупроводниковых фотосенсоров с микрофильтрами для основных цветов. Выбрана такая разновидность модуля с данным датчиком, которая позволяет легко дополнить конструкцию направленным объективом с фокусирующей линзой (рисунок 1, д). В качестве объектива использован держатель с пластиковой линзой от пожарного инфракрасного извещателя, имеющей фокусное расстояние примерно 40 мм. Датчик цвета TCS34725 также имеет напряжение питания +5 В и интерфейс I2C.

В данном варианте объем собираемых данных сравнительно небольшой, а время их сбора обусловлено инерционностью шагового двигателя и временем преобразования датчиков. От управляющего контроллера требуется наличие линий ввода-вывода для управления шаговыми двига-

телями, лазерной указкой и считывания сигналов концевых замыкателей, а также наличие интерфейса I2C для связи с датчиками и канала связи с компьютером.

Второй вариант решения предполагает использование миниатюрной видео или фотокамеры для получения цветовой объемной картины. В этом случае видеопоток имеет большой объем, из него необходимо вычлнять цвета точек с определенными рассчитанными координатами. С такой задачей может справиться только быстродействующий 32-разрядный контроллер (myRIO, Raspberry Pi, Jetson Nano). Альтернативным является решение завести видеопоток напрямую на компьютер, минуя контроллер.

Структурная схема системы приведена на рисунке 2.

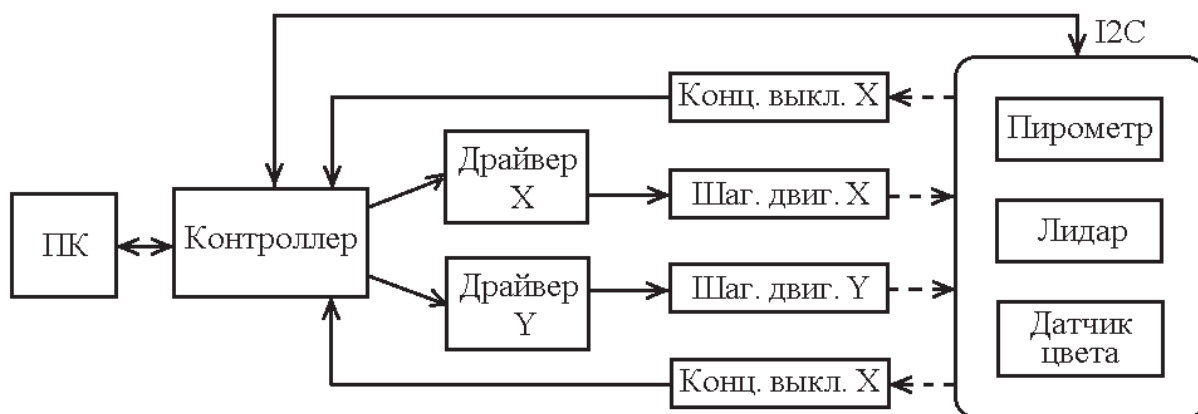


Рисунок 2 – Структурная схема системы объемной визуализации

Важную роль в системе играет программное обеспечение. В алгоритме работы используются полярные координаты с центром в точке нахождения устройства сканирования. Для получения объемного изображения необходимо формировать так называемое «облако точек». В случае визуализации тепловой картины окружающей обстановки цвет точек определяется условными цветами, присвоенными разным температурам. Обычно используют спектр цветов радуги, сопоставленный шкале температур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 LIDAR-Lite v3HP Operation manual and technical specifications. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://static.garmin.com/pumac/LIDAR-Lite_v3HP_Instructions_EN.pdf (дата обращения 01.04.2021).

2 Digital plug & play infrared thermometer in a TO-can MLX90614. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.melexis.com/en/product/mlx90614/digital-plug-play-infrared-thermometer-to-can> (дата обращения 01.04.2021).

УДК 621.391.63

Шушнова Татьяна Владимировна, аспирант; Shushnova Tatiana Vladimirovna

Шушнов Максим Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;

Shushnov Maxim Sergeevich

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ VLC В СОВРЕМЕННЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY VLC-SYSTEM APPLICATION IN MODERN COMMUNICATIONS NETWORKS

Аннотация. В докладе рассматриваются основные принципы работы, основные особенности и недостатки системы VLC (Visible Light Communication). Проводится обзор существующих коммерческих решений для VLC технологии Li-Fi (Light Fidelity) и анализ возможности использования данной технологии передачи данных в современных сетях связи.

Abstract. The report discusses the basic principles of work, the main features and disadvantages of the VLC (Visible Light Communication) system. The review of existing commercial solutions for VLC-technology Li-Fi (Light Fidelity) and analysis of the possibility of using this technology for data transmission in modern communication.

Ключевые слова: VLC (visible light communication), Li-Fi, светодиод, фотодиод.

Keywords: VLC (visible light communication), Li-Fi, LED, photodiode.

VLC – это коммуникационная система позволяющая источнику света, помимо решения задачи освещения помещения, передавать информацию без организации дополнительного светового канала.

Начиная с 2011 года было начато продвижение принципиально новой технологии беспроводной передачи данных посредством мигающего светодиодного света. Технология получила название Li-Fi («light» – «свет», «fidelity» – «точность»).

Суть технологии Li-Fi заключается в том, что используются три цветовых канала светодиодной лампы (красный, зеленый и синий), в каждом из которых параллельно передаются потоки данных. Такой подход позволяет получить значение скорости передачи данных до 10 Гб/с (в лабораторных условиях).

На данный момент технология Li-Fi активно развивается, некоторые компании уже работают с этой технологией, другие – планируют инвести-

ровать в подобные разработки. Анализ работ [1-5] последних лет позволяет сделать вывод о значительных перспективах использования данной технологии в ближайшем будущем, но при этом еще требуется решить ряд технических проблем, связанных с разработкой дешевых и качественных VLC-устройств.

Блок-схема VLC-системы показана на рисунке 1.

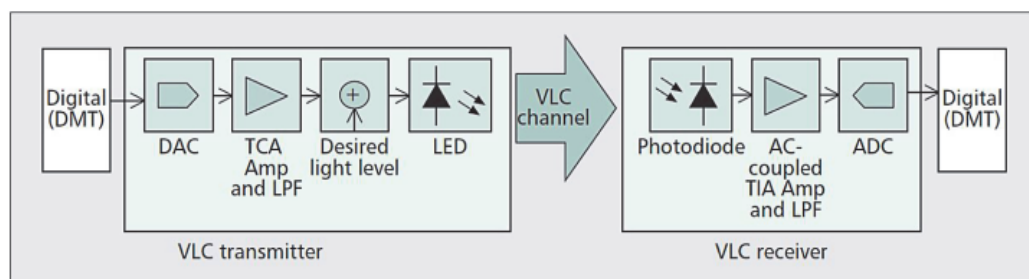


Рисунок 1 – Блок-схема системы Visible Light Communication (VLC)

Передающий модуль VLC-системы состоит из цифро-аналогового преобразователя (DAC), транскондуктивного усилителя (TCA Amp) с фильтром нижних частот (LPF), регулятора излучаемой мощности и высокоскоростных светодиодов (LED). Светодиод преобразует электрический сигнал в оптический, который обеспечивает освещение и позволяет организовать канал передачи информации. Информация перед подачей на цифро-аналоговый преобразователь предварительно кодируется и модулирует сигнал-переносчик, затем, уже аналоговый сигнал, подается на светодиод и преобразуется в световой поток путем прямой модуляции интенсивности.

На приёмной стороне используется принцип прямого детектирования, а приёмный модуль состоит из фотодиода, трансимпедансного усилителя (AC-coupled TIA Amp), фильтра нижних частот (LPF) и аналого-цифрового преобразователя (ADC). Фотодиод преобразует полученный оптический сигнал в электрический, который затем усиливается, оцифровывается, демодулируется и декодируется для восстановления битов информации.

Приемно-передающее устройство Li-Fi может внешне не отличаться от обычной светодиодной лампы или светодиодной панели, устанавливаемой на подвесном потолке. Приемный датчик, подключенные к компьютеру или иному цифровому электронному устройству, позволяет получать информацию лишь в момент, когда на него падает свет от источника Li-Fi (рисунок 2). Стоит отметить, что VLC-системы могут применяться и под водой [5], что невозможно в случае с системами, использующими радиодиапазон из-за сильного поглощения радиоволн в водной среде.

Естественно, что это накладывает определенные ограничения на возможности применения данной технологии, однако такая оптическая связь на порядок безопасней, чем традиционный Wi-Fi. Сигналы Wi-Fi можно перехватить в любой точке в радиусе действия оборудования. К тому же технологию Li-Fi можно беспрепятственно использовать в местах, в которых запрещено применение оборудования, создающего радиоизлучение: салоны самолетов, реанимационные палаты медицинских учреждений и ряд иных мест с действующими ограничениями.

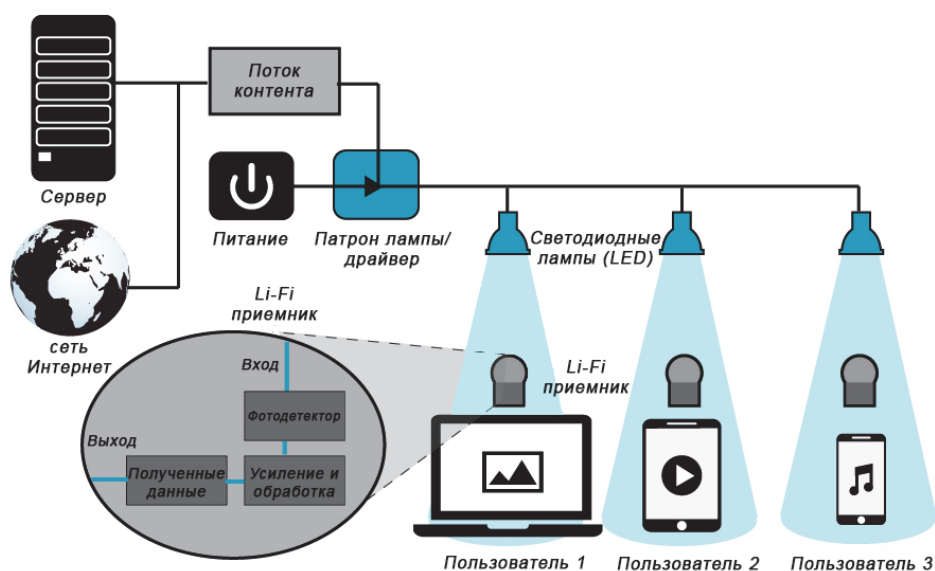


Рисунок 2 – Алгоритм работы сети Li-Fi

Для повышение скорости передачи в VLC-системе можно применять ортогональное частотное уплотнение поднесущих (OFDM), а для разделения пользователей использовать метод множественного доступа с OFDMA [4].

Выполнив анализ основных параметров технологии Li-Fi, особенно- сти и недостатки, можно сделать вывод, что данная технология уже сего- дня может найти применение в многочисленных областях:

- умное освещение: освещение общественных мест или частных жи- лых помещений, освещение улиц, остановочных пунктов, платформ;
- конверсия радиочастного диапазона, высвобождение участков ра- диочастного спектра сетей мобильной связи: снижение пиковых нагрузок на мобильные сети путем перекладывания большого объе- ма трафика в сети Li-Fi;
- мобильные подключения с высокой степень защиты передаваемой информации: планшетные компьютеры, смартфоны, ноутбуки и иные мобильные устройства, в которых могут быть встроены VLC- модули Li-Fi;

- медицина и охрана здоровья: отсутствие электромагнитных помех для медицинского оборудования, не подверженность действию МРТ-сканеров;
- опасные производства: применение технологии Li-Fi позволяет создать безопасную альтернативу без электромагнитного излучения на предприятиях нефтехимической и горнодобывающей промышленности;
- передача информации в водной среде: применение технологии Li-Fi позволяет избавиться от проблемы сильного затухания радиосигнала в воде, не создает неудобств морским животным, подходит для организации канала связи на небольшом расстоянии;
- авиация: применение технологии Li-Fi может снизить затраты на монтаж кабельных линий, снизить вес, повысить гибкость при размещении оборудования на борту, оборудования пассажирского салона, в котором уже сейчас установлены LED-светильники;
- транспорт и транспортные средства: коммуникация между дорожной инфраструктурой и автомобилями в системах управления дорожным движением и обеспечения безопасности, используя вывески, светофоры, уличные светильники, задние фонари и фары, где применяются LED-лампы;
- государственные учреждения, банковская сфера: защита передаваемой информации от несанкционированного доступа, повышение скорости и безопасности обмена информацией, исключение проблемы радиоперехвата;
- бытовое применение и интернет-вещей: светодиодные лампы Li-Fi будут не только освещать помещение, но и создавать беспроводную телекоммуникационную сеть, которая обеспечит доступом к сети интернет и другим бытовым устройствам.

Таким образом, развитие VLC-систем с технологией Li-Fi представляет собой интересное направление, имеющее целый ряд преимуществ по сравнению с существующими радиосистемами, расширяющее возможности современных систем беспроводной связи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Z. Wang, T. Mao and Q. Wang, "Optical OFDM for visible light communications," 2017 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), Valencia, Spain, 2017, pp. 1190-1194, doi: 10.1109/IWCMC.2017.7986454.

2 M. T. Rahman, R. Parthiban and M. Bakaul, "Integration and Evaluation of Hybrid RoF-VLC Network," 2020 IEEE 8th International Conference on

Photonics (ICP), Kota Bharu, Malaysia, 2020, pp. 84-85, doi: 10.1109/ICP46580.2020.9206488.

3 O. Şayli, H. Doğan and E. Panayirci, "On channel estimation in DC Biased optical OFDM systems over VLC channels," 2016 International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC), Hanoi, Vietnam, 2016, pp. 147-151, doi: 10.1109/ATC.2016.7764763.

4 S. Jung, D. Kwon, S. Yang and S. Han, "Reduction of inter-cell interference in asynchronous multi-cellular VLC by using OFDMA-based cell partitioning," 2016 18th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), Trento, Italy, 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICTON.2016.7550320.

5 M. Arfan and C. Lakshminarayana, "VLC for Underwater Operations: Li-Fi Solution for Underwater Short Range Communication," 2018 International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer, and Optimization Techniques (ICEECCOT), Msyuru, India, 2018, pp. 638-642, doi: 10.1109/ICEECCOT43722.2018.9001519.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ АВТОМАТИКА, ЭЛЕКТРОПРИВОД И РОБОТОТЕХНИКА.....	3
Автомонов С. А., Стельмашук С. В.	
WINDUP-ЯВЛЕНИЯ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ.....	4
Азимов Х. Х., Мешков А. С.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЯНУЩЕ-ПРАВИЛЬНОЙ МАШИНЫ.....	7
Берх А. В., Горькавый А. И.	
ФОРМИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМ МОДУЛЕМ.....	11
Герасимов В. Р., Егоров В. А.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРТОВ ВВОДА/ВЫВОДА ОДНОКРИСТАЛЬНОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32F407 ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ.....	14
Громыко Г. А., Гурьянов И. Д., Сухоруков С. И.	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСЕКЦИОННЫМ ТЕРМОСТОЛОМ ДЛЯ 3Д-ПЕЧАТИ.....	17
Королёв Г. В., Егоров В. А.	
НЕЛИНЕЙНЫЙ МОДАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР.....	21
Кудин С. И., Дерюжкова Н. Е.	
ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ.....	23
Кузнецов А. А., Горькавый А. И.	
ФОРМИРОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ НАСТРОЙКАМИ И ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ РЕАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ.....	26
Лепехина С. Ю., Сухоруков С. И.	
РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КУЛИНАРИИ.....	29
Луняев К. Р., Дерюжкова Н. Е.	
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЖЭЛЕКТРОДНОГО ПРОМЕЖУТКА ВАКУУМНОЙ ДУГОВОЙ ПЕЧИ...	32
Максимова Н. А., Черный С. П.	
АЛГОРИТМ НАСТРОЙКИ МНОГОКАСКАДНОГО НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	34
Нгуен Ван Ха, Бурков А. Ф.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ.....	37
Облогин Д. Ю., Сухоруков С. И.	
РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ МОДУЛЯ ПОДАЧИ ПРИСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ КОМПЛЕКСА ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ.....	40

Охотников А. В., Сухоруков С. И. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ АСПЕКТОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	43
Поздняков В. С., Горькавый А. И. АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА С ИЗМЕНЯЕМЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ.....	46
Попов Д. С., Егоров В. А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ КООРДИНАТ ЭКЗОПРОТЕЗА.....	49
Послов С. В., Бузикаева А. В., Черный С. П. ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗАДАТЧИКОВ ИНТЕНСИВНОСТИ.....	52
Роготнев С. П., Егоров В. А. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА КОПЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.....	54
Савельева А. С., Савельев Д. О. РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ГИБКОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	58
Садовский Д. Д., Васильченко С. А. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ.....	60
Салогуб Д. Д., Пьянов И. В. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗУЕМОСТИ КОНСТРУКЦИИ ШАРНИРНОГО МЕХАНИЗМА УНИФИЦИРОВАННОГО МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ.....	63
Славнов К. К., Соловьёв В. А. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ И НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.....	68
Смирнов А. С., Смольников Б. А. КОЛЛИНЕАРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ОДНОЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА С ПЕРЕМЕННЫМ УСИЛЕНИЕМ.....	70
Телепнев А. В., Егоров В. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАСОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПРОМЫШЛЕННОГО КОНТРОЛЛЕРА В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ.....	73
Тимофеев А. К., Черный С. П. ВЛИЯНИЕ ПОРЯДКА АЛГОРИТМА НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА СИСТЕМЫ ТАКАГИ-СУГЕНО ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	76
Хакимов М. С., Мешков А. С. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТЕПЛИЦЕ.....	80
Хрульков В. Н., Черный С. П. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТРАЛА.....	83

Цымбалов П. М., Егоров В. А. АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ АКТУАТОРОВ ШТАМПОВОЧНО-ПРЕССОВОЙ МАШИНЫ.....	85
Шангутова Д. В., Шангутова А. В., Егоров В. А. СОВРЕМЕННЫЕ WEB-ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ.....	88
Шанин Д. О., Сухоруков С. И. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕГО В ДИНАМИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СРЕДЕ.....	90
Шелковников В. Ю., Соловьёв В. А. ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ МАШИН ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ГЕНЕРАТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	95
Шерзод К. И., Стельмашук С. В. ЛИНЕЙНЫЙ АКТУАТОР КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ.....	99
Шеров Э. Д., Стельмашук С. В. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ.....	102
Шмырин Д. П., Дерюжкова Н. Е. ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВУХ СМЕЖНЫХ КЛЕТЕЙ ПРИ ПРОКАТКЕ С ПЕТЛЕОБРАЗОВАНИЕМ.....	104
СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА....	107
Алексюк О. Э., Янченко А. В. СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	108
Антонов Е. Г., Климаш В. С. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОДКЛЮЧЕНИЯ КОНДЕНСАТОРОВ К ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРОННО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ АППАРАТОМ.....	110
Биленко И. И., Сериков А. В. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ.....	113
Варыбок И. Р., Скорик В. Г. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАСЫЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛЭП.....	115
Воробьев Н. К., Макашева С. И. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИЕЙ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ КРУПНЫХ ОФИСНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	118
Горбунов Д. С., Размыслов В. А. ОСОБЕННОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ГОФРИРОВАННЫМИ ЗУБЦОВЫМИ ЗОНАМИ.....	122
Дадашова Ф. И., Суздорф В. И. ОБЗОР СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИЗ СОЛНЦА.....	124

Ербулатов П. А., Кузьмин Р. В. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА.....	127
Иванов В. В., Сериков А. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С БЛОКОМ НАГРЕВА ЖИДКОСТИ.....	130
Иванов В. В., Сериков А. В. ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	133
Инзаркин Е. А., Малышева О. А. ЯВЛЕНИЕ ЛАВИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ: ПРОБЛЕМА, ПУТИ РЕШЕНИЯ....	137
Минебаев Н. Л., Калугина Н. А. ИССЛЕДОВАНИЕ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАБДИСКА.....	140
Карпов Н. А., Сериков А. В. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА СПЕЦИАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ.....	143
Ковтунов А. И., Веселова Н. М. ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.....	145
Колесник М. Б., Просолович А. А. АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ДЕЙСТВУЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ.....	148
Колесник М. Б., Колошенко Ю. Б. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ВЫБОРА РАЗМЕРНЫХ СООТНОШЕНИЙ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ.....	151
Козик А. А., Кузьмин Р. В. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ГИДРОГЕНЕРАТОРА.....	154
Максимов Н. М., Буйлаков Д. Е., Посаднов А. Е., Григорьев М. А. НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ ШУМОВЫХ ПОМЕХ НА РАБОТУ ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	157
Максимов Н. М., Буйлаков Д. Е., Посаднов А. Е., Григорьев М. А. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЛИЯНИЯ ОБОРОТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	160
Нгуен Ван Ха, Бурков А. Ф. СУДОВЫЕ ПРОПУЛЬСИВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ С ГРЕБНЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ.....	162
Ниматов Р. Р., Климаш В. С. РАЗРАБОТКА ГИБРИДНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ ДЛЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ.....	165
Петухов А. В., Климаш В. С. СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ЛИНИИ.....	167

Пивоваров К. Г., Сериков А. В. МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА.....	169
Соловьев И. С., Валиев Р. И., Нугманов Д. Ф., Титов А. В., Маслов И. Н. ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ МИНИ-ТЭЦ С ГТУ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР ОСВОЕНИЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ...	172
Фискова Т. К., Иванов С. Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ.....	175
Цыбрина Ю. А., Янченко А. В. ОЦЕНКА ЗАПАСА МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛАБОРАТОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН.....	179
Яшанин В. И., Маслов И. Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПГУ ПРИ РАБОТЕ НА ОПТОВОМ РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	183
СЕКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ.....	187
Бажеряну В. В. ДЕКОМПОЗИЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.....	188
Бажеряну В. В. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ КОМАНДЫ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТА.....	189
Бакиров Р. Т., Шабалин А. С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОФИЛЯ СКОРОСТИ НА МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАСХОДОМЕРА.....	191
Балагурова А. Е., Куделько А. Р. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИННОВАЦИИ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	194
Бордюгова Ю. А., Кукушкина В. А. ИНТЕГРАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ КАК ФАКТОР ПРОФОРИЕНТАЦИИ МОЛОДЕЖИ.....	197
Буровская О. М., Куделько А. Р. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ КЕЙСОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ «УМНОГО КОСТЮМА»....	200
Ворощенко В. Д., Горькавый М. А. ОПТИМИЗАЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА.....	203
Грабарь Д. М., Куделько А. Р. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ СЕТИ СКБ КНАГУ.....	206
Житников А. А., Болдырев В. В. ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЕАМ НА ПРЕДПРИЯТИИ.....	210

Камаров Б. Н., Куделько А. Р. ВНЕДРЕНИЯ 3D ПЕЧАТИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕБЕЛИ В МЕБЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ «БИСОТ».....	212
Кузнецова А. А., Бажеряну В. В. ОПТИМИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТА ПРИ ВНЕДРЕНИИ МЕТОДОЛОГИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ.....	214
Левенко К. Е., Болдырев В. В. РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВЫБОРА МЕТОДИКИ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ СКЛОННОСТИ К БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА.....	217
Мазитов М. М., Ермаков А. М., Салахов Р. Р. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПАРОКОМПРЕССИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ОБОГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ САЛОНА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АВТОБУСА.....	221
Маркова В. Е., Куделько А. Р. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОМСОМОЛЬСКОГО-НА-АМУРЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА.....	223
Мельниченко М. А., Горькавый А. И. ВЕКТОРНО-МАТРИЧНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ СИНТЕЗА ПИ-РЕГУЛЯТОРА.....	227
Мельниченко М. А. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В СРЕДЕ SPRUTSAM.....	229
Михальков Н. А., Киба Д. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРОТКОВОЛНОВОГО ТРАНСИВЕРА ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ВИДОВ СВЯЗИ.....	232
Облогин Д. Ю., Егорова В. П. АНАЛИЗ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА.....	235
Полохова Д. А., Куделько А. Р. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ПОРТАТИВНОГО ИМПУЛЬСНОГО ПРИБОРА ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРАПИИ.....	238
Прохоров К. К., Горькавый М. А. ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОДАЖИ ВИРТУАЛЬНЫХ ИГРОВЫХ РЕСУРСОВ.....	241
Пугачева А. И., Егорова В. П. К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ БАЗЫ ДАННЫХ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМ КОМПЛЕКСОМ.....	243
Савельева А. С., Куделько А. Р. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОЕКТА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ ГИБКОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ.....	247

Соколова В. С., Зайченко И. В. БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТА.....	250
Соколова В. С. КОНТЕКСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	252
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.....	255
Шушарин Н. С., Бажеряну В. В. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ В АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	258
Щербаков А. А., Болдырев В. В. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ MES-СИСТЕМЫ НА ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ «АМУРСТАЛЬ».....	261
Щербаков А. М., Горькавый М. А. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА.....	264
СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА, БИМЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ.....	267
Аткишкин С. Ф., Нестеров В. Н. ПРИЕМНИК ОПЕРАТИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ УМНОЖЕНИЕМ ЧАСТОТЫ И СНИЖЕННОЙ ПОЛОСОЙ ПРОПУСКАНИЯ ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ.....	268
Бахтина В. А., Левицкий А. А. СИСТЕМА РЕАБИЛИТАЦИИ ПРЕДПЛЕЧЬЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА С ФУНКЦИЕЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ.....	270
Биткина А. А., Киба Д. А. ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ТЯГАЧА ДЛЯ ДЕВИАЦИОННЫХ РАБОТ.....	274
Бойсунов Б. П., Короткова Л. А. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В МИНИСОТОВЫХ СЕТЯХ.....	276
Гейкер А. Н., Копытов С. М. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ТРЕМОРА.....	279
Генчик А. Е., Шушнов М. С. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВЕЩАТЕЛЬНОГО ПОТОКА В IPTV И OTT.....	281
Глушков А. П., Верещагин А. Н., Абдулхаков А. А., Валиханов М. М. ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ.....	284

Дмитриенко А. Д., Любушкина Н. Н. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА.....	288
Епанчинов А. Н., Любушкина Н. Н. ОБЗОР МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	290
Заглада А. О., Шибeko Р. В. ДОЗАТОР ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ.....	293
Заксор П. А., Климаш В. С. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ.....	296
Зеленков И. В., Шибeko Р. В. ТОРМОЗНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ.....	297
Испенков Р. С., Фролов А. В. СИСТЕМА УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ РАСХОДА СЖАТОГО ВОЗДУХА...	300
Клопов А. Н., Хрульков В. Н. РАЗРАБОТКА РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА.....	302
Кузнецов В. В., Родионов А. Ю. ПРОСТЕЙШИЙ МЕТОД УМЕНЬШЕНИЯ ОБЪЕМА ПЕРЕДАВАЕМЫХ ДАННЫХ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОДАННЫХ ПО ГИДРОАКУСТИЧЕСКОМУ КАНАЛУ СВЯЗИ.....	305
Купченко М. В., Киба Д. А. АНАЛИЗ СТРУКТУР И ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ SDR В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ БПЛА ДЛЯ ПРОВЕРОК РАБОТ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.....	307
Курбонназаров Д. А., Копытов С. М. ОСНОВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАТЧИКА МАХ30102 ДЛЯ ПУЛЬСОКСИМЕТРИИ.....	310
Лысяков И. А., Копытов С. М. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА И БЛОК-СХЕМА ВЫВОДА СИМВОЛОВ ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ШРИФТА БРАЙЛЯ.....	313
Марущенко Д. С., Ульянов А. В. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ PLC МЕТОК С МОДЕЛИРОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ.....	315
Межецкий Н. С., Марущенко С. Г. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ УСИЛИТЕЛЬНЫХ РАДИОЛАМП.....	318
Недоедко А. О., Шибeko Р. В. ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В РАБОТЕ С МУЛЬТИМЕТРОМ.....	320
Недоедко А. О., Копытов С. М. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РАБОЧИХ НА ОСНОВЕ MESH-СЕТЕЙ.....	322

Ненюк В. В., Марущенко С. Г. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПИКОВОЙ НАГРУЗКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СЕТЬ.....	324
Овсов С. К., Фролов А. В. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМОМ ПОДАЧИ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ.....	327
Пелых С. Н., Фролов А. В. МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ СВАРКИ ТРУБ НА БАЗЕ СВАРОЧНОГО ВРАЩАТЕЛЯ М-211080...	329
Первунинский С. А., Климаш В. С. ПРИМЕНЕНИЕ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОФИЦИРОВАННОГО ТРАНСПОРТА.....	331
Пермякова Т. А., Копытов С. М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RASPBERRY PI И JETSON NANO ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ.....	333
Петров В. М., Копытов С. М. К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОБЪЕМНОГО СКАНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКОГО ДАЛЬНОМЕРА.....	336
Петров В. М., Копытов С. М. ПРОГРАММИРОВАНИЕ РАБОТЫ ШАГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В МОДУЛЕ LINUX СРЕДЫ LABVIEW ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ С ПОМОЩЬЮ ОДНОПЛАТНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ.....	338
Самас А. В., Марущенко С. Г. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПЕРСОНАЛА.....	341
Склюев А. М., Солдатов А. А. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО КОМПАСА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЗИМУТА ПРИ ОТКЛОНЕНИИ ОТ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ.....	343
Славнова В. К., Марущенко С. Г. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ.....	346
Сочинский В. В., Киба Д. А. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ФАЗОВОГО ПОДАВИТЕЛЯ ПОМЕХ.....	349
Троеглазов Е. Г., Шибeko Р. В. АКТИВНОЕ ШУМОПОДАВЛЕНИЕ.....	352
Троеглазов Е. Г., Копытов С. М. РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСА I2C И ШИМ НА КОМПЬЮТЕРЕ RASPBERRY PI В СРЕДЕ LABVIEW.....	354
Чипизубов А. М., Шибeko Р. В. СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕО СИГНАЛА СОВРЕМЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ДРОНОВ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	357
Шейна Н. К., Любушкина Н. Н. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕБУЛАЙЗЕРА.....	360

Шишминцев И. Д., Фролов А. В. УПРАВЛЕНИЕ СВАРОЧНЫМ ИСТОЧНИКОМ ТОКА ОТ МАСНЗ СОВМЕСТИМОЙ СИСТЕМЫ ЧПУ	362
Шуфтайкина А. О., Копытов С. М. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБЪЕМНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ОБСТАНОВКИ.....	364
Шушнова Т. В., Шушнов М. С. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ VLC В СОВРЕМЕННЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ.....	367

Научное издание

**МОЛОДЕЖЬ И НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Часть 2

Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апреля 2021 г.

Ответственный редактор Э. А. Дмитриев

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 08.06.2021.

Формат 60×84 1/16. Бумага 65 г/м². Ризограф RISO EZ 570E.
Усл. печ. л. 22,31. Уч.-изд. л. 21,50. Тираж 21 экз. Заказ 30347.

Полиграфическая лаборатория
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.