

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
ТЕОРИЯ, ИНСТРУМЕНТЫ, ПРАКТИКА**

Материалы XI Международной
интернет-конференции молодых ученых,
аспирантов, студентов
(15 ноября – 31 декабря 2019 г.)

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2020

Представлены работы молодых ученых, аспирантов, а также лучшие работы студентов.

Конференция посвящена вопросам системных исследований и моделирования информационно-измерительных и управляющих систем, систем телекоммуникации и связи, энергетики и энергоресурсосбережения, информационных технологий и средств автоматизации, аппаратно-программного обеспечения информационно-управляющих систем.

Публикуемые результаты исследований могут быть интересны молодым исследователям, преподавателям и специалистам, интересующимся теоретическими и прикладными разработками в данной предметной области.

Редакционная коллегия:

А.М. Костыгов, доцент, канд. техн. наук;

Б.В. Кавалеров, доцент, д-р техн. наук;

Д.К. Елтышев, доцент, канд. техн. наук (отв. редактор);

А.Б. Петроченков, доцент, канд. техн. наук;

Н.М. Труфанова, профессор, д-р техн. наук;

Р.А. Файзрахманов, профессор, д-р экон. наук;

А.Г. Щербинин, профессор, д-р техн. наук;

А.А. Южаков, профессор, д-р техн. наук

Рецензент

Заслуженный деятель науки РФ, заслуженный машиностроитель Республики Башкортостан, доктор техн. наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета *Г.Г. Куликов*

Секция 1

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ СОРТИРОВКИ

А.Р. Терехов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Представлено интерактивное демонстрационное обучающее компьютерное приложение, предназначенное для изучения алгоритмов сортировки. Приложение может быть использовано в качестве дополнительного средства обучения и позволяет визуализировать пять основных алгоритмов сортировки.

Ключевые слова: интерактивное обучающее приложение, сортировка, визуализация.

VISUALIZATION OF SORT PROCESS

A.R. Terehov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

In this article presents an interactive demo training computer application designed to learn sorting algorithms. The application can be used as an additional training tool and allows you to visualize five basic sorting algorithms.

Keywords: interactive tutorial application, sort, visualization.

В настоящее время в различных областях науки, и промышленности часто стоят задачи обработки больших массивов данных, которые содержат в себе большое количество элементов: базы данных, библиотеки, интернет-каталоги. Для более эффективной работы, необходимо иметь возможность упорядочивания подобных структур по некоторому признаку – ключу. Таким образом, задача реализации алгоритма сортировки довольно часто встречается при разработке компьютерных приложений, направленных на работу с массивами данных. Изучение алгоритмов сортировки, основных принципов лежащих в их основе и отличий является важной частью процесса обучения в рамках ориентированных на программирование дисциплин. С целью облегчения восприятия алгоритмов сортировки, визуализации и демонстрации их отличий разработано соответствующее приложение. В приложении представлено пять известных, наиболее популярных алгоритмов сортировки, в основе которых лежат пять различных принципов сорти-

ровки – сортировка пузырьковым методом, сортировка выбором, сортировка вставкой, сортировка Шелла и быстрая сортировка¹.

Программа разработана на языке VBA (для MSExcel). Визуализация алгоритмов происходит на примере выстраивания цветового спектра в порядке от красного до фиолетового. Данная программа позволяет пронаблюдать выполнение каждого из пяти основных алгоритмов сортировки, что позволяет использовать ее во время изучения этих алгоритмов и демонстрировать особенности, преимущества и недостатки при различных исходных данных (рис. 1).



Рис. 1. Интерфейс программы

Кнопки «Случайное заполнение», «Наилучшее заполнение», «Наихудшее заполнение» позволяют сгенерировать случайную (рис. 2), наилучшую (рис. 3) или наихудшую (рис. 4) последовательность цветов спектра.



Рис. 2. Случайная генерация исходного массива



Рис. 3. Генерация отсортированного массива

¹ Лорин Г. Сортировка и системы сортировки. – М.: Наука, 1983. – 384 с.



Рис. 4. Генерация массива в обратном порядке

Реализована возможность задать паузу между каждым «шагом» алгоритма сортировки для наблюдения за действиями алгоритма с разной скоростью. При этом «шагом» считается процесс сравнения двух ячеек или их обмена. Кнопки «Пузырьковая», «Выбор», «Вставка», «Шелла», «Быстрая» отвечают за запуск соответствующего алгоритма. Результатом демонстрации выполнения любого из представленных алгоритмов является упорядоченный цветовой спектр.

Приложение позволяет наглядно продемонстрировать принцип работы алгоритма и показать преимущества и недостатки для различных случаев исходных данных.

Сведения об авторе

Терехов Андрей Романович – студент Пермского национально-го исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: 23572000a@mail.ru

About the author

Terehov Andrew Romanovich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: 23572000a@mail.ru

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ РАДИОСВЯЗИ

Н.Я. Карасик, Г.С. Колбасова, А.С. Семенов

Военная академия связи им. С.М. Буденного,
Санкт-Петербург

Представлена тренажерно-обучающая система как новый вид информационных технологий для повышения качества подготовки специалистов радиосвязи.

Ключевые слова: радиосвязь, специалист, информационные технологии.

NEW INFORMATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS USED IN TRAINING OF RADIO SPECIALISTS

N.Ya. Karasik, G.S. Kolbasova, A.S. Semenov

Military Academy of Communications named after S.M. Budyonny,
Saint Petersburg

In this article presents a simulator-training system as a new type of information technology to improve the quality of training of radio communication specialists.

Keywords: radio communication, expert, information technology.

В современном мире повседневная и профессиональная деятельность человека не может обойтись без различного рода технологий. Но именно информационные технологии упрощают жизнедеятельность людей и общества в целом.

Человечество вступило в эпоху, называемую информатизацией. На сегодняшний день каждый человек имеет возможность пользоваться различными информационными источниками. С внедрением новых информационных технологий в общество становятся более доступными разнообразные виды информации, что способствует развитию интеллектуальных и творческих способностей людей.

Совершенствование информационных технологий в сфере образования является одним из значимых направлений формирования общества. Повышение уровня интеллектуального развития способствует ускорению научно-технического прогресса [1].

Внедрение в образовательный процесс информационных технологий сильно повлияло на процесс работы преподавателя. Это отличный способ получить всю необходимую информацию, а также правильно провести занятие на высоком технологическом уровне. Данное изменение существенно облегчило работу педагога в подготовке и проведении занятий.

Новые технологии изменили и характер деятельности обучающихся. Информационные технологии позволили им извлекать нужную информацию в любом количестве, что дало возможность ученикам пользоваться не только учебником. Стало незаменимым использование информационно-компьютерной сети. Также обучающиеся могут проявлять свои творческие способности в работе с различным программным обеспечением.

В этих условиях стала актуальной возможность индивидуализировать и дифференцировать процесс обучения, осуществлять контроль с диагностикой ошибок и обратной связью, осуществлять самоконтроль и самокоррекцию учебной деятельности.

Самое главное достоинство информационных технологий в том, что они позволяют создать более творческую обстановку в процессе обучения. Для преподавателя появляется возможность повысить свой уровень профессионализма, а для ученика – увеличить свой запас знаний и в полной мере развить свою интеллектуальную активность [2].

Компьютерные технологии, проникающие во все сферы деятельности человека, оказывают большое влияние на развитие современного общества. Важной составляющей этого влияния является компьютеризация обучения. Повышая эффективность образовательного процесса, компьютерные технологии стали важной частью развития информатизации образования. В преподавательской деятельности применение компьютерных технологий вызывает повышенный интерес.

Теперь, учитывая использование электронных информационных источников, а также компьютерных технологий, преподаватель, независимо от своей профессиональной деятельности, может самостоятельно разработать программу учебных занятий.

При внедрении компьютерной техники в образовательный процесс, выделяется несколько направлений:

- для повышения качества и эффективности деятельности преподавателя компьютерную технику используют в качестве продукта обучения;

– для увеличения интереса к использованию компьютерной техники на занятиях, внедряют компьютерные технологии в качестве инструментов обучения [3].

Информационные технологии активно используются в сфере подготовки специалистов как различных гражданских вузов, так и военных образовательных учреждений. Стандартные методики подготовки специалистов радиосвязи не всегда успешны, так как отнимают большое количество времени у преподавателя. Благодаря внедрению в подготовку радиоспециалистов информационных технологий появляется множество видов решения данной проблемы.

Одним из возможных способов повысить эффективность подготовки специалистов радиосвязи и качества образования является внедрение тренажерно-обучающей системы (ТОС) и адаптивных новейших технологий визуализации в образовательный процесс высших учебных заведений. В ее основу положены методики обучения, опирающиеся на интерактивное взаимодействие военного специалиста (оператора) с этими средствами.

Целью внедрения ТОС является повышение качества и сокращение сроков подготовки радиоспециалистов.

Использование тренажерно-обучающей системы (ТОС) направлено на формирование гибкой индивидуальной траектории подготовки военных специалистов.

Программные тренажеры применяются для формирования у специалистов радиосвязи умений работать на компьютерных моделях радиостанций, используются после теоретического изучения устройства и функционирования средств связи, но перед практической работой на радиостанциях, на учебных занятиях. Данные тренажеры позволяют создавать для каждого обучающегося условия целенаправленной активной индивидуальной осознанной контролируемой и результативной самостоятельной работы с оптимальным напряжением умственной деятельности, обеспечивающие усвоение содержания обучения на заданном уровне, развитие творческих способностей и методологическое мышления специалиста в профессиональной области.

Всю тренажерно-обучающую систему можно разделить на несколько модулей, выполняющих определенные функции при обучении.

Модуль теоретической подготовки («Обучающая система») предназначен для формирования теоретических, базовых знаний. В его основе, как пример может лежать автоматизированная виртуальная

обучающая система (АВОС), фрагменты автоматизированных обучающих систем (ФАОС), виртуальной интерактивной системы обучения (ВИСО), образовательные технологии трехмерной динамической визуализации, дополненной и виртуальной реальности.

Модуль практической подготовки («Тренажерная система») предназначен для формирования практических знаний и умений. В основе данного модуля лежат компьютерные тренажерные комплексы (КТК).

Модуль контроля предназначен для формирования индивидуальной траектории обучения, текущего контроля и самоконтроля усвоения учебного материала. Основу данного модуля составляют комплекты тестовых заданий, учебных ситуаций.

Модуль систематизации контроля учебной деятельности предназначен для автоматизации учебного процесса, формирования профессиональной компетенции обучающегося как совокупности профессионально значимых знаний, умений и навыков в предметной области изучаемой дисциплины.

ТРЕНАЖЕРНО-ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА

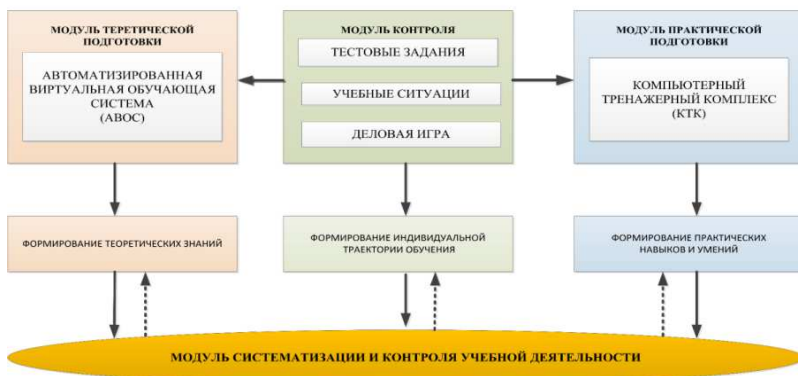


Рис. 1. Типовая модель многоуровневой системы подготовки военных специалистов

Благодаря внедрению модуля систематизации и контроля учебной деятельности в единое автоматизированное рабочее место руководителя упростятся занятия процедуры контроля обучающихся.

Современный процесс подготовки специалистов невозможен без реализации многоуровневой системы подготовки, сочетающей в себе как традиционные формы обучения (лекции, занятия), так и нетради-

ционные, с использованием инновационных способов представления информации (ТОС). Использование информационных технологий, при подготовке обучающихся, является важным направлением улучшения образовательного процесса.

За счет использования информационных технологий значительно повышается компетентность педагога и степень образования обучающихся, что играет большую роль в профессиональном росте преподавателя и повышении уровня знаний учащихся. Качество программных тренажеров, определяемое их обучающими возможностями, наличием других образовательных свойств, заслуживает высокой оценки.

Использование современной тренажерно-обучающей системы (ТОС) в системе подготовки специалистов радиосвязи позволит реализовать инновационные методы обучения, обеспечив индивидуализацию учебного процесса, интерактивное взаимодействие между обучающимся и средством информационно-коммуникационной технологии с текущим контролем успеваемости в режиме реального времени.

Применение современных средств информатизации и электронно-вычислительной техники позволяет сократить срок подготовки радиоспециалистов на треть по сравнению с традиционными методами обучения.

Подводя итоги, можно сказать, что сейчас невозможно представить образовательный процесс без каких-либо электронных информационных источников и компьютерного оборудования. Возможности использования информационных технологий не ограничены. С появлением информационных технологий в образовательном процессе повысилось качество образования, как в школах, так и в учреждениях высшего образования, и увеличилась степень доступности образования. Без них невозможно представить современную систему образования.

Библиографический список

1. Полат Е.С., Бухаркина М.Ю., Моисеева М.В. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие. – М.: Академия, 2000.
2. Информационные технологии в процессе обучения [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.griban.ru/14-informacionnyetechnologii-v-processe-obuchenija.html>

3. Современные информационные технологии в образовании [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tribuna.ru/publications/informatsionnye-tehnologii-v-obrazovanii.html>

Сведения об авторах

Карасик Наталия Яковлевна – доцент, доцент кафедры «Радиосвязь» Военной академии связи им. С.М. Буденного, Санкт-Петербург, e-mail: n_karasik@mail.ru

Колбасова Галина Сергеевна – кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Радиосвязь» Военной Академии связи им. С.М. Буденного, Санкт-Петербург, e-mail: kolbasova79@mail.ru

Семенов Алексей Сергеевич – курсант факультета радиосвязи Военной академии связи им. С.М. Буденного, Санкт-Петербург e-mail: Alexey-semenov07@yandex.ru

About the authors

Karasik Natalya Yakovlevna – Associate Professor, Associate Professor Department of radio communications Military Academy of Communications named after S.M. Budyonny, Saint Petersburg, e-mail: n_karasik@mail.ru

Kolbasova Galina Sergeevna – Ph. D. in Technical Sciences, teacher Department of radio communications Military Academy of Communications named after S.M. Budyonny, Saint Petersburg, e-mail: kolbasova79@mail.ru

Semenov Alexey Sergeevich – Cadet of the faculty of radio Military Academy of Communications named after S.M. Budyonny, Saint Petersburg, e-mail: Alexey-semenov07@yandex.ru

РЕКОНФИГУРИРОВАНИЕ ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМЫ ТЕСТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Л.А. Клейман, В.И. Фрейман

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Представлен алгоритм реконfigurирования встроенной системы тестового диагностирования. С его помощью можно повысить такие характеристики надежности энергетически автономных элементов информационно-управляющих систем, как безотказность и ремонтпригодность. Это становится возможным за счёт обоснованного распределения диагностических функций встроенной системы тестового диагностирования между элементами системы, что позволяет продлить срок службы элемента и предупредить его возможный выход из строя.

Ключевые слова: надежность, элемент, ИУС, автономность, реконfigurирование, встроенная система диагностирования

DEVELOPMENT OF THE RECONFIGURATION ALGORITHM FOR THE INTEGRATED TEST DIAGNOSTIC SYSTEM IN ORDER TO IMPROVE THE RELIABILITY OF INFORMATION AND MANAGEMENT SYSTEMS ELEMENTS

L.A. Kleiman, V.I. Freyman

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article presents the developed reconfiguration algorithm of the built-in test diagnostic system. With its help, it is possible to increase such reliability characteristics of energy-autonomous elements of information-control systems as reliability and maintainability. Due to the reasonable distribution of diagnostic functions of the built-in system of test diagnostics between system elements, it is possible to extend the life of the element and prevent its possible failure.

Keywords: reliability, element, information management systems, autonomy, reconfiguration, built-in diagnostic system.

В современном мире очень большое распространение получили информационно-управляющие системы (ИУС). Особенности такой системы являются: работа в режиме реального времени, непрерывный режим функционирования, способность разрешить нештатные

ситуации средствами самой системы. Также, в силу развития беспроводных технологий [1], ещё большее распространение получают ИУС с энергетически автономными элементами. Это означает, что к элементам системы на постоянной основе не подводится электроэнергия, а за их работоспособность отвечают аккумуляторные батареи, которые требуют периодической зарядки.

В таких системах очень распространены встроенные системы диагностирования. Это отчасти необходимо для поддержания непрерывного режима функционирования и предупреждения возможных отказов элементов системы. Особенностью встроенных систем тестового диагностирования является то, что роль агентов выполняют интеллектуальные аппаратурно-программные модули в структуре самих элементов ИУС.

Краткая идея алгоритма – обоснованное распределение диагностической нагрузки между элементами ИУС. В качестве характеристик, используемых при перераспределении диагностической нагрузки, были выбраны текущий уровень заряда батареи и загруженность процессора. Более подробное описание алгоритма дано в [2], далее – краткое описание.

1. Первым шагом алгоритма реконфигурирования является расчёт числа проверок, которые будут приходиться на каждый диагностирующий элемент в момент времени t с интервалом в Δt .

Рассчитаем общее число проверок для каждого момента времени t :

$$N_{\text{проверок}} = N_D, \quad (1)$$

где $N_D = N_{\text{кр}} + \left(N_{\text{сркр}} - \left\lfloor \frac{N_{\text{сркр}}}{2} \right\rfloor \right)$.

2. Вторым шагом является определение возможного числа проверок в данный момент времени в зависимости от текущего заряда батарей:

$$N(t)_{\text{проверок}}^{\max} = \sum_{i=1}^{N_W} N_i(t), \quad (2)$$

где $N_W = N_{\text{нкр}} + \left\lfloor \frac{N_{\text{сркр}}}{2} \right\rfloor$, а $N_i(t) = \left\lfloor \frac{P_i(t) - P_{\text{пор}}}{\Delta P_m} \right\rfloor$.

Если $N_i(t) \leq 0$, то элемент убирается из разряда диагностирующих с соответствующим оповещением АСТ. Также, если:

$$N(t)_{\text{проверок}}^{\max} < N_{\text{проверок}}, \quad (3)$$

то $N_{\text{проверок}}(t) = N(t)_{\text{проверок}}^{\max}$.

В данном случае происходит отправка уведомления о том, что не все необходимые проверки будут выполнены в текущий момент времени. Необходимые действия в данном случае – замена батарей питания.

Также если:

$$N(t)_{\text{проверок}}^{\text{max}} < 2 \times N_{\text{проверок}}, \quad (4)$$

то происходит отправка уведомления о том, что текущая проверка – последняя полная проверка (т.е. все тесты будут проведены), а следующая будет неполной.

Если первые два условия не выполнены, тогда:

$$N_{\text{проверок}}(t) = N_{\text{проверок}}. \quad (5)$$

3. Следующим шагом будет распределение нагрузки в зависимости от заряда батареи и занятости процессора в текущий момент времени.

Для этого введём несколько необходимых коэффициентов:

$$K_i^{\text{CPU}}(t) = 1 - \text{CPU}_i(t), \quad (6)$$

где $\text{CPU}_i(t)$ – загруженность CPU элемента i в момент времени t , $\text{CPU}_i(t) \in [0;1]$.

$$K_i^{\text{POW}}(t_{\text{д}}) = P_i(t_{\text{д}}), \quad (7)$$

где $P_i(t)$ – мощность заряда элемента i в момент времени t , $P_i(t) \in [0;1]$.

Таким образом, предположительное число проверок, приходящийся на элемент i :

$$N_i^{\text{пров}}(t_{\text{д}}) = \frac{K_i(t) \times N_{\text{проверок}}(t_{\text{д}})}{\sum_{i=1}^{N_{\text{W}}} K_i(t)}, \quad (8)$$

где

$$K_i(t) = \frac{K_i^{\text{POW}}(t) + K_i^{\text{CPU}}(t)}{2}.$$

4. Последним шагом является ранжирование элементов по значению $N_i^{\text{пров}}(t)$ по убыванию и выравнивание по занятости процессора. Суть данного шага в том, что равнозначное влияние коэффициента

CPU и POW может привести к тому, что предположительное число проверок окажется больше, чем число возможных проверок для данного элемента по уровню заряда батареи (используется ранжирование по убыванию числа $N_i^{\text{пров}}(t)$).

5. Проведение диагностирования согласно проведённой реконфигурации, отправка результатов на УУК. Ожидание окончания интервала диагностирования. Переход к П.1.

Входные данные алгоритма устанавливаются на этапе создания системы, исходя из класса решаемых системой задач и необходимых требований по надежности системы.

С целью проверки корректности разработанного алгоритма было разработано ПО, симулирующее работу разработанного алгоритма и показывающее сравнение с «неразумным» алгоритмом, когда вся диагностическая нагрузка ложится на «плечи» одного элемента. Назовём такой алгоритм – «1→всех».

Ниже приведены результаты работы алгоритма. При вводе входных параметров программа генерирует введённое число элементов, присваивая им случайные начальные значения заряда батареи и загрузки процессора. От этой отправной точки работают сравниваемые алгоритмы. Пример сгенерированного начального состояния представлен на рис. 1.



Рис. 1. Пример начального состояния

Результатом работы программы является график, наглядно демонстрирующий преимущества разработанного алгоритма (рис. 2).

В качестве оцениваемой характеристики было выбрано число работоспособных элементов в каждый момент времени. Красным показано число работоспособных элементов при использовании разработанного алгоритма, черным – алгоритма «1→всех».

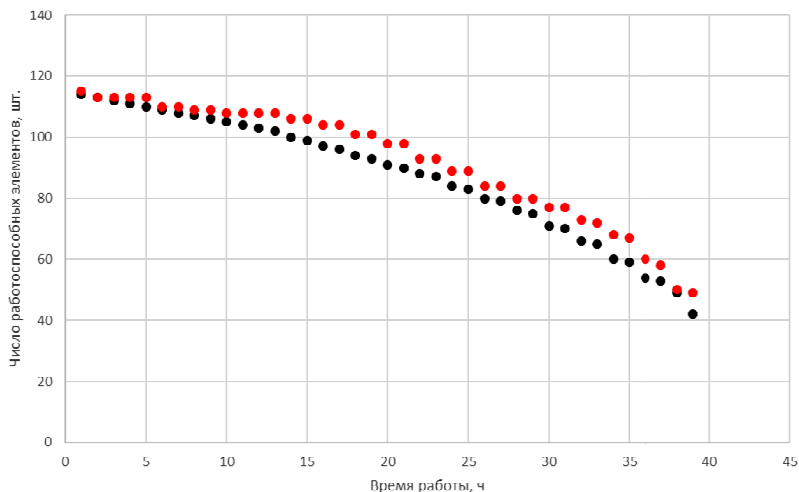


Рис. 2. Результат работы программы: красным – разрабатываемый алгоритм, чёрным – алгоритм 1→всех

Данный алгоритм позволяет повысить такие характеристики надежности энергетически автономных элементов ИУС, как безотказность и ремонтпригодность. Повышение безотказности заключается в увеличении числа работоспособных элементов в каждый момент времени, а повышение ремонтпригодности – в предварительном расчёте элементов, которые могут выйти из строя, и предупреждении операторов системы о таких ситуациях.

Библиографический список

1. Али А.А. Состояние и перспективы развития беспроводных телекоммуникационных технологий // Вестник Казанского технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19, № 1. – С. 108–110.
2. Повышение надёжности функционирования элементов информационно-управляющих систем с применением встроенных средств

диагностирования / Л.А. Клейман, Е.Л. Кон, В.И. Фрейман, А.А. Южаков // Вестник Поволжского гос. техн. ун-та. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2019. – № 3(43). – С. 29–40.

Сведения об авторах

Клейман Лев Александрович – аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: smarttty@yandex.ru

Фрейман Владимир Исакович – доктор технических наук, доцент, профессор, заместитель заведующего кафедрой «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: vfrey@mail.ru

About the authors

Kleyman Lev Alexandrovich – Graduate Student of «Automatic and Telemechanics» department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: smarttty@yandex.ru

Freyman Vladimir Isaakovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Deputy of the Head of the Chair «Automatic and Telemechanics» Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: vfrey@mail.ru

ПРОТОКОЛЫ ДОМАШНЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

А.П. Даденкова, С.А. Тюрин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрены протоколы беспроводной домашней автоматизации. Определены критерии выбора технологии и приведено описание наиболее актуальных протоколов – ZigBee и Z-Wave.

Ключевые слова: домашняя автоматизация, умный дом, ZigBee, Z-Wave.

HOME AUTOMATION PROTOCOLS

A.P. Dadenkova, S.A. Tyurin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article discusses wireless home automation protocols. Criteria for choosing a technology are defined and the most relevant protocols are described – ZigBee and Z-Wave.

Keywords: home automation, Smart House, ZigBee, Z-wave.

Активное развитие технологий передачи данных, беспроводных сетей и Интернета вещей (Internet of Things, IoT) приводит к росту популярности систем домашней автоматизации, которые позволяют решать повседневные задачи без участия человека. В настоящий момент существует несколько стандартов телекоммуникаций, которые позволяют реализовать систему «умного дома» в зависимости от конкретной задачи. Широкий выбор устройств и протоколов усложняют задачу выбора решения для автоматизации. В данной статье приводится сравнение популярных протоколов домашней автоматизации по наиболее значимым параметрам.

Понятие «умный дом» подразумевает высокотехнологичную систему, объединяющую устройства для простоты управления и мониторинга. «Умный дом» формируется в отдельно взятой квартире или частном доме и решает три основные задачи: безопасность (отключение электропитания, сигнализация), комфорт (управление бытовыми устройствами, освещением, параметрами микроклимата) и экономия (контроль расхода воды, электроэнергии).

Работа «умного дома» строится на выполнении команд, источником которых может быть как человек, так и интеллектуальная система управления. В первом случае человек управляет системой с помощью голосовых/текстовых команд, пульта управления или телефона. Во втором случае передаются команды, основанные на готовых сценариях и/или показаниях датчиков. Для определения критериев выбора подходящего протокола необходимо учесть этап реализации «умного дома». При строительстве и ремонте жилья решения автоматизации могут использовать и модифицировать кабельную систему здания, что не предусмотрено в готовом жилом помещении. Таким образом, вводится ограничение использования только беспроводной технологии. Кроме того, необходимо учесть простоту реализации системы, доступность и совместимость устройств на рынке, чтобы иметь возможность в дальнейшем изменять и дополнять систему управления «умным домом».

В результате основополагающими критериями для выбора протокола домашней автоматизации являются: беспроводная связь, низкое энергопотребление, рабочая частота, скорость передачи данных, совместимость и доступность устройств, безопасность и простота реализации. Среди основных протоколов домашней автоматизации, использующих беспроводные каналы передачи данных, можно выделить следующие: Z-Wave, Wi-Fi, ZigBee, Thread, LoRaWAN. Ниже представлена сравнительная таблица указанных протоколов по выбранным критериям (таблица).

Сравнение протоколов домашней автоматизации

	Z-Wave	Wi-Fi	ZigBee	Thread	LoRa WAN
Беспроводная связь	+	+	+	+	+
Низкое энергопотребление	+	-	+	+	+
Рабочая частота	869 МГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц	433, 868 МГц
Скорость передачи данных	100 кбит/с	300 мбит/с	250 кбит/с	250 кбит/с	0,3–11 кбит/с
Совместимость устройств	+	+	-	+/-	+
Доступность устройств	+	+	+	-	+
Безопасность	S2, AES	RC4, AES	AES	DTLS	AES
Простота реализации	+	+	+	-	+/-

Z-Wave. Протокол беспроводной связи, специально разработанный для решения задач домашней автоматизации обычными пользователями. Особенности являются защищенность от помех за счет использования частоты 869 МГц и полная взаимная совместимость устройств благодаря строгой сертификации. В дальнейшем будет рассмотрен подробнее.

Wi-Fi. Самая распространенная сетевая технология, разработанная для быстрого обмена большими объемами информации. Высокое энергопотребление не позволяет использовать Wi-Fi в автономных датчиках и переключателях, а топология «звезда» не гарантирует отказоустойчивость сети.

ZigBee. Протокол домашней автоматизации, характеризующийся низким энергопотреблением и высокой отказоустойчивостью благодаря ячеистой топологии сети. Широко применяется для реализации «умного дома», несмотря на низкую помехоустойчивость и не гарантированную совместимость устройств различных производителей из-за гибких условий сертификации. В дальнейшем будет рассмотрен подробнее.

Thread. Протокол, созданный специально для решения задач домашней автоматизации. Несмотря на высокий потенциал развития, на данный момент отсутствуют устройства, прошедшие полноценную сертификацию. К другим недостаткам можно отнести низкую помехоустойчивость из-за использования диапазона 2,4 ГГц и потенциальные проблемы с совместимостью из-за отсутствия стандартизации на прикладном уровне модели OSI.

LoRaWAN. Протокол сети с широким радиусом действия и низким уровнем энергопотребления. В городской среде одна базовая станция может покрывать до 3 км, что позволяет использовать технологию для автоматизации производств и многоквартирных домов, но для решений внутри одной квартиры является избыточным и сложным. Таким образом, наиболее подходящими для реализации умного дома остаются протоколы Z-Wave и ZigBee. Рассмотрим особенности этих протоколов более подробно.

ZigBee. Протокол ZigBee определяет только верхние уровни модели OSI – сетевой, транспортный и прикладной, физический и канальный уровень определяет стандарт IEEE 802.15.4.

Сеть (рис. 1) состоит из трех типов элементов: координатор, маршрутизатор и конечное устройство. Координатор является ключевым элементом сети, управляет всеми элементами и должен иметь

постоянное подключение к сети электропитания. Маршрутизатор является переходным звеном от координатора к окончательным устройствам, отвечает за передачу пакетов и также работает от сети. К окончательным устройствам относятся датчики, переключатели и прочие элементы, которые работают от батарей.

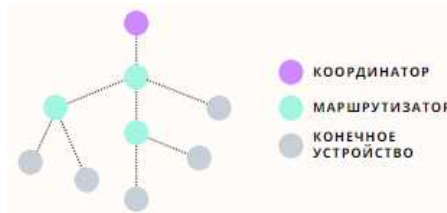


Рис. 1. Структура сети ZigBee

Структура пакета на физическом уровне модели OSI описывается стандартом IEEE 802.15.4 и показана на рис. 2 [1].



Рис. 2. Структура пакета на физическом уровне

В заголовке хранится длина поля данных. Это необходимо для того, чтобы сразу после окончания передачи данных или управляющей команды устройство, работающее от батареи, могло перейти в спящий режим. Чем быстрее это происходит, тем дольше устройство может работать от одного элемента питания. Общая структура кадра на канальном уровне показана на рис. 3 [1]. В зависимости от содержания пакета (данные, маячки установки соединения, подтверждение, управляющая команда), его структура и размеры блоков могут изменяться.



Рис. 3. Общая структура кадра на канальном уровне

Формирование сети ZigBee может происходить на канальном или сетевом уровнях. В первом случае происходит обмен специальными сообщениями (так называемыми маячками) между новым устройством и маршрутизатором или координатором. При этом передача пакетов происходит без какой-либо защиты, что приводит к уязвимости данных. Во втором случае происходит обмен пакетами «запрос подключения» и «ответ на запрос подключения» на сетевом уровне. Это называется повторное сетевое подключение, так как используется зачастую для подключения устройства, которое уже было в данной сети и имеет конфигурационные параметры (ключ сети), но также может использоваться для первичного соединения устройств, если при настройке указать данный параметр.

Маршрутизация в сети может происходить по двум алгоритмам: иерархическому или по протоколу AODV. В первом случае передача пакета происходит по цепочке через устройство верхнего уровня (координатор). Во втором при настройке сети рассылается широковещательный запрос для поиска минимального логического расстояния между узлами.

Z-Wave. Протокол Z-Wave определяет все уровни модели OSI, что гарантирует высокий уровень совместимости устройств различных производителей.

Сеть (рис. 4) состоит из контроллера и конечных устройств двух видов: модули с постоянным питанием и модули с питанием от батарей. Аналогично координатору, контроллер является ключевым элементом сети, управляет всеми элементами и должен иметь постоянное подключение к сети электропитания. Модули с постоянным питанием строят ячеистую топологию сети и обеспечивают передачу данных между контроллером и модулями с питанием от батарей.

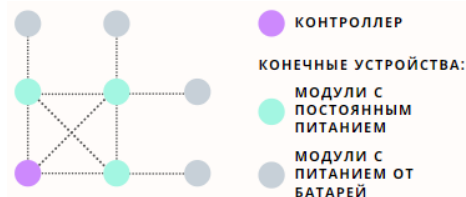


Рис. 4. Структура сети Z-Wave

Общая структура пакета на физическом уровне модели OSI описывается рекомендацией ITU-T G.9959 и показана на рис. 5 [2].

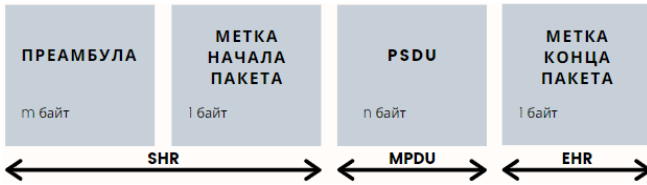


Рис. 5. Общая структура пакета на физическом уровне

Поле преамбулы отвечает за синхронизацию передачи, метки начала и конца пакета необходимы для обозначения границ поля данных, так как его размер может изменяться.

Общая структура кадра на канальном уровне показана на рисунке 6 [2]. Структура и размеры блоков могут меняться в зависимости от одноадресной и многоадресной передачи; пакет формата «подтверждение» использует общую структуру, но MSDU может иметь длину 0 байт.



Рис. 6. Общая структура кадра на канальном уровне

Формирование сети проводится в два этапа. Вначале происходит раздача идентификаторов при подключении устройств, затем создание карты сети. При подключении устройство получает от контроллера Home ID и Node ID. Home ID – это идентификатор сети (назначается производителем), Node ID – идентификатор узла, уникальный в рамках сети.

Так как таблица маршрутизации и карта сети хранятся на контроллерах, они отвечают за выбор пути следования пакета. Маршрут хранится в сообщении и используется для прямой и обратной отправки пакетов, таким образом, каждый элемент цепочки знает следующий узел передачи. При этом в случае ошибки отправки или отсутствия подтверждения происходит обновление карты сети и поиск новых маршрутов.

В результате проведенного сравнения можно сделать вывод, что наилучшими вариантами для реализации домашней автоматизации являются протоколы ZigBee и Z-Wave, каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками.

Библиографический список

1. IEEE 802.15 WPAN Task Group 4 (TG4)
2. Recommendation ITU-T G.9959. Short range narrow-band digital radiocommunication transceivers – PHY, MAC, SAR and LLC layer specifications/

Сведения об авторах

Даденкова Алена Павловна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: dadenkovaa@yandex.ru

Тюрин Сергей Александрович – старший преподаватель кафедры «Автоматика и телемеханика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, e-mail: tiurinsa@yandex.ru

About the authors

Dadenkova Alena Pavlovna – Master Student of Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: dadenkovaa@yandex.ru

Tyurin Sergey Aleksandrovich – Senior Lecturer of the department Automatics and telemechanics Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: tiurinsa@yandex.ru

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПЛАНА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ НАГРУЗКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Г.А. Толмачев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Представлена программа для автоматического формирования индивидуального плана преподавателей на основе составленной нагрузки. Программа позволит сократить время преподавателей, затрачиваемое на составление индивидуального плана и снизить вероятность ошибок при планировании нагрузки. Формируемые в программе данные могут быть в дальнейшем использованы для автоматического распределения не учебной нагрузки.

Ключевые слова: автоматизация документооборота, индивидуальный план преподавателя, нагрузка преподавателя.

AUTOMATIC FORMATION OF AN INDIVIDUAL PLAN OF TEACHERS BASED ON THE LOAD OF TEACHERS

G.A. Tolmachev

Perm National Research Polytechnic University, Perm

The paper presents a program for automatic formation of an individual plan of teachers on the basis of the compiled load. The program will reduce the time spent by teachers on the preparation of an individual plan and reduce the likelihood of errors in load planning. The data generated in the program can be further used for automatic distribution of non-training load.

Keywords: automation document flow, individual plan of the teacher, the teacher's load.

В современном мире перед преподавателями стоит задача организации своей трудовой деятельности, включающей учебную и другие виды нагрузки. Индивидуальный план преподавателя – это документ, позволяющий организовать нагрузку преподавателя и обеспечить ее оптимальное распределение, включая учебно-методическую, научно-исследовательскую и другие виды работ. Для того чтобы автоматизировать процесс заполнения индивидуального плана и сократить время, затрачиваемое на планирование, разработана соответствующая программа. Внедрение систем электронного документооборота в вузе является актуальной задачей [1–2], что позволяет повышать уровень ав-

томатизации организационной деятельности в вузе и таким образом повышать эффективность работ.

Программа разработана на языке VBA (для MS Excel). С помощью программы можно заполнить индивидуальный план преподавателя на основе его нагрузки. Для заполнения требуется файл, в котором есть таблица с нагрузкой преподавателя. Результат автоматически выводится на экран. На рис. 1 представлено главное окно программы, открывающееся после открытия файла.

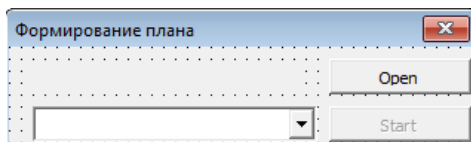


Рис. 1. Интерфейс программы

После нажатия кнопки «Open» открывается окно выбора файла с нагрузкой преподавателей кафедры (рис. 2).

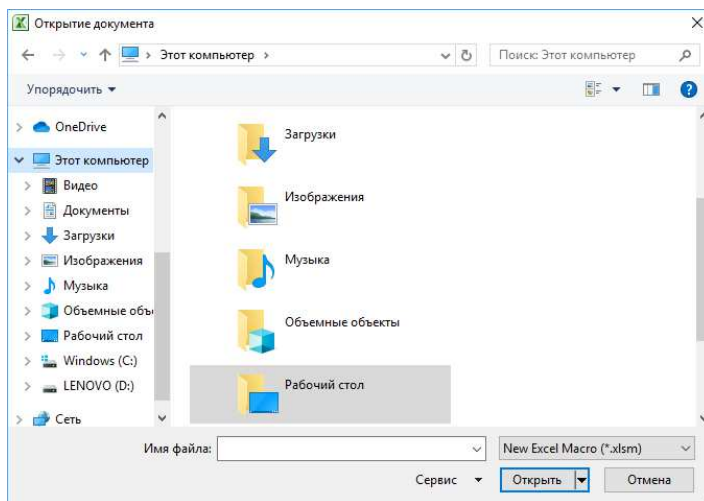


Рис. 2. Окно выбора файла с нагрузкой преподавателей кафедры

После загрузки в программу файла с нагрузкой преподавателей кафедры необходимо выбрать в выпадающем меню фамилию преподавателя и нажать клавишу «Start». В результате формируются две таблицы для первого и второго семестров с заполненной учебной нагрузкой (рис. 3).

№ п.п.	Наименование дисциплины	Факультет, специальность, группа	Количество			Количество часов по видам								Примечания			
			курс	подготовлен групп	студентов	Лек	Лаб	КСР	Экс	Пр	Зач	Диф.Зач	Рубеж.КР		Уч.Пр	Контр.Раб	Всего
1	Информатика	ХТФ АТП -19-16			25	18	64	4	11							97	
2	Учебно-исследовательская работа	ХТФ АТП -19-16			25					4	32	6				42	
3	Интегрированные системы проектирования и управления	ХТФ АТП -16-16			14		50	0				0				50	
		ХТФ АТП -16-1.26			19	0										0	
4	ИГА	ХТФ АТП -16-26			19		100	0				0				100	
4	ИГА	ХТФ АТП -16-16			1								14			14	
5	Итоговая государственная аттестация	ХТФ АТП -16-26			1								14			14	
6	ИГА	ХТФ АТП -18-1м			1								31			31	
7	НИР	ХТФ АТП -18-1м			1					6						6	
8	Программная инженерия	ХТФ АТП -19-1м			10	32	36	4	6							78	
		ХТФ АТП -19-16			25								72			72	
9	Информатика	ХТФ АТП -19-16з			15	4	6	2	7						8	27	
10	Учебно-исследовательская работа	ХТФ АТП -19-16з			15			2		4	4					8	18
11	ИГА	ХТФ АТП -15-16з			1								14			14	
	Итого за 2 семестр	Поручено			172	54	256	16	24	42	10	0	73	72	16	563	
		Выполнено															

Рис. 3. Фрагмент сформированного раздела индивидуального плана преподавателя

Разработанная программа с открытым кодом позволяет автоматизировать выполнение рутинных операций при планировании работ преподавателем, формируемые в программе данные могут быть использованы для автоматического планирования и оптимизации других видов работ преподавателя.

Библиографический список

1. Нестерова Н.С., Новикова Н.А. Система электронного документооборота кафедры вуза // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – Вып. 110. – С. 329–338.
2. Пономарев К.А., Перевалов Е.В. Система электронного документооборота как инструмент повышения качества документооборота вуза // Научно-практические аспекты развития современной техники и технологий в условиях курса на инновации: материалы международной науч.-практ. конф. г. Магнитогорск, 4 декабря 2017 г. – Магнитогорск, 2017. – С. 232–234.

Сведения об авторе

Толмачев Григорий Андреевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: g.a.tolmachev@gmail.com

About the author

Tolmachev Grigorij Andreevich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: g.a.tolmachev@gmail.com

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИМ ЛАЗЕРНЫМ СКАЛЬПЕЛЕМ

А.А. Карулин, А.В. Тарутин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрены аспекты автоматизации процесса управления медицинским лазерным скальпелем. В статье про медицинский лазерный скальпель рассматриваются его сферы применения, принцип работы пульта и блока управлений, из каких элементов состоит система. Статья адресована людям, занимающимся разработкой, сопровождением программного обеспечения и автоматизированных систем в сфере медицинского оборудования.

Ключевые слова: лазерный скальпель, лазерный блок, биологические ткани, лазерное излучение, медицинские операции.

AUTOMATION OF MEDICAL LASER SCALPEL CONTROL

A.A. Karulin, A.V. Tarutin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

In this article aspects of automation of process of management of a medical laser scalpel are considered. The article about the medical laser scalpel discusses its: scope; the principle of operation of the console and control unit; what elements the system consists of. The article is addressed to people engaged in the development, maintenance of software and automated systems in the field of medical equipment.

Keywords: laser scalpel, laser unit, biological tissues, laser radiation, medical operations.

Объектом исследования является медицинский лазерный скальпель (МЛС). Целью статьи является описание разработанного программного пульта управления работой МЛС. В процессе работы проводилось исследование сфер применения, анализ параметров, обоснование создания МЛС. В результате исследования был разработан программный пульт управления работой МЛС с поддержкой касаний.

Значимость разработки пульта управления МЛС заключается в осуществлении полного контроля над устройством вплоть до аварийного завершения работы при обнаружении неполадок.

Лазерная медицина – раздел медицины, изучающий влияние лазерного излучения на ткани и биологические объекты и разрабатывающий методы его применения с лечебно-профилактическими целями.

Основными направлениями лазерной медицины являются: исследования патогенетических механизмов взаимодействия лазерного излучения с биотканями, экспериментально-клинические испытания и внедрение в клиническую практику новых методов лечения с использованием лазерного излучения, а также новых типов лазерной медицинской техники [1].

Исследования в использовании лазеров в медицине начались в шестидесятых годах прошлого века. Тогда же и появились первые лазерные медицинские аппараты: устройства для облучения крови. Первые работы по применению лазеров в хирургии в СССР были проведены в 1965 г. в МНИОИ им. Герцена совместно с НПП «Исток» [2].

Портативные лазерные приборы новейшего поколения работают в непрерывном и импульсных режимах, снабжены компьютерными блоками управления, что существенно расширяет возможности лазерной терапии.

Особенности взаимодействия МЛС с биологическими тканями:

- отсутствие прямого контакта инструмента с тканью, минимальная опасность инфицирования;
- сконцентрированное действие излучения позволяет получить практически бескровные разрезы, останавливать кровотечение из кровотокащих ран;
- стерилизующее действие излучения является профилактическим средством инфицирования операционного поля и развития послеоперационных осложнений;
- возможность управления параметрами лазерного излучения позволяет получать необходимые эффекты при взаимодействии излучения с биологическими тканями;
- минимальное воздействие на близлежащие ткани.

В настоящее время лечение лазерами используется во всех разделах медицины. Наиболее широкое применение лазерные технологии нашли в офтальмологии, стоматологии, общей, сосудистой и пластической хирургии, урологии, гинекологии.

Блок-схема БУ представлена на рис. 1.

Блок управления (БУ) лазером построен на базе одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi 2 и платы с микроконтроллером STM32,

к портам которой непосредственно подключен лазер. БУ содержит также сенсорный дисплей, интерфейсную плату, драйвер лазерных диодов 525 нм. Работа БУ контролируется программой, работающей в среде операционной системы Linux. Питание БУ осуществляется от двух блоков питания – 5 В, 2 А через разъемы USB/microUSB и силового блока питания лазерной головки. Излучателем звуковых сигналов является активная акустическая система.

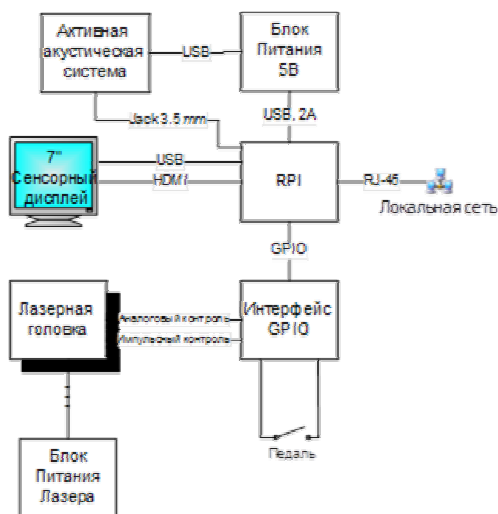


Рис. 1. Блок-схема блока управления

Пульт управления МЛС входит в состав комплекса под названием «Зеленый лазер». Данный прибор разрабатывается на предприятии ПНППК.

Целесообразность разработки ПО пульта управления МЛС заключается:

- в наличии сенсорного экрана, на котором можно отобразить интерфейс пульта и управлять его работой с помощью касаний;
- в наличии микрокомпьютера под управлением операционной системы Linux, на которой можно запустить ПО;
- в предоставлении возможности включать, выключать пилотный и зеленый лазеры;
- в предоставлении возможности издания звуковых сигналов при включении и выключении зеленого лазера;

- в предоставлении возможности задания параметров работы устройства в виде лазерных программ;
- в предоставлении возможности задавать название программы с помощью сенсорной клавиатуры приложения;
- в предоставлении возможности сохранять, изменять, удалять лазерные программы;
- в предоставлении возможности регулировать выбранное значение параметра с помощью энкодера, в режимах изменений позиции курсора и числа;
- в осуществлении немедленной аварийной остановки работы лазера при обнаружении неполадок, таких как: отсутствие связи между миникомпьютером и лазерным блоком; получение неверного ответа от лазерного блока на посланную команду лазерным блоком;
- в отображении текущей даты, времени наработки и экспозиции лазера.

Макет пульта управления МЛС представлен на рис. 2.

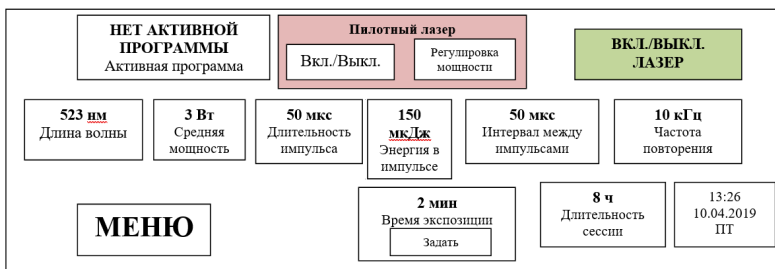


Рис. 2. Внешний вид экрана с блоками управления

При нажатии на блок «Вкл/Выкл» на блоке «Пилотный лазер» обеспечивается включение или выключение работы пилотного лазера. При активации блока «Регулировка мощности» активируется возможность регулировки мощности пилотного лазера (шаг регулировки 0,5 мВт уточняется на этапе разработки) при помощи энкодера. Настройка параметра заканчивается нажатием кнопки, блок становится неактивным.

В блоке «Средняя мощность» обеспечивается задание и отображение средней мощности лазерного излучения от 0,5 до 3 Вт с шагом регулирования по току не более 0,5 А при помощи энкодера. Настройка параметра заканчивается нажатием кнопки, блок становится неактивным.

При активации блока «Длительность импульса» активируется возможность регулировки длительности импульсов от 50 мкс до 50 мс (шаг регулировки 10 мкс) при помощи энкодера. Настройка параметра заканчивается нажатием кнопки, блок становится неактивным.

При активации блока «Частота повторения импульсов» активируются возможности регулировки длительности импульсов от 10 кГц до 10 Гц (шаг регулировки 0,1 Гц) при помощи энкодера. Настройка параметра заканчивается нажатием кнопки, блок становится неактивным.

В блоке «Интервал между импульсами» отображается величина временного интервала между двумя импульсами, рассчитанная по формуле:

$$t = \frac{1}{\nu - \tau}, \quad (1)$$

где ν – частота повторения импульсов, Гц; τ – длительность импульса, с.

Значение интервала между импульсами меняется автоматически при изменении одного из настраиваемых параметров.

В блоке «Энергия в импульсе» отображается величина энергии в одном импульсе, рассчитанная по формуле:

$$E_{\text{имп}} = P_{\text{ср}} \cdot \tau, \quad (2)$$

где $P_{\text{ср}}$ – средняя мощность, Вт.

В блоке «Время экспозиции» предусмотрена возможность задания времени работы лазера, и его обратный отсчет до окончания сеанса. Если время оператором не задано, предусмотрено отображение отсчета времени активной работы лазера.

В блоке «Длительность сессии» предусмотрен отсчет времени, когда ключ активации лазера находится в открытом положении.

Имеется энергонезависимая память, позволяющая ввести протокол использования прибора.

Программное обеспечение обеспечивает работу активной акустической системы, т.е. подачу звуковых сигналов при включении и окончании работы лазера.

Блок «Меню» является раскрывающимся и содержит в себе пункты «Сохранить», «Выбрать», «Ручной режим», «Температура лазерного диода». При выборе строки «Сохранить» отображается клавиатура для возможности введения названия программы. При выборе строки «Выбрать» выпадает список всех сохраненных режимов с возможностью прокрутки списка с левой стороны окна. Необходи-

мо обеспечить сохранение не менее 30 режимов работы (сохранение настроечных параметров). При выборе строки «Ручной режим» появляется возможность ручной настройки параметров. При выборе строки «Температура лазерного диода» активируется возможность задания температуры элементов Пельтье, обеспечивающих температурную стабилизацию лазерных диодов, в интервале температур от 20 до 35 °С (шаг регулировки 1 °С) при помощи энкодера. Настройка параметра заканчивается нажатием кнопки, блок становится неактивным.

В блоке «Длина волны» отображается текущая длина волны лазерных диодов, которая зависит от заданной температуры элементов Пельтье, меняется автоматически при настройке этого параметра.

В блоке «Активная программа» отображается название выбранного в последний раз режима. Если режим не выбран или управление переведено в «Ручной режим», отображается состояние «Нет активной программы». Если в блоке выбран сохраненный режим, в блоках задания параметров автоматически отображаются сохраненные настройки.

Предусмотрен вывод на экран текущего времени и даты в формате «время, дата, день недели».

Прибор имеет возможность программной активации работы лазера помимо запуска при помощи педали. Для этого предусмотрен блок «Вкл./Выкл. лазера», при помощи которого оператор может запустить лазер без использования педали. При этом, как и в случае с педалью при подаче лазерного излучения, включается сигнальный красный светодиод на корпусе прибора.

Работа по управлению МЛС состоит из следующей последовательности:

– *Запуск прибора для управления лазером.* После подключения к сети лазерного комплекса и нажатии врачом кнопки включения, основываясь на требованиях к эксплуатации оборудования и руководстве оператора, осуществляется запуск лазерного комплекса, а именно: включение мини-ПК с отображением процесса загрузки ОС и ПО пульта управления лазером в виде графической заставки со статус-баром;

– *Загрузка, платы с МК со встроенным ПО управления лазерным прибором на физическом уровне.* После завершения запуска аппарата испускается сигнал, сообщающий, что все компоненты системы готовы к работе;

– *Задание параметров лазерной программы.* Врач, основываясь на сведениях о пациенте и предстоящей операции, на сенсорном экране прибора задает значения параметров лазерного излучения, которые при желании могут быть сохранены в виде программы. После того, как все параметры настроены, врач включает пилотный лазер и прицеливается на необходимый для разрезания участок кожного покрова. Затем оператор нажимает на кнопку включения зеленого лазера. Запуск сопровождается звуковым сигналом. Значения параметров отправляются в виде пакета к плате с МК. Далее приходит ответ от платы с МК, сообщающий об успешном получении пакета или ошибке. В процессе работы пульта ведется логирование событий;

– *Управление работой лазера.* После того, как врач повернул ключ зажигания, разрешающий работу лазера, и нажал на педаль, МК начнет преобразовывать полученные значения параметров от пульта в аналоговые сигналы, которые затем передадутся к плате драйвера лазерных диодов.

– *Испускание лазерного излучения.* После получения управляющих сигналов драйвер лазерных диодов испускает луч зеленого лазера в точку, куда указывает пилотный лазер. Данный луч осуществляет разрез ткани.

В результате в статье рассмотрены вопросы, касающиеся применения лазерных скальпелей в медицине для лечения заболеваний и удаления различных дефектов. Обосновано создание пульта управления МЛС. Описано назначение комплектующих, которые входят в блок управления скальпелем. Разобрано назначение компонентов, входящих в ПО пульта управления МЛС. Приведено описание работы по взаимодействию пульта управления МЛС с остальными компонентами БУ.

Библиографический список

1. Большая российская энциклопедия. Лазерная медицина [Электронный ресурс]. – URL: <https://bigenc.ru/medicine/text/2131774> (дата обращения: 27.10.19).

2. Главный хирургический портал. Все за и против лазерной хирургии: плюсы и минусы применения лазеров в медицине [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.operabelno.ru/vse-za-i-protiv-lazernoj-xirurgii-plyusy-i-minusy-primeneniya-lazerov-v-medicine> (дата обращения: 28.10.19).

Сведения об авторах

Карулин Александр Анатольевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: karulin.ru@gmail.com

Тарутин Анатолий Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: itas-pnpu@yandex.ru

About the authors

Karulin Aleksandr Anatol'yevich – Student of Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: karulin.ru@gmail.com

Tarutin Anatoliy Vladimirovich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Information Technologies and Automated Systems department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: itas-pnpu@yandex.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ПОТОКОВ

П.В. Давиденко, Л.М. Давиденко

Инновационный Евразийский университет, Павлодар, Казахстан

Рассмотрены общие аспекты разработки и реализации базы данных для отслеживания финансовых потоков на микроэкономическом и макроэкономическом уровнях. Освещены подходы к содержательной стороне банка данных в зависимости от назначения информации и предпочтений пользователей. Результаты могут быть применены на практике в условиях формирования евразийского партнерства.

Ключевые слова: база данных, цифровые технологии, финансовые потоки.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INFORMATION DATABASE FOR MONITORING FINANCIAL STREAMS

P.V. Davidenko, L.M. Davidenko

Innovative University of Eurasia, Pavlodar, Kazakhstan

This article discusses the general aspects of the development and implementation of a database for tracking financial flows at the microeconomic and macroeconomic levels. The approaches to the content side of the data bank are described depending on the purpose of the information and user preferences. The results can be put into practice in the context of the formation of the Eurasian partnership.

Keywords: database, digital technology, financial flows.

Цифровизация затрагивает важные сферы экономической деятельности, включая управление финансовыми потоками на уровне физических, юридических лиц и государства. Проблемы управления инвестициями промышленных компаний, депозитной и кредитной политикой банков второго уровня, государственного и межгосударственного контроля над товарооборотом предопределяют актуальность проектирования и реализации информационной базы данных для отслеживания многочисленных финансовых потоков.

Особое значение информационная база приобретает в условиях развития евразийского партнерства (таблица).

Назначение информационной базы данных для отслеживания финансовых потоков

Функциональное назначение базы данных	Связанные элементы базы данных	Авторы исследований
Развитие банковского сектора	Виды международного банковского кредитования, динамика иностранных прямых инвестиций	Смыслов Д.В. [1]
Диверсификация трансграничных операций	Внутриструктурные взаимосвязи трансграничных финансовых потоков, их поведение в пространственно-временном измерении	Желтоносов В.М., Бондарев Д.Г. [2]
Отслеживание межгосударственных денежных переводов (евразийское партнерство)	Динамика денежных переводов в качестве каналов перераспределения финансовых и трудовых ресурсов в странах ЕАЭС	Навой А.В. [3]
Оценка динамики и структуры трансграничных денежных переводов физических лиц (дальнее зарубежье)	Движение финансовых потоков между российскими домохозяйствами резидентов, нерезидентов и странами дальнего зарубежья	Щеглова С.С. [4]
Международное разделение труда, развитие виртуальной трудовой миграции	Трансграничные денежные переводы в глобальных финансовых потоках стран экономического пояса Великого шелкового пути	Иванова С.Н. [5]
Оценка трансграничного движения капитала на изменение денежно-кредитной политики России	Процентная ставка как инструмент регулирования денежно-кредитной политики	Лузгина Ю.В. [6]
Влияние инноваций на либерализацию финансовых рынков, стимулирование налоговых выплат	Транспортные и коммуникационные издержки в качестве стимулирования мобильности частных инвестиций в трансграничной среде	Косов М.Е. [7]

Проектирование и реализация базы данных возможны с применением специальных инструментов, которые могут быть адаптированы к конкретным условиям функционирования хозяйственных субъектов. В настоящее время передовые научно-исследовательские институты ставят в основу изысканий разработку организационно-экономического механизма системы сбора, хранения и анализа информации о трансграничных финансовых потоках. В качестве элементов такого механизма можно назвать совокупность технических параметров информационной платформы (рис. 1).

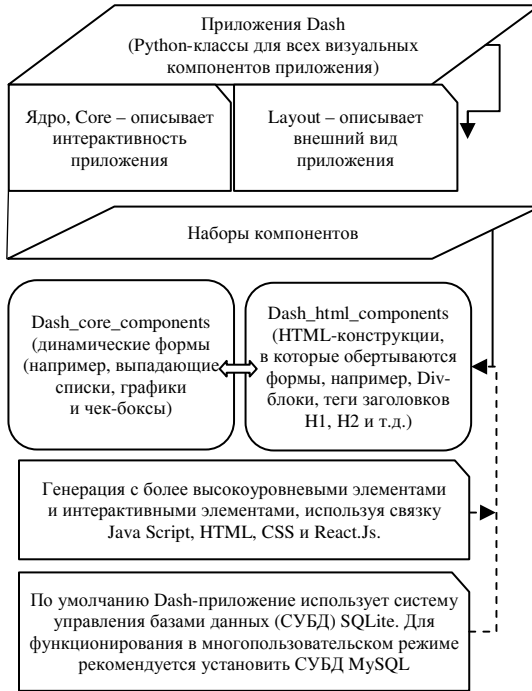


Рис. 1. Параметры информационной платформы

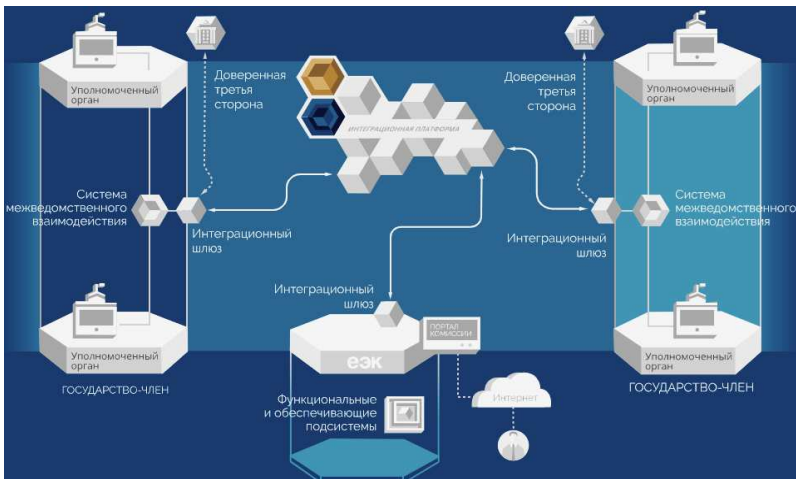


Рис. 2. Структура информационной системы ЕАЭС [8]

Специалисты считают, что применение аналитики Big Date позволит производить оценку входящего финансового потока, при этом важно заранее определить методы сбора и систематизации индикаторов роста прямых инвестиций, депозитов и заемных средств. Анализ исходящего финансового потока может основываться на оценке степени превосходства депозитов над заемным капиталом хозяйственных субъектов и стран. Данный способ реализации информационной базы данных для отслеживания финансовых потоков с достаточной легкостью вписывается в платформенную модель Евразийского экономического союза (ЕАЭС) (рис. 2).

В качестве перспектив развития информационной базы данных для отслеживания финансовых потоков в рамках евразийского партнерства можно обозначить многокомпонентную оболочку, способную в режиме реального времени объединить информацию по прямому и обратному движению капитала, тем самым ускорить цифровизацию глобальной экономической системы.

Библиографический список

1. Смыслов Д.В. Эволюция глобализации мировой экономики: современные тренды // Мировая экономика и международные отношения. – 2019. – Т. 63, № 2. – С. 5–12.

2. Желтоносов В.М., Бондарев Д.Г. Структурный анализ динамики трансграничных финансовых потоков // Экономический анализ: теория и практика. – 2010. – № 7(172). – С. 36–40.

3. Навой А.В. Статистика трансграничных денежных переводов физических лиц. Методологические подходы и аналитические возможности // Статистика – язык цифровой цивилизации: сб. докладов II Открытого российского статистического конгресса: в 2 т. Т. 1. – 2018. – С. 86–99.

4. Щеглова С.С. Трансграничные переводы физических лиц // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. – 2019. – № 2(47). – С. 119–126.

5. Иванова С.Н. Об интеграционной активности в зоне влияния Великого Шелкового пути // Фундаментальные исследования. – 2019. – № 9. – С. 27–31.

6. Лузгина Ю.В. Причины колебаний трансграничных потоков капитала // Вестник Сибирского гос. ун-та путей сообщения: гуманитарные исследования. – 2018. – № 2(4). – С. 17–22.

7. Косов М.Е. Проблема бегства капитала и пути ее решения // Финансы и кредит. – 2019. – Т. 25, № 1(781). – С. 55–69.

8. Интегрированная информационная система ЕАЭС // Официальный сайт Евразийского экономического союза (интегрированная система) [Электронный ресурс]. – URL: <http://system.eaeunion.org/>

Сведения об авторах

Давиденко Павел Васильевич – студент Инновационного Евразийского университета, Павлодар, Казахстан, e-mail: pd166@mail.ru

Давиденко Людмила Михайловна – кандидат экономических наук, ассоциированный профессор, доцент кафедры «Бизнес и управление» Инновационного Евразийского университета, Павлодар, Казахстан, e-mail: davidenkolm@rambler.ru

About the authors

Davidenko Pavel Vassilyevich – Student of Innovative University of Eurasia, Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: pd166@mail.ru

Davidenko Lyudmila Mikhailovna – Ph.D. in Economics, Associate Professor of Business and Management department, Innovative University of Eurasia, Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: davidenkolm@rambler.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

В.О. Рытикова, И.В. Пурнак

Уральский федеральный университет им. первого
Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург

Рассматриваются понятия: информационной технологии (ИТ), цели ИТ, новых информационных технологий (основные из них). Более детально рассказывается о технологии интеллектуального анализа данных, а именно datamining: описание, сферы применения и перспективы развития.

Ключевые слова: информационные технологии, datamining, интеллектуальный анализ данных, ИТ.

TECHNOLOGY OF INTELLECTUAL DATA ANALYSIS

V.O. Rytikova, I.V. Purnak

Ural Federal University named after the first President
of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg

The purpose of the article is also the concept of new information technologies and the main elements of them. Data mining, namely data analysis: description, scope and development prospects.

Keywords: information technology, data mining, IT.

Практически любой современный человек не представляет жизни без информационных компьютерных технологий. Человек и технологии настолько переплелись в своем взаимодействии, что этот симбиоз стал необходим для обоих.

Однако еще в начале развития технологий человечество было вынуждено искать закономерности и паттерны данных собственноручно. Теорема Байеса относится к первым методам определения закономерностей и шаблонов в системе Регрессионного анализа.

Первые цифровые базы данных и записей информации появились в 80-х годах. Но возникла другая потребность – ускорение поиска и ориентирования в этих базах данных. По большому счету развитие технологии анализа данных шло по пути прикладного значения. В на-

ши дни технология анализа данных (DataMining) изменилась, упростилась и усовершенствовалась до уровня автоматического анализа посредством выявления шаблонов и закономерностей в данных.

Информационные технологии – методы и способы поиска, сбора, накопления, обработки и хранения данных посредством применения электронно-вычислительных машин [1]. Главная задача и цель информационных технологий – это структурирование информации для использования человеком при принятии управленческих решений и других действий, связанных с данной информацией. Новые информационные технологии – технологии нового уровня, которые позволяют человеку в упрощенной форме анализировать данные и принимать решения. Новые технологии позволяют более точно и быстро проводить анализ и прогнозирование данных, открывая возможность принимать решения быстро и правильно [2].

Интеллектуальный анализ данных – это информационная технология, суть которой заключается в поиске и выявлении качественных данных и общей массы информации. DataMining – это процесс поиска и анализа в еще не обработанных, не готовых данных качественной информации, или качественных знаний, необходимых для применения в сфере человеческой деятельности по какому-либо запросу и требованию (рисунок) [3].

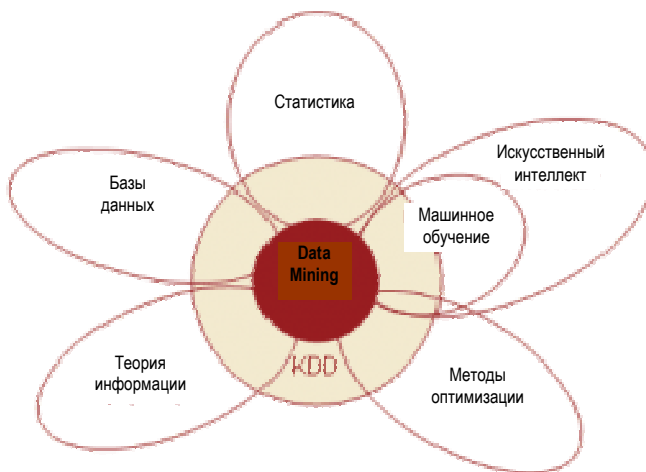


Рис. DataMining как мультидисциплинарная область [3]

Цели и задачи, которые решает технология DataMining [4]:

- классификация информации (данных);
- кластеризация информации;
- сокращение описания данных;
- поиск повторяющихся данных (шаблонов);
- прогнозирование данных;
- анализ отклонений данных от нормы;
- визуализация информации.

В наши дни технология DataMining применяется во всех основных сферах человеческой деятельности, по большому счету – там, где используются старые данные прошлых лет [5]:

- в сфере бизнеса. Страхование, производство, банковское дело, маркетинг и т.п.;
- в сфере государственного управления. В основном для поиска и обнаружения лиц, нарушающих закон;
- в сфере научных разработок и исследований;
- в интернете.

Технология DataMining успешно продолжает развиваться и сейчас. Множество крупных компаний в сфере цифровых технологий принимают участие в её развитии, в том числе и компания Microsoft, которая издает специальный цифровой журнал, посвященный DataMining, разрабатывает собственные продукты и проводит семинары и конференции.

Стоимость продукта на базе DataMining составляет от тысячи до десяти тысяч долларов, а количество установок данных продуктов насчитывает десятки тысяч. В основном сфера деятельности технологии DataMining направлена как интеллектуальное приложение для хранилища информационных данных компаний. Технология DataMining имеет множество методов решений поставленных задач, но в основном приоритет использования технологии смещается в сторону поиска алгоритмов в данных if-then правил. Результаты поиска таких алгоритмов легко объясняются [6].

На данный момент новые информационные технологии играют огромную роль в современных международных отношениях. Без них полное теоретическое осмысление международных отношений просто невозможно.

Datamining (с англ. добыча данных) – это автоматизированный поиск данных, основанный на анализе огромных массивов информации. Это круговорот взаимодополняющих и последовательных шагов, которые помогают идентифицировать, решить и определить новую задачу.

В статье приведено краткое описание понятия информационных технологий и более детальное рассмотрение перспективной технологии интеллектуального анализа данных.

Библиографический список

1. Понятие информационной технологии (ИТ): определение, основные принципы и инструментарий [Электронный ресурс]. – URL: <https://cde.osu.ru/demoversion/course157/text/1.2.html> (дата обращения: 21.12.2019).

2. Новые информационные технологии [Электронный ресурс]. – URL: <http://zsj.ru/novyie-informatsionnyie-tehnologii.html> (дата обращения: 21.12.2019).

3. BaseGroupLabs – Технологии анализа данных [Электронный ресурс]. – URL: <https://basegroup.ru/community/articles/data-mining> (дата обращения: 22.12.2019).

4. DataMining: что внутри [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/post/95209/> (дата обращения: 23.12.2019).

5. Интуит, национальный открытый университет [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/6/6/lecture/170> (дата обращения: 23.12.2019).

6. DataMining – интеллектуальный анализ данных [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.inftech.webservis.ru/it/database/datamining/ar2.html> (дата обращения: 24.12.2019).

Сведения об авторах

Рыткова Виктория Олеговна – магистрант кафедры «Школа профессионального и академического образования» Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, e-mail: vsamolova96@mail.ru

Пурнак Ирина Владимировна – магистрант кафедры «Школа профессионального и академического образования» Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, e-mail: arina.purnak@rambler.ru

About the authors

Rytikova Victoria Olegovna – Student of the Department "School of professional and academic education", Institute of Radioelectronics and information technologies-RTF, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, e-mail: vsamolova96@mail.ru

Purnak Irina Vladimirovna – Master's Student of the Department "School of professional and academic education", Institute of Radioelectronics and information technologies-RTF, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, e-mail: arina.purnak@rambler.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТЕСТОВОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

И.С. Полевщиков

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Статья посвящена решению актуальной задачи, связанной с развитием научных исследований в области моделирования жизненного цикла (ЖЦ) тестовой документации и совершенствования средств информационной поддержки ЖЦ. Предложен подход к моделированию ЖЦ с применением марковских графов, что позволит исследовать ЖЦ документов (в частности, тест-кейсов, отчетов о дефектах) с целью повышения эффективности нахождения и исправления ошибок в программном обеспечении (ПО). Описаны функциональные возможности подсистемы автоматизированной системы управления процессом тестирования ПО, предназначенной для информационной поддержки ЖЦ.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам (№ стипендии СП-100.2018.5), назначенной Советом по грантам Президента Российской Федерации.

Ключевые слова: тестирование программного обеспечения, тестовая документация, жизненный цикл.

MODELING AND INFORMATION SUPPORT OF THE LIFE CYCLE OF TEST DOCUMENTATION

I.S. Polevshchikov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

The article is devoted to solving the urgent problem associated with the development of scientific research in the field of life cycle modeling of test documentation and improving the means of information support of life cycle. An approach to the modeling of life cycles using Markov graphs is proposed, which will allow us to study the life cycles of documents (in particular, test cases, defect reports) in order to increase the efficiency of finding and correcting errors in software. The functional capabilities of the subsystem of the automated system for managing the testing process of software designed for information support of the life cycle are described.

The research is supported by a stipend of the President of the Russian Federation to young scientists and post-graduate students (No. SP-100.2018.5), which was assigned by the grants Council of the President of the Russian Federation.

Keywords: software testing, test documentation, life cycle.

Процесс разработки сложных программных систем (ПС) состоит из множества шагов, на каждом из которых создается определенная документация. Качество составления документации на текущем шаге может оказывать существенное влияние на последующие шаги [1]. Особую роль играет тестовая документация, непосредственно влияющая на качество. Например, от разработки таких документов, как тест-кейсы и отчеты о дефектах, зависит возможность обнаружения и исправления потенциальных ошибок в ПС.

Процесс разработки программной документации, как правило, трудоемок, требует времени и привлечения высококвалифицированных специалистов. Отдельно следует отметить, что некоторые документы, подготавливаемые в ходе тестирования (в частности, тест-кейсы, отчеты о дефектах), при выполнении программного проекта переходят из одного состояния в другое, что определяется их жизненным циклом (ЖЦ). В работе [2] схематично представлены типовые ЖЦ тест-кейсов и отчетов о дефектах, описаны особенности каждого из состояний, в которых могут находиться эти документы.

Поскольку для тестовой документации может быть предусмотрено большое число различных состояний, без применения специальных средств автоматизации могут возникнуть сложности при выполнении следующих процессов:

- получение актуальной информации, в каком состоянии в данный момент находится документ;
- передача документа ответственным сотрудником из одного этапа работы в другой (т.е. перевод документа из одного состояния в другое);
- анализ информации о переходах между состояниями ЖЦ с целью повышения качества работы коллектива специалистов (что особенно важно на начальном этапе трудовой деятельности молодых сотрудников).

В настоящее время для уменьшения трудоемкости при составлении тестовой документации используются различные средства автоматизации [2], однако их применение не позволяет устранить все перечисленные выше сложности работы с документами.

Поэтому актуальной задачей является развитие научных исследований в области моделирования ЖЦ тестовой документации и совершенствования средств информационной поддержки ЖЦ данного вида документации.

С целью устранения указанных выше недостатков предложен подход к моделированию ЖЦ тестовой документации, основанный на моделировании марковских случайных процессов с дискретным временем.

Применение данного вида моделирования обосновано тем, что в ходе выполнения программного проекта любой документ переходит из одного состояния в другое, и, фактически, вероятность определенного состояния документа в будущем зависит только от состояния этого документа в настоящий момент времени [3]. Дискретное время выбрано по той причине, что в данном случае важно учесть только сами факты перехода документа из одного состояния в другое, а не моменты времени, в которые произошел определенный переход.

ЖЦ документа, разрабатываемого в ходе тестирования ПС, представим марковским графом переходов $V = \langle S, E \rangle$, где $S = \{s_i \mid i = \overline{1, N_{st}}\}$ – множество узлов (состояний документа), а E – множество дуг, т.е. связей между состояниями. Здесь s_i – отдельное состояние документа, N_{st} – общее число состояний. Каждая дуга $e_k \in E$ означает переход документа из состояния $s_i \in S$ в состояние $s_j \in S$.

Каждому переходу документа из одного состояния в другое можно сопоставить вероятность перехода, что представим матрицей $P = (p_{ij})$, где $i = \overline{1, N_{st}}$, $j = \overline{1, N_{st}}$, p_{ij} – вероятность перехода из i -го состояния в j -е состояние. Значения вероятностей p_{ij} можно определить путем нахождения частоты переходов за некоторый период времени.

Следует отметить, что $\forall i = \overline{1, N_{st}}$ выполняется $\sum_{j=1}^{N_{st}} p_{ij} = 1$, т.е. из состояния s_i документ должен обязательно перейти в какое-то другое состояние.

При решении задач на основе марковского графа требуется определить вектор начальных вероятностей, т.е. вероятностей каждого из состояний документа до начала некоторого процесса:

$$P_0 = \langle p_1^0, \dots, p_{N_{st}}^0 \rangle.$$

Проанализировав особенности ЖЦ тест-кейсов на основе работы [2], построен марковский граф переходов (рис. 1), которым можно описать типовой ЖЦ тест-кейса и использовать по умолчанию при выполнении программных проектов.

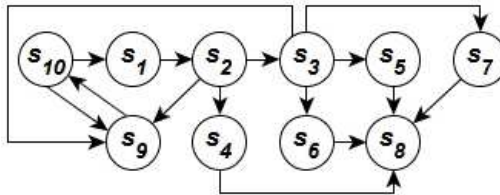


Рис. 1. ЖЦ тест-кейса в форме марковского графа

В таблице представлено описание состояний тест-кейса из марковского графа переходов на рис. 1.

Описание состояний тест-кейса из рис. 1

Состояние тест-кейса	Описание
s_1 – разработан	Начальное состояние тест-кейса
s_2 – готов к выполнению	Тест-кейс готов к выполнению в ходе настоящей итерации тестирования
s_3 – выполняется	Осуществляется выполнение тест-кейса
s_4 – пропущен	Выполнение тест-кейса отменено (например, по причине дефицита времени)
s_5 – пройден не успешно	По результатам выполнения тест-кейса обнаружен дефект (несовпадение реального и ожидаемого результатов работы программы)
s_6 – пройден успешно	По результатам выполнения тест-кейса не обнаружено дефектов (реальные и ожидаемые результаты работы программы совпадают)
s_7 – заблокирован	Невозможность полностью выполнить тест-кейс (например, из-за наличия дефекта, при котором невозможно осуществить один или несколько шагов тест-кейса)
s_8 – конечное состояние в рамках итерации тестирования	На данной итерации тестирования все действия с тест-кейсом завершены
s_9 – требуется доработка	Требуются изменения тест-кейса (например, тест-кейс подготовлен недостаточно качественно)
s_{10} – разрабатывается	Тест-кейс разрабатывается ответственным специалистом

Каждой организацией, участвующей в процессе разработки ПО, может определяться свой ЖЦ документа, и, как следствие, множество состояний и переходы между ними могут отличаться от представленных на рис. 1. В частности, могут быть предусмотрены состояния (в зависимости от специфики конкретного программного проекта) для определения качества работы сотрудников, что особенно важно при совершенствовании профессиональных навыков молодых специалистов. Примеры подобных состояний: «разработан в отведенное время», «разработан с небольшим опозданием», «разработан значительно позже срока», «выполнен за требуемое время», «выполнен с опозданием», «документ на этапе проверки» и т.д.

На основе построенной модели ЖЦ документа (в форме марковского графа) возможно проведение анализа ЖЦ с целью определения и совершенствования качества работы отдельного сотрудника и всего коллектива разработчиков в целом (с применением методов, используемых при решении задач с марковскими графами в различных исследованиях, например [3–5]). В частности, сколько раз тест-кейс или отчет о дефекте в среднем будет дорабатываться, прежде чем перейдет в исполнение, анализ пропусков и блокировок тест-кейсов.

Подсистема автоматизированной системы управления процессом тестирования ПС, основанная на моделировании ЖЦ тестовой документации с применением марковских графов и предназначенная для информационной поддержки ЖЦ, должна обладать следующими функциональными возможностями:

- 1) настройка пользователем в наглядном виде (с помощью соответствующих интерфейсов) состояний документа и связей между ними;
- 2) отслеживание в наглядном виде состояния ЖЦ документа в настоящий момент времени;
- 3) проведение анализа переходов документа между состояниями (с возможностью визуального представления результатов), в том числе с целью оценки качества работы каждого специалиста.

Таким образом, применение подсистемы информационной поддержки, основанной на моделировании ЖЦ тестовой документации с помощью марковских графов, позволяет повысить эффективность работы (в частности, поиска и устранения дефектов в текущей версии ПС) и совершенствования профессиональных навыков у специалистов, что способствует повышению качества создаваемого программного продукта.

Библиографический список

1. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С., Боброва И.А. Совершенствование процесса профессиональной подготовки разработчиков программной документации на основе автоматизированной оценки качества формирования навыков // XVIII Всероссийская науч.-практ. конф. «Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона» (20–21 ноября 2019 г.): сб. докладов. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. – С. 21–25.
2. Куликов С.С. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс. – Минск: Четыре четверти, 2017. – 312 с.
3. Мухин О.И. Лекция на тему «Моделирование марковских случайных процессов». – URL: stratum.pstu.ac.ru/education/textbooks/modelir/lection33.html (дата обращения: 05.12.2019).
4. Примеры использования Марковских цепей. – URL: neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Примеры_использования_Марковских_цепей (дата обращения: 10.12.2019).
5. Цепи Маркова. – URL: statistica.ru/theory/tsepi-markova/ (дата обращения: 10.12.2019).

Сведения об авторе

Полевщиков Иван Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru

About the author

Polevshchikov Ivan Sergeevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Information Technologies and Automated Systems department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru

Секция 2

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ФАЙЛОВ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ

А.А. Чегодаев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

В данной статье рассмотрена оптимизация распределения обработки информационных файлов по узлам локальной компьютерной сети на основе численного критерия качества обслуживания.

Ключевые слова: качество обслуживания, оптимизация, информационная безопасность, компьютерная сеть.

FILES PROCESS OPTIMIZATION BASED ON SERVICE QUALITY CRITERION

A.A. Chegodaev

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article discusses the optimization of the distribution of processing information files among the nodes of a local computer network based on a numerical criterion for the quality of service.

Keywords: quality of service, optimization, information security, computer network.

Оптимизация компьютерных сетей предусматривает определение:

- аспекта эффективности сетевой работы;
- множества изменяющихся сетевых параметров, которые прямо либо косвенно влияют на аспекты эффективности;
- порога чувствительности для показателей аспекта эффективности.

На выбранный критерий эффективности влияют параметры различных типов. Например, на производительность сети в большей степени влияют:

- протоколы коммуникаций и их параметры (номинальная и действенная пропускная способность протокола, размер и жизненное время пакета, параметры квитирования);
- часть и характер трафика широковещания, который создаётся разными протоколами;

- сетевая топология и применяемое коммуникационное оснащение;

- интенсивность появления и характер ошибочных действий;
- вид программного и аппаратного обеспечения главных узлов и пр.

Методы обеспечения качества обслуживания базируются на поддержке определённой полосы пропускания; сокращении вероятности потери кадров; исключении или управляемости сетевых перегрузок; возможности конфигурирования сетевого трафика; установке количественных характеристик трафика и др. [3–6].

Качество обслуживания компьютерной сети, как правило, является интегральным показателем, составляющие которого изменяются в зависимости от требований к сети. Одним из основных параметров услуг является среднее время выполнения запросов пользователей, определяемое как интервал между завершением ввода запроса пользователем до получения ответа и завершения всех процессов, связанных с данным запросом. Интервал состоит из минимального времени полного выполнения запроса в случае, когда этот запрос мог использовать все ресурсы системы в монопольном режиме и суммы задержек, возникающих на разных этапах в процессе обработки запроса из-за совместного использования ресурсов сети.

Для получения численных характеристик формируемых компьютерных сетей, можно применять средства моделирования, при помощи которых создаются модели, воссоздающие информативные процессы, происходящие в сетях. Можно применять методы натурального (физического) прогнозирования, а также математического: модели имитации и системные модели массового обслуживания (СМО) и пр. [7–9].

В структуре компьютерной сети выделяются подсети:

- традиционного сетевого управления (конфигурацией, производительностью, безопасностью);
- моделирования функционирования сети, включая анализ нагрузок на отдельные участки и поддержку принятия решений по перепланированию.

В работах [1, 2] исследованы вопросы распределения информационных ресурсов по узлам компьютерных сетей. Рассмотрены алгоритмы размещения информационных файлов, ориентированные на оптимизацию. В качестве критериев оптимальности рассматривались: средний объем данных, пересылаемых по каналам связи в единицу времени; общее время обработки запросов; общая стоимость трафика сети и др.

Для описания процесса разделения ресурсов со случайным потоком запросов, когда могут возникать очереди, обычно используются модели СМО. Модель считается заданной, если полностью описаны её компоненты: входящий поток запросов; количество и типы обслуживающих устройств; ёмкости накопителей, где запросы ожидают начала обслуживания; время обслуживания запросов на устройствах.

Можно построить модель СМО, описывающую процессы появления задержек в результате возникновения очередей в узле сети. Однако построить модель, которая бы описывала среднее время выполнения запросов пользователей для всей сети на основе аппарата теории СМО, достаточно сложно. Ещё сложнее на основе полученной модели за приемлемое время определить оптимальное распределение файлов. Оценка качества модели должна приниматься на основе некоторого критерия оптимальности, который должен выражаться количественно и быть единственным.

Возникает потребность в выборе численного критерия оптимальности, определяющего среднее время выполнения запросов пользователей и удобного для оптимального размещения файлов. Выбор такой характеристики СМО обусловлен тем, что пользователи, как правило, заинтересованы не в минимизации размера очереди или каких-то других характеристик СМО, а в том, чтобы их запросы обрабатывались как можно быстрее.

При определении среднего времени ожидания запросов W в очереди на обслуживание рекомендуется [10] использовать следующую формулу:

$$W = \frac{\rho^2}{\lambda(1-\rho)}, \quad (1)$$

где ρ – коэффициент загрузки обслуживающего устройства ($0 \leq \rho < 1$); λ – интенсивность потока запросов (среднее число пакетов, которые претендуют на передачу за единицу времени).

При постановке задачи оптимизации размещения файлов среди узлов сети с целью получения высокого качества обслуживания можно величину b среднего времени обслуживания заявки (без учёта времени ожидания обслуживания) оставить постоянной и не завися-

щей от размещения файлов. Величина ρ зависит от λ и пропускной способности обслуживающего устройства μ : $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$. Следует отметить,

что параметр ρ играет ключевую роль в образовании очереди.

Обычно максимально допустимое время ожидания запросов в очереди на обслуживание M – постоянно, поэтому максимально допустимый коэффициент загрузки обслуживающего устройства определяется из выражения:

$$\rho_{\max} = \frac{M}{M + b}. \quad (2)$$

При распределении запросов между N обслуживающими устройствами необходимо минимизировать величину W , при этом маршрут прохождения запроса заранее неизвестен, т.е. запрос может обрабатываться как одним обслуживающим устройством, так и последовательно несколькими обслуживающими устройствами.

Целевую функцию (критерий качества) выбирают в виде комбинации параметров трафика по каналам связи в сети:

$$Q(\rho) = \sum_{i=1}^N C_i \rho_i, \quad (3)$$

где C_i – весовые коэффициенты, учитывающие среднее время обслуживания пакетов каналом связи: $C_i = b_i$; $b = \frac{\rho}{\lambda}$.

В отличие от применяемой процедуры минимизации среднего времени ожидания запросов в очереди на обслуживание в целом по сети предлагается *минимизировать функцию определяющих параметров трафика* по каналам связи (зависящую от ρ_i). Зададим некоторую величину $\epsilon \geq O(\rho^2)$, где $O(\dots)$ – функция, отражающая временную сложность алгоритма. Величина ϵ должна быть такой, чтобы с практической точки зрения разница во времени ожидания запросов на обслуживание отдельным устройством, которая меньше ϵ , была величиной второго порядка малости.

Для решения данной задачи необходимо определить ограничивающие условия. С этой целью представим функцию $W(\rho)$ в виде

$$W(\rho) = b\rho + O(\rho^2). \quad (4)$$

Отсюда $\frac{b\rho^2}{1-\rho} \leq \varepsilon$ и, следовательно, получим ограничивающее

условие:

$$\rho \leq \frac{-\varepsilon + \sqrt{\varepsilon^2 + 4b\varepsilon}}{2b}. \quad (5)$$

Рассмотрим пример определения ограничивающего условия для базового варианта наиболее популярной на сегодняшний день (более 90 % рынка) сети Ethernet со следующими характеристиками: стандарт IEEE 802.3, спецификация 10 BASE-T; скорость передачи $-10 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}}$; минимальная длина пакета – 512 бит; максимальное количество абонентов – до 1024; начальный кадровый интервал – 9,6 мс.

Время обслуживания, как правило, не зависит от характеристик заявок (длины пакета). Поэтому можно считать, что пропускная способность в каждом канале связи одинакова и постоянна: $\mu_i = \mu = \text{const}$.

На рис. представлена зависимость изменения ρ от ε .

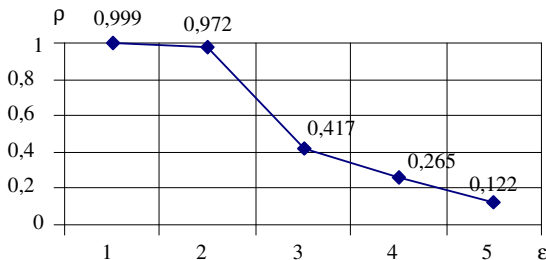


Рис. Зависимость изменения коэффициента загрузки обслуживающего устройства ρ от величины ε

Анализ показывает, что на загрузку каналов связи основное влияние оказывает величина ε . Поэтому при решении задачи оптимизации среднего времени ожидания запросов в очереди на обслуживание каналами связи можно минимизировать функцию (1). При этом практически точность не теряется. В случае, если необходимо учитывать ограничения на среднюю загрузку каналов связи, можно увеличить коэффициенты целевой функции.

Таким образом, предложен новый подход к построению математических моделей оптимального распределения файлов среди узлов компьютерной сети. В отличие от известных, он базируется на использовании критерия оптимальности, на который метод обработки запросов в узлах сети влияет не существенно. При этом математические модели оптимального распределения файлов в большинстве случаев сводятся к решению обобщённой задачи.

Выбор численного критерия оптимизации целевой функции в виде комбинации параметров трафика по каналам связи сети обеспечивает:

- минимизацию общего трафика по сети за единицу времени;
- минимизацию среднего времени ожидания запросов в очереди на обслуживание каналом связи, а также среднего времени выполнения запросов пользователей;
- независимость целевой функции от схемы обработки запросов в сети.

Использование таких моделей позволяет получать квазиоптимальные решения, последовательно корректируя структуру и характеристики компьютерной сети. С практической точки зрения полученные результаты позволяют существенным образом повысить эффективность функционирования компьютерных сетей.

Библиографический список

1. Жуков И.А., Зайченко Ю.П., Печурин Н.К. Модель распределения информационных ресурсов в компьютерных сетях // Проблемы информатизації та управління: зб. наук. праць. – 2005. – Вип. 3(14). – С. 9–14.
2. Цегелик Г.Г. Системы распределения баз данных. – Львов: Світ, 1990. – 168 с.
3. Мамаев Е.В. Microsoft SQL Server 2000. – СПб. : БХВ-Петербург: 2001. – 1280 с.
4. Жуков И.А., Иванкевич А.В., Кременецкий Г.Н. Методы организации параллельной обработки в системах больших баз данных // Проблемы информатизації та управління : зб. наук. праць. – 2002. – Вип. 6. – С. 99–105.
5. Калиниченко Л.А., Рывкин В.М. Машины баз данных и знаний. – М.: Наука, 1990. – 296 с.
6. Озкарахан Э. Машины баз данных и управление базами данных. – М.: Мир, 1989. – 696 с.

7. Аббасов А.М. Оптимизация размещения информационных баз с копиями в сети ЭВМ // Автоматика и вычислительная техника. – 1988. – № 4. – С. 71–75.

8. Алишов Н.И., Жуков И.А., Аль Шибани Салим. Алгоритм и средства оптимальной коммутации пакетов в компьютерных сетях // Проблеми інформатизації та управління: зб. наук. праць. – 2006. – Вип. 3(18). – С. 12–19.

9. Клейнорк Л. Вычислительные сети с очередями. – М.: Мир, 1979. – 400 с.

10. Nauck S. The roles of FPGAs in reprogrammable systems // Proceedings of the IEEE. – Apr. 1998. – Vol. 86. – P. 615–638.

Сведения об авторе

Чегодаев Александр Алексеевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: redec2@rambler.ru

About the author

Chegodaev Aleksandr Alekseyevich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: redec2@rambler.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПАРОКОНДЕНСАТНОЙ СИСТЕМЫ, ПРИМЕНЯЕМОЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ

В.В. Сеницына, А.А. Широков

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

В данной статье рассматриваются подходы к модернизации пароконденсатной системы, используемой в бумагоделательном производстве. Пар выступает в роли теплоносителя, так как при конденсации способен эффективно и стремительно отдавать тепло через теплопроводящую поверхность. Пароконденсатная система осуществляет пароснабжение всего предприятия и отвечает за регулирование и поддержание на заданном уровне выходных значений параметров пара.

Ключевые слова: бумагоделательное производство, пароконденсатная система, микропроцессорный контроллер, SCADA-система.

MODERNIZATION OF VAPOR-CONDENSATE SYSTEM USED IN PAPER MANUFACTURE

V.V. Sinitsyna, A.A. Shirokov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article discusses approaches to the modernization of the steam condensate system used in papermaking. Steam acts as a heat carrier, since during condensation it is able to efficiently and rapidly transfer heat through a heat-conducting surface. The steam condensate system provides steam supply to the entire enterprise and is responsible for regulating and maintaining at a given level the output values of the steam parameters.

Keywords: paper making, vapor condensate system, microprocessor controller, SCADA system.

Стабильная работа пароконденсатной системы играет важную роль в бумагоделательном и картоноделательном производстве. От параметров пара на входе непосредственно зависит качество продукции на выходе. Для того чтобы поддерживать требуемые параметры, необходимо реализовать контроль работы системы при помощи датчиков и средств автоматизации.

На сегодняшний день контроль и регулирование технологических параметров выполняется посредством микропроцессорного измерительного регулятора МЕТАКОН 515. К входам регулятора

подключены датчики давления, уровня и температуры, а к выходам - регулирующие клапаны. Регулятор, соединенный входами с датчиками и выходами с исполнительными устройствами, образует контуры регулирования.

Для связи с датчиками и исполнительными устройствами используют аналоговый способ передачи данных 4–20 мА. Входы регулятора последовательно и циклически опрашиваются посредством коммутатора. Измеряемое значение входного сигнала с датчика преобразуется аналого-цифровым преобразователем в цифровой код, используемый далее микроконтроллером. Микроконтроллер, работая по заданной программе, управляет состоянием выходов, т.е. посылает аналоговый сигнал управления на исполнительные устройства.

Исполнительное устройство представляет собой клапан, состоящий из стального корпуса, нижний штуцер которого используется в качестве соединительного элемента между ним и трубопроводом, а также пневматического привода и позиционера. Пневмопривод – это механизм, в котором рабочая среда находится под давлением воздуха, с одним или несколькими объемными пневмодвигателями. Объемный пневмодвигатель – объемная пневматическая машина, преобразующая поток воздуха в энергию выходного звена. Таковыми могут быть плунжер, шпиндель или шток, который под воздействием воздуха приводит в движение поворотный механизм клапана [1].

В зависимости от заданного значения параметра, который должен поддерживаться, клапан принимает соответствующее состояние. Контроль состояния клапана осуществляется встроенным позиционером. Позиционеры также выступают регуляторами в системе контроля и обеспечивают заданную координацию положения пневматического исполнительного механизма поступательного или поворотного действия посредством управления распределением воздуха в пневмоприводе.

Функциональная схема прибора МЕТАКОН 515 приведена на рис. 1 [2].

Однако использование вышеуказанного регулятора в управлении параметрами пара имеет ряд существенных минусов.

1. Работу регулятора невозможно отслеживать дистанционно, а только по месту его расположения;

2. Отсутствует возможность выполнять перенастройку и изменять параметры регуляторов с диспетчерского пункта и непрерывно отслеживать их текущее состояние.

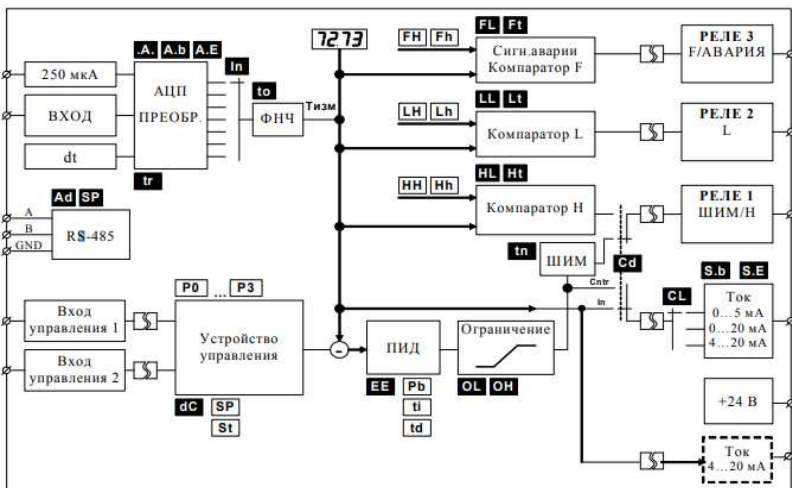


Рис. 1. Функциональная схема прибора МЕТАКОН 515

Только по характеристикам бумажного полотна на выходе со сканирующего устройства, на котором расположены датчики массы и влажности движущегося полотна, можно отследить ошибку в работе регулятора. Сканер в режиме непрерывного сканирования собирает информацию о продольном и поперечном профиле картонного полотна по массе, влажности и толщине [3].

Из анализа существующей системы можно сделать вывод, что система контроля и уровень автоматизации устарели и не соответствуют современным критериям. На данный момент принято решение модернизировать существующую систему управления посредством внедрения программно – аппаратного комплекса SIEMENS SIMATIC S7-1500.

Оборудование SIMATIC S7-1500 – это программируемый контроллер нового поколения, который имеет высокую производительность благодаря быстрой внутренней шине, интерфейсу PROFINET и минимальному времени отклика и времени обработки команд до 1 нс. Интерфейс PROFINET с детерминированными временными характеристиками обеспечивает воспроизводимость и точность реакции в микросекундном временном интервале. SIMATIC S7-1500 также имеет возможность визуализации технологического процесса в SCADA-системе WinCC для оперативного мониторинга и управления процессами, производственными линиями, машинами и установками

во всех секторах промышленного производства. Переход на программный продукт SIEMENS позволит не только повысить надежность технологического процесса производства бумаги и картона, но и создать систему визуализации и диспетчеризации при внедрении SCADA-системы. Структурная схема после модернизации будет выглядеть следующим образом (рис. 2).

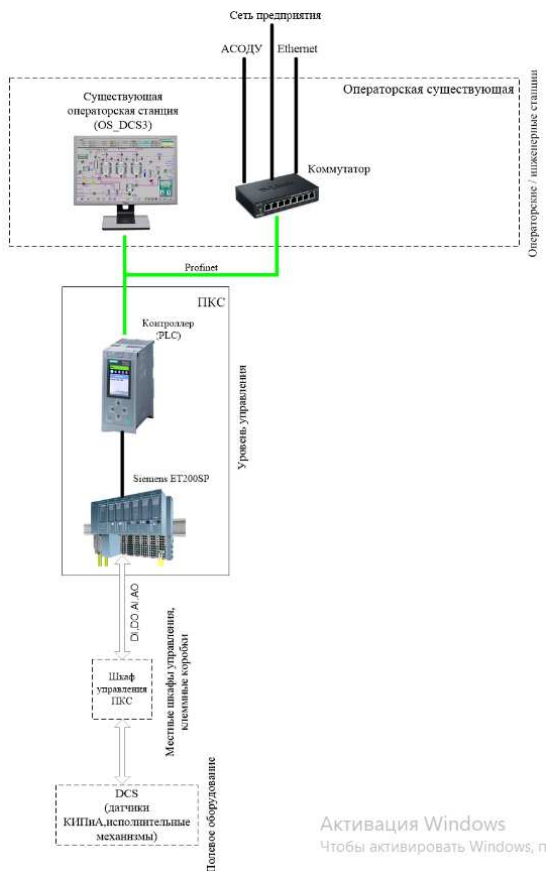


Рис. 2. Структурная схема ПКС после модернизации

Внедрение современного оборудования позволит получить следующие преимущества:

1. Повысить надежность и бесперебойность работы оборудования, сократить время на выполнение ремонтных работ.

2. Интегрировать систему управления пароконденсатным оборудованием с единой системой управления бумагоделательным производством на диспетчерском уровне.

3. Оптимизировать процесс управления пароконденсатной системой на основе современных моделей автоматического управления.

4. Совершенствовать технологический процесс производства за счет увеличения информационных потоков, поступающих от оборудования пароконденсатной системы.

Библиографический список

1. Технический комитет по стандартизации «Трубопроводная арматура и сильфоны». Арматура трубопроводная: пневмоприводы и гидроприводы. Общие технические условия. – Спб.: СТ ЦКБА 090-2013.

2. Свидетельство об утверждении типа средств измерений ОС.С.34.011.А № 35954 Регуляторы микропроцессорные измерительные МЕТАКОН от 08.07.2019 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://contravt.nt-rt.ru/images/manuals/manual_metakon_515.pdf

3. Буйлов Г.П. Автоматизация оборудования целлюлозно-бумажного производства: учеб. пособие. – СПб.: СПб ГТУРП, 2013. – 167 с.

Сведения об авторах

Синицына Вероника Владимировна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: veronikasn96@mail.ru

Широков Александр Аркадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: shirokov@pstu.ru

About the authors

Sinitsyna Veronika Vladimirovna – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: veronikasn96@mail.ru

Shirokov Alexander Arkadevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Microprocessor Automation Means Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: shirokov@pstu.ru

ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ШТАНГОВОГО ГЛУБИННОГО НАСОСА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А.Е. Останина, А.А. Широков

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрены методы диагностирования нефтяного оборудования и методы интеллектуального анализа полученных данных. Представлена концепция вибрационной диагностики штангового глубинного насоса с применением искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: техническая диагностика, нейронная сеть, штанговый глубинный насос.

VIBRATION DIAGNOSTICS OF A BARBED DEEP PUMP WITH APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

A.E. Ostanina, A.A. Shirokov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article discusses the methods of diagnosing oil equipment and the methods of data mining. The concept of vibration diagnostics of a sucker rod pump using artificial neural networks is presented.

Keywords: technical diagnostics, neural network, sucker rod pump.

Задача достоверного определения текущего технического состояния нефтяного оборудования является актуальной, поскольку нефтегазовая отрасль развивается с высокой скоростью и предъявляет жёсткие требования к бесперебойной работе своего оборудования. Для сложившихся требований необходимо внедрение проявивших себя современных методов диагностики и интеллектуального анализа данных, в том числе методов с использованием искусственных нейронных сетей. Существует несколько хорошо зарекомендовавших себя методов технической диагностики. Перечислим некоторые из них.

Способ определения текущего технического состояния оборудования, основанный на изучении продуктов износа, содержащихся в смазочных веществах, называется трибодиагностикой [1].

Методы, основанные на использовании акустической эмиссии. Заключаются в том, что пьезодатчик, установленный непосредственно на подконтрольной детали, фиксирует колебательный процесс, происходящий при необратимых разрушениях в кристаллических решетках материалов [2].

Использование методов радиографии. Сложные в реализации методы. Целесообразно использовать лишь в тех случаях, когда есть серьёзные подозрения на появление трудно опознаваемого дефекта, который не выявляется другими методами. Также используется при периодических оценках состояния агрегата [1].

Методы вибрационной диагностики, основанные на анализе вибрации объекта диагностирования. Данный вид определения текущего технического состояния оборудования применяется при диагностировании громоздкого оборудования, колебания которого возбуждаются движением его элементов и пульсациями потока технологической среды [1, 3]. На основе анализа параметров этих колебаний делается заключение о состоянии оборудования в текущий момент времени.

Анализ методов показал, что для получения достоверной информации, особенно в полевых условиях, наиболее эффективным является метод вибрационной диагностики.

Интеллектуальный анализ данных, полученных в процессе диагностики целесообразно проводить с использованием нейронных сетей. Каждый дефект обладает своими колебаниями и несёт в себе свой уникальный спектр вибрации. Основываясь на этих характерных спектрах, создадим набор параметров, необходимых для обучения разрабатываемой нейронной сети. Такой набор параметров носит название «обучающая выборка».

Правильно сформировав множество независимых входов и зависящих от них выходов, нейронные сети можно использовать для одномерного и многомерного анализа данных. Алгоритм действий при решении задачи диагностирования с помощью нейронных сетей показан на рис. 1 [4].

Система диагностики, использующая в своей основе нечеткую логику, не определяет вид дефекта и раскрывает только обобщенную оценку технического состояния оборудования. Для определения конкретного вида неисправности требуется, во-первых, существенное увеличение нечётких переменных и правил вывода, что снизит скорость её работы, а во-вторых, внесение серьёзных изменений в саму структуру системы [5].

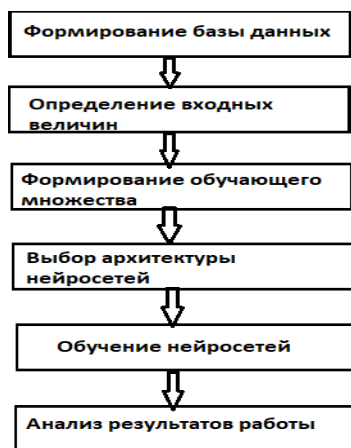


Рис. 1. Блок-схема решения задачи определения текущего технического состояния на основе нейронных сетей

Этих недостатков можно избежать, применив в качестве системы анализа искусственную нейронную сеть.

Система вибродиагностики штангового глубинного насоса по спектрам вибраций состоит из следующих основных блоков (рис. 2):

- источник вибросигналов (ИВ);
- блок преобразования (БП);
- блок обработки информации о техническом состоянии (БОИТ);
- блок вывода диагностической информации (БВИ).

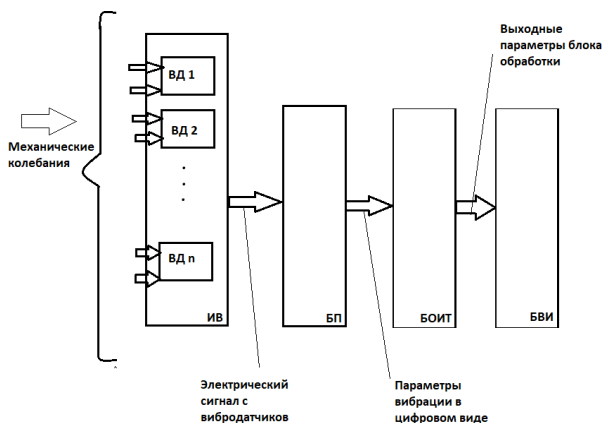


Рис. 2. Структура системы вибродиагностики

Источник вибросигналов – система вибродатчиков (ВД), установленных на объекте.

Блок преобразования – устройство, предназначенное для преобразования исходного сигнала вибродатчиков в удобный, цифровой формат.

Блок обработки информации о техническом состоянии – предназначенный непосредственно для определения технического состояния диагностируемого оборудования, автоматизируется в первую очередь. В качестве этого блока может служить система интеллектуального анализа данных – нейронная сеть, обученная диагностировать ряд дефектов.

На рис. 3 представлена структура нейронной сети.

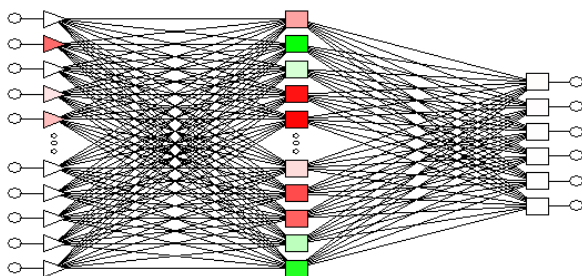


Рис. 3. Структура нейронной сети

Предлагаемая к рассмотрению в рамках данной работы система ориентирована на диагностику определённых неисправностей, а именно:

- небаланс масс ротора;
- расцентровка валов ротора;
- задевания вращающихся частей ротора с неподвижными элементами;
- дефекты подшипников скольжения;
- дефекты подшипников качения;
- дефекты редукторов и мультипликаторов.

Обучение нейросети и обработка результатов проводится в пакете Neural Networks программы STATISTICA.

Предложенный метод сбора диагностической информации о состоянии штангового глубинного насоса на основе вибродиагностики и интеллектуальная обработка результатов с применением нейронных сетей показали сходимость экспериментальных и вычисленных данных на контрольных примерах.

Библиографический список

1. Калекин В.С. Основы технической диагностики нефтегазового оборудования: учеб. пособие // Периодические издания. – 2012.
2. Баталов С.А. Акустическая система технической диагностики параметров эксплуатируемого нефтегазового месторождения // Контроль. Диагностика. – 2009. – № 11. – С. 27–33.
3. Баширов М.Г. и др. Диагностика насосного оборудования по параметрам электромагнитной цепи электропривода // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 2.
4. Головкин В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. – М.: ИПРЖР, 2001. – 255 с.
5. Ходашинский И.А. Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы // Проблемы управления. – 2009. – № 4.
6. Стеклов О.И. Техническая диагностика оборудования и сооружений нефтегазового и нефтегазохимического комплексов // Дефектоскопия. – 2006. – № 4. – С. 113–121.
7. Жильцов В.В., Чувикина В.В. Моделирование интеллектуальной системы технической диагностики нефтегазовых скважин с использованием программы «Statistica Neural Networks» // Роль механики в создании эффективных материалов, конструкций и машин XXI века: тр. Всерос. науч.-техн. конф. – Омск. – 2006. – С. 20–23.

Сведения об авторах

Останина Анна Евгеньевна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: ostanina610@gmail.com

Широков Александр Аркадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: shirokov@pstu.ru

About the authors

Ostanina Anna Evgenievna – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: ostanina610@gmail.com

Shirokov Alexander Arkadevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Microprocessor Automation Means Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: shirokov@pstu.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ОФИСНОГО ЗДАНИЯ

А.Д. Косачёв, А.А. Широков

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассматривается применение систем приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла для полезного использования энергетического потенциала отработанных потоков воздуха и продления срока службы электронагревательного оборудования. Приводится анализ энергоэффективности, экономической эффективности рекуперации тепла. Рассматриваются возможность и эффективность внедрения водного нагревательного оборудования.

Ключевые слова: вентиляция, тепловая рекуперация, энергоэффективность, экономическая эффективность.

VENTILATION SYSTEM MODERNIZATION OFFICE BUILDING

A.D. Kosachyov, A.A. Shyrokov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

In this paper, we consider the use of supply and exhaust ventilation systems with heat recovery for the beneficial use of the energy potential of the exhausted air flows and to extend the life of electric heating equipment. The analysis of energy efficiency, economic efficiency of heat recovery. The possibility and effectiveness of introducing water heating equipment is being considered.

Keywords: ventilation, thermal recovery, energy efficiency economic efficiency.

Система вентиляции в мире современных офисов и промышленных предприятий является одной из важнейших систем, обеспечивающих комфортный и безопасный рабочий процесс.

Современные вентиляционные системы обеспечивают не только непрерывный поток воздуха в помещении, но также участвуют в регулировании влажности в помещении, терморегулировании, играют важную роль в газовой, химической и пожарной безопасности [1].

Значительная часть капитальных и эксплуатационных затрат как промышленных предприятий, так и офисных зданий приходится на долю системы вентиляции. Поэтому в современных экономических условиях необходима разработка и реализация технологий, которые

позволят эффективно снизить потребление энергоресурсов с минимальными капитальными затратами и наибольшей экономией от их внедрения [2].

Классическая вентиляционная система состоит из двух основных частей – приточной и вытяжной [3, 4]. Каждая часть состоит из канального вентилятора, воздуховода, вентиляционного клапана, соединяющего воздуховод с внешней средой (в том числе и с другим воздуховодом) и фильтра. Подаваемый в помещение приточный воздух в холодное время необходимо подогревать, для чего используют специальные калориферы. Мощность калорифера рассчитывается исходя из зимних температур, расчетная величина которой составляет -18°C для нашего региона. Теплый вытяжной воздух удаляется из помещения на улицу. Структура системы вентиляции приведена на рис. 1.

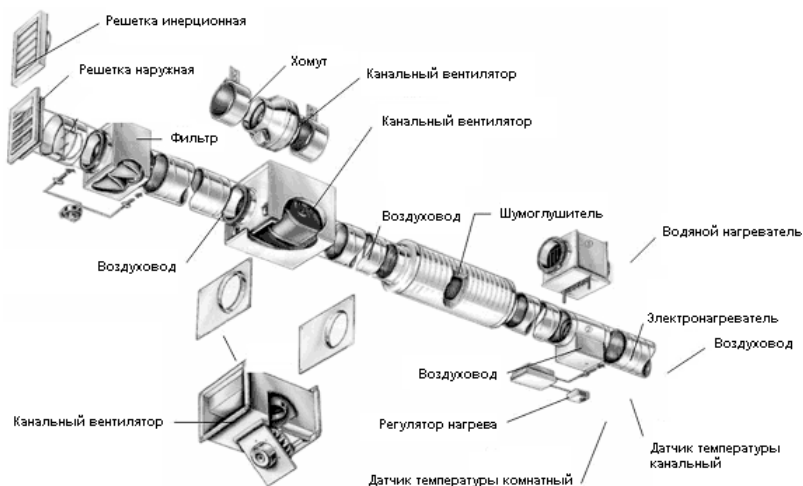


Рис. 1. Структура системы вентиляции офисного здания

Немаловажное значение при проектировании и монтаже вентиляции имеет распределение двигателей вентиляторов в помещении. Существует несколько способов установки двигателей: при общеобменной вентиляции один приточно-вытяжной блок обеспечивает циркуляцию воздуха по всему зданию. При местной вентиляции та же задача разбивается между меньшими системами, каждая из которых обеспечивает вентиляцию в одном или нескольких помещениях

здания. Выбор между данными вариантами всегда является компромиссом между энергоэффективностью и экономичностью.

Совершенствование систем вентиляции, а также режимов их работы позволяет сократить энергетические затраты сооружения на 30–60 % [5]. Поэтому при выборе вентиляционной системы важно обратить внимание на высококачественное, энергосберегающее, простое при монтаже и легкое в эксплуатации, эффективное, а главное надежное оборудование [6].

Рассматриваемый в данной статье объект автоматизации вентиляции – офисное здание цеха Тепловодоснабжения и канализации (ТВСиК) Инженерно-технического центра (ИТЦ) ООО «Газпром-трансгаз Чайковский». Система вентиляции должна выполнять здесь функции циркуляции воздуха, регулирования влажности в помещениях, терморегулирования. Повышение энергоэффективности системы возможно путем внедрения рекуператора – устройства, соединяющего между собой приточную и вытяжную части вентиляции. Данное устройство передает тепло от отработанного воздуха, поступающего в вытяжную систему из проветриваемого помещения, в приточную систему. Таким образом, нагревателю воздуха вентиляционной системы требуется меньше энергии, чтобы нагреть воздушную массу до требуемых значений [7, 8]. Соответственно, данное устройство можно использовать только в единых приточно-вытяжных системах вентиляции. Структура данной системы представлена на рис. 2.

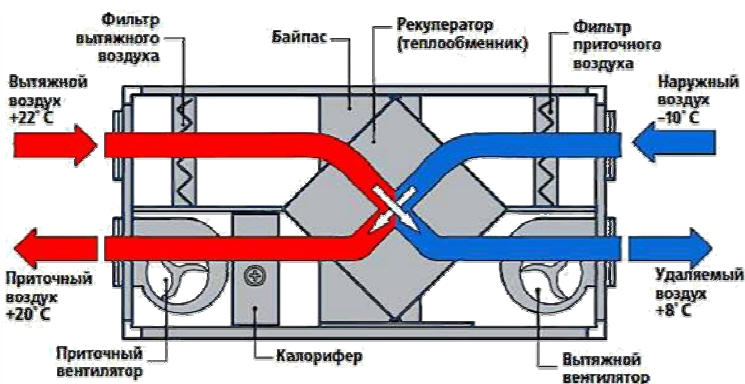


Рис. 2. Структурная схема рекуператора

Определим экономическую и энергетическую эффективность использования рекуператора в системе вентиляции здания лаборатории. Данная система состоит из четырех установок вентиляторов суммарной мощностью $P = 12$ кВт, обеспечивающих расход воздуха в $V = 20\,800$ м³/час и электрических нагревательных элементов (тэнов) суммарной мощностью 98 кВт [9]. Для сокращения объемов статьи промежуточные вычисления будут опущены. Рассмотрим условный период в 150 дней (с ноября по март), когда установке необходимо прогреть наружный воздух с температуры -15 до $+20$ °С. Пусть вариант 1 – раздельная система без рекуператора и вариант 2 – единая система с рекуператором эффективностью 60 %, в обоих случаях с электрическими нагревательными элементами. Расчет мощности электрического воздухонагревателя произведём по уравнению теплового баланса:

$$Q_n = G \cdot C_p \cdot T, \quad (1)$$

где Q_n – мощность воздухонагревателя, Вт, G – массовый расход воздуха через воздухонагреватель, кг/с,

$$G = V \cdot P = 20800/3600 \cdot 1,2 = 6,934 \text{ кг/с}, \quad (2)$$

где C_p – удельная изобарная теплоемкость воздуха, $C_p = 1000$ кДж/кг·К, $Q_{\text{рек}}$ – количество теплоты, которое сможет нагреть рекуператор, T – разность температур воздуха на выходе и входе воздухонагревателя, $T = 20 - (-15) = 35$ °С.

Отсюда $Q_n = 6,934 \cdot 1000 \cdot 35 = 242,69$ кВт.

Такая мощность потребуется электрическому нагревателю в единицу времени, чтобы нагреть воздух до необходимой температуры без использования рекуперации. Для варианта 2 (с рекуперацией 60 %) потребуется затратить следующее количество мощности:

$$Q_{\text{рек}} = \eta \cdot Q_n, \quad (3)$$

где $\eta = 0,6$ – эффективность рекуператора,

$$Q_{(\text{эл.нагр})} = Q_n - Q_{\text{рек}} = 242,69 - 0,6 \cdot 242,69 = 97,076 \text{ кВт}. \quad (4)$$

Разница между Q_n и $Q_{(\text{эл.нагр})}$ примерно в 2,5 раза убедительно говорит о том, что рекуператор позволяет экономить значительное количество энергии, что к тому же позволяет сберечь производственный ресурс электронагревателя. Системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией (СПВВР) тепла обеспечивают рациональное использование энергетического оборудования и экономное расходо-

вание всех видов энергии. Применение СПВВР позволяет не только внедрить в короткие сроки окупаемости эффективную программу по энергосбережению, но также снизить затраты на различные энергетические ресурсы, продлить срок службы оборудования по нагреву приточного воздуха.

Библиографический список

1. Энергосбережение – актуальное направление экологической политики / Ю.Н. Зацаринная, Н.А. Староверова, Ф.Г. Келеш, Р.Н. Рахмаев, А.В. Чечков, Ю.С. Десятникова // Вестник технологического университета. – 2015. – Т.18, № 12. – С. 182–184.

2. Ибрашева Л.Р., Идиатуллина А.М. Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности как инструмент стратегии устойчивого развития города (на материалах г. Казань) // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 2. – С. 198–212.

3. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Стандартинформ. – М., 2013. – 11 с.

4. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция, кондиционирование. Госстрой России. – М., 1999. – 72 с.

5. Кузнецова И.В., Казанцева Н.С., Каратаева Е.С. Определение показателя энергоэффективности системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 17, № 18. – С. 117–119.

6. Кувшинов Ю.Я., Самарин О.Д. Основы обеспечения микроклимата зданий: учебник для вузов. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2012. – 197 с.

7. Ramesh K. Shah, Dusan P. Sekulic. Fundamentals of Heat Exchanger Design. John Wiley & Sons, Inc. New-York, 2003. – 30 p.

8. Каратаева Е.С., Казанцева Н.С. Исследование системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепловой энергией // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 23. – С. 320–321.

9. Постановление о монтаже системы вентиляции в здании лабораторий цеха ТВСиК ИТЦ ООО «Газпромтрансгаз Чайковский».

10. Тариф на электрическую энергию (мощность), поставляемую населению и приравненным к нему категориям потребителей в Пермском крае на первое и второе полугодия 2019 года.

Сведения об авторах

Косачёв Андрей Дмитриевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь.

Широков Александр Аркадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные системы автоматизации», Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: shirokov@pstu.ru

About the authors

Kosachev Andrey Dmitrievich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm.

Shirokov Alexander Arkadevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Microprocessor Automation Means Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: shirokov@pstu.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ НА СУДАХ РЕЧНОГО ФЛОТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.Н. Носов, Е.А. Чабанов

Волжский государственный университет водного
транспорта (Пермский филиал), Пермь

Сделан обзор микропроцессорной техники и перспектив ее применения и развития на водном транспорте. Кратко рассмотрено устройство микропроцессора, принцип его работы, виды устройств с применением микропроцессоров.

Ключевые слова: микропроцессоры, микроконтроллеры, ЭВМ, развитие, речной флот.

THE USE OF MICROPROCESSOR SYSTEMS ON SHIPS OF THE RIVER FLEET OF THE RUSSIAN FEDERATION

A.N. Nosov, E.A. Chabanov

Volga State University of Water Transport (Perm branch), Perm

This article is about microprocessor technology and the prospects for their development in water transport. The microprocessor device, the principle of its operation are briefly reviewed. Which devices use microprocessors.

Keywords: microprocessors, microcontrollers, computers, development, river fleet.

На данный момент на судах речного флота Российской Федерации в системах управления электростанциями микропроцессоры практически не используются.

Причиной является то, что большинство российских судов были построены более чем 30 лет тому назад. Но в результате модернизации и реконструкции судов микропроцессорная техника все чаще внедряется в гражданский речной флот Российской Федерации. На смену релейных систем приходят микропроцессорные [1]. Ярким примером в данном случае является теплоход «Валерий Чкалов», на котором микропроцессоры используются для запуска и управления электростанцией.

Сам по себе микропроцессор – это «мозг», созданный для обработки поступающей в него информации и выработки им управляющих сигналов. Поэтому применение на судах микропроцессорных систем является целесообразным. Подобные системы состоят из:

собственно микропроцессорного устройства, портов ввода и вывода информации, блоков памяти, контроллеров и системных шин. Порты ввода/вывода служат для взаимодействия с внешней средой, в которой используется микропроцессорная система. Порты ввода – это разного рода датчики (термические, фотоэлектрические, давления, механического воздействия и др.). Порты вывода – это дисплеи, индикаторы, исполнительные электродвигатели, а также различные устройства управления, которые способны воспринимать электрический сигнал. Блоки памяти используются для длительного хранения программы, выполняемой микропроцессором – ПЗУ (постоянно-запоминающее устройство), в состав памяти также входит ОЗУ (оперативно-запоминающее устройство), используемое в качестве быстрой памяти. Благодаря шинам микропроцессор, порты ввода и вывода, память способны взаимодействовать между собой. Шины – это средства связи, их архитектура позволяет объединить эти устройства по функциональному признаку [2].

Во время работы микропроцессор согласно алгоритму программы считывает команды из памяти либо из порта ввода и выполняет их. Микропроцессоры создаются в соответствии с определённой архитектурой, в которой заложена система команд. Они выполняются микротранзисторами (внутренними элементами) микропроцессора.

На водном транспорте выделяются три основных направления возможного использования микропроцессорной техники:

- 1) универсальные микропроцессоры;
- 2) сигнальные микропроцессоры;
- 3) микроконтроллеры.

Микропроцессоры на судах используются для информационно-навигационных систем: электронной картографии, обеспечения навигационной безопасности и планирования переходов.

Использование микропроцессоров в коммуникационных системах способствует безопасному плаванию, управлению судном, а также обеспечивает контроль и диагностику главных двигательных установок. Микропроцессоры служат для управления электростанциями, конкретными агрегатами и механизмами, а также системами, способствующими комфортному пребыванию на судне (канализации, вентиляции, кондиционирования и др. жизнеобеспечивающими системами).

Сигнальные процессоры широко применяют в радиоаппаратуре для обработки сигналов. Они способны обрабатывать большие массивы данных поточного характера, данные в режиме реального времени и постоянные объёмы данных, постоянно поступающих с внешних устройств. На судах сигнальные процессоры используются также для модемов, устройств мобильной связи и сетевых устройств.

Микроконтроллеры – это микросхемы, предназначенные для управления электронными устройствами и реализации цифровой системы управления с конфигурацией: процессор, память для хранения программ и данных, порты ввода/вывода. Микроконтроллеры имеют низкую стоимость и позволяют достичь нужной эффективности. Аппаратно-программные средства и система команд микроконтроллера адаптированы для решения задач управления и регулирования. Микроконтроллеры на судах используются в: радиолокационных станциях (РЛС), системах передачи данных информационно-управляющих комплексов, системах мониторинга параметров устройств и агрегатов судна и предупредительных сигнализациях.

В 2019 году был спущен на воду круизный лайнер проекта PV-300, теплоход «Мустай Карим». На этом судне автоматизация всех процессов занимает ключевую позицию. Микропроцессоры используются во всех судовых системах – от стационарной радиостанции до системы управления главной силовой энергетической установкой (СЭУ) судна.

На сегодняшний день таких теплоходов очень мало, так как используемый сейчас речной транспорт состоит в основном из теплоходов старой постройки. Имеются все предпосылки для внедрения и установки микропроцессорной техники на действующий «устаревший» флот. О полном переходе на микропроцессоры и микроконтроллеры говорить пока нецелесообразно по причине значительных финансовых затрат и конструктивных особенностей эксплуатируемого флота. Однако внедрение современных средств управления для выполнения основных, наиболее важных задач вполне реально.

Библиографический список

1. Микропроцессорные системы [Электронный ресурс]. – URL: <http://electricalschool.info/electronica/1197mikroprocessornye-sistemy.html>

2. Микропроцессоры: справочное пособие для разработчиков судовой РЭА [Электронный ресурс]. – URL: https://archive.org/stream/B-001-014-455/B-001-014-455_djvu.txt

Сведения об авторах

Носов Алексей Николаевич – студент Волжского государственного университета водного транспорта (Пермский филиал), Пермь, e-mail: lexa_nosov999@mail.ru

Чабанов Евгений Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета; доцент кафедры «Специальности водного транспорта и управления на транспорте» Волжского государственного университета водного транспорта (Пермский филиал), Пермь, e-mail: ceapb@mail.ru

About the authors

Nosov Alexei Nikolaevich – Student Volga State University of Water Transport (Perm branch), Perm, e-mail: lexa_nosov999@mail.ru

Chabanov Evgenii Aleksandrovich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Electromechanics Perm National Research Polytechnic University; Associate Professor of the Department "Specialties of Water Transport and Transport Management" Volga State University of Water Transport (Perm branch), Perm, e-mail: ceapb@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОСЕТИТЕЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ Г. МАГНИТОГОРСКА

М.А. Зяблицева

Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова, Магнитогорск

Представлены основные средства автоматизации процесса обслуживания на предприятиях общественного питания. Показано, что автоматизированные системы являются фактором конкурентоспособности предприятия питания на современном рынке.

Ключевые слова: автоматизация, предприятие общественного питания, меню, официант, обслуживание, кафе.

PERSPECTIVES OF AUTOMATION OF SERVICE AT THE ENTERPRISES OF THE INDUSTRY OF FOOD G. MAGNITOGORSK

M.A. Zyabliseva

Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosova,
Magnitogorsk

In this article presents the basic means of automating the service process in catering. Automated systems are a factor in the competitiveness of catering in the modern market.

Keywords: automation, catering enterprise, menu, waiter, service, cafe.

Жизнь современного человека характеризуется динамичным темпом. Растущая трудовая и временная занятость приводит к тому, что человек все больше времени проводит на работе и все меньше времени тратит на домашние дела, в частности на приготовление пищи. Питание вне дома перешло в разряд ежедневных потребностей.

Во многом этим обусловлен рост объема рынка услуг общественного питания. К факторам, способствующим росту, можно отнести увеличение покупательской способности населения, а также ценовую доступность питания вне дома. Наибольшее развитие получили предприятия сегментов «фаст-фуд» и «casual». Согласно статистическим данным прирост этих сегментов рынка за последние

несколько лет составил 20 % [1]. Заведения данных форматов пользуются популярностью благодаря ценовой доступности и скорости обслуживания.

Рынок общественного питания г. Магнитогорска также стремительно развивается, в настоящее время на рынке представлены практически все форматы заведений. В соответствии с общероссийской тенденцией в г. Магнитогорске значительную долю рынка занимают предприятия «фаст-фуд» и заведения формата «casual».

В г. Магнитогорске работают как крупные сети предприятий питания – Макдоналдс, Subway, KFC, Бургер Кинг, так и небольшие заведения формата «фаст-фуд». При этом, несмотря на большое разнообразие заведений, специалисты отмечают, что объем рынка не достиг насыщения [2]. Следовательно, конкуренция между предприятиями будет увеличиваться.

Для успешной работы в условиях современного рынка заведение должно обеспечить потребителю высокий сервис и качественную продукцию. Руководство предприятия должно понимать, кто является потребителем заведения, какие позиции меню пользуются спросом и насколько высок уровень обслуживания в заведении.

Создать эффективную информационную сеть внутри предприятия, связывающую воедино все производственные процессы, позволяет автоматизация производства. Крупные сети предприятий общественного питания активно внедряют в работу своих заведений средства автоматизации обслуживания. Сетевые предприятия г. Магнитогорска не являются исключением.

В настоящее время на рынке России представлено порядка двадцати программ, разработанных специально для общепита. Современное программное обеспечение позволяет автоматизировать широкий спектр производственных процессов: сервис в торговом зале, ведение бухгалтерского учета, контроль количества сырья на складе, финансовые расчеты с поставщиками, контроль за деятельностью персонала, индивидуальная работа с постоянными клиентами.

Одним из основных процессов, подлежащих автоматизации, является обслуживание гостей в зале. Известно, что чем выше скорость обслуживания гостей, тем больше обороты и, соответственно, прибыль заведения. При традиционной форме приема заказа официант записывает информацию в блокнот, а затем передает заказ на кухню или в сервис-бар. Современные программные решения позволяют

многократно ускорить процесс приема заказа, заменив блокнот официанта на планшет и POS-терминал.

POS-терминал – это электронный программно-технический комплекс, который может включать монитор, системный блок, дисплей, POS-клавиатуру, считыватель карт, печатающее устройство, программное обеспечение (ПО). Перечень устройств различается в зависимости от разработчика POS-терминала. Одними из передовых компаний в области автоматизации являются Tillypad, iiko, R-Keeper.

POS-терминал компании Tillypad выполняет функции мобильного блокнота и полноценного кассового аппарата. Устройство позволяет создавать заказ, передавать его на кухню, работать с накоплениями по программам лояльности, выполнять расчёт с гостями [3].

В программном обеспечении iiko и Tillypad POS-терминал официанта, принтер заказов на кухне, компьютер бухгалтера, компьютер на складе и компьютер менеджера через локальную сеть объединены с центральным компьютером. Таким образом, создана единая сеть, позволяющая менеджеру в любой момент времени получать полную информацию о работе всех структур заведения. При этом iiko создал специализированную ERP-систему, позволяющую управлять складом и денежными потоками, следить за процессами на кухне и в зале.

Программно-технический комплекс компании R-Keeper отличается модульной структурой, которая может включать несколько продуктов. Такая структура позволяет сформировать программный набор, соответствующий потребностям конкретного заведения [4].

Кроме технических устройств каждая компания-разработчик автоматизированных систем создала специализированное мобильное приложение для смартфона или планшета. Программный комплекс R-Keeper включает приложение `_r_keeper_MobileWaiter`, устанавливающееся на смартфон или планшет официанта. Для установки приложения мобильное устройство должно соответствовать минимальным системным требованиям по следующим параметрам: графический процессор, размер оперативной памяти процессора, возможность подключения к сети Wi-Fi. Отличительной особенностью приложения является возможность создавать заказы с комментариями для кухни [4].

Мобильный официант Tillypad также как и `_r_keeper_MobileWaiter` работает с оборудованием под управлением iOS, Android, Windows. Данное приложение позволяет не только отправлять заказ на кухню, но и получать сообщения о готовности блюд. При оснащении рабочего

места официанта принтером приложение позволяет распечатывать чек непосредственно у столика гостя. Приложение iikoWaiter содержит контекстное меню, с помощью которого можно делить счет между гостями, а также работать в режиме стоп-лист, получать сообщения о готовности блюд и редактировать существующие заказы.

Таким образом, современные устройства позволяют решить проблему недовольства гостей долгим ожиданием приема заказа официантом.

Однако автоматизация обслуживания гостей в зале включает не только POS-терминалы и мобильные приложения для смартфонов, но и устройства для вызова официантов. К беспроводным системам вызова относят кнопки, табло и пейджеры. На каждый столик в зале устанавливаются кнопки вызова, с которых поступает сигнал на пейджер официанта. Пейджеры также могут использоваться для оповещения гостей о готовности заказа при электронном формате очереди к кассе.

Одним из новшеств является интерактивное меню на iPad, которое приходит на смену традиционному бумажному меню. Посетитель получает от официанта планшет с интерактивным меню. Планшет может быть оформлен в фирменном стиле заведения, а подробное описание каждого блюда сопровождается фотографиями [5]. Заказ оформляется непосредственно в приложении на планшете и отправляется на кухню.

Наиболее прогрессивным видом приема заказа является оснащение зала интерактивными столами. Встроенный в поверхность стола экран выполняет функции меню и вызова официанта, а также содержит развлекательные приложения. При этом дисплей надежно защищен от возможности повреждения столовыми приборами и пролитыми напитками [6].

Таким образом, автоматизированные системы позволяют ускорить процесс обслуживания посетителей и сделать работу заведения более эффективной. Поскольку большинство крупных сетевых компаний уже осуществили внедрение данных систем в работу своих заведений, внедрение устройств автоматизации обслуживания в работу небольших сетевых предприятий является одним из ключевых факторов повышения их конкурентоспособности на рынке индустрии питания.

На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод, что средства автоматизации обслуживания посетителей повышают лояльность гостей заведения, а следовательно, способствуют увеличению прибыли заведения.

Библиографический список

1. Лаврентьев Е.В. Динамика развития рынка общественного питания в России // Интеграция наук. – 2018. – № 8(23). – С. 207–210.
2. Барышникова Н.И., Вайскрובה Е.С., Рябова В.Ф. Управление качеством на предприятиях общественного питания // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2015. – Т. 1. – С. 239–242.
3. Мобильный официант [Электронный ресурс]. – URL: <https://tillypad.ru/mobwaiter> (дата обращения: 17.12.2019).
4. Комплексное решение для автоматизации ресторана или кафе [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ucs.ru/solutions/restoran/>– Загл. с экрана (дата обращения: 17.12.2019).
5. Что такое eMenu? [Электронный ресурс]. – URL: <http://emenu.su/chto-takoe-emenu> (дата обращения: 17.12.2019).
6. eMenu Table [Электронный ресурс]. – URL: <http://emenu.su/emenu-table> (дата обращения: 17.12.2019).

Сведения об авторе

Зяблицева Мария Анатольевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры «Химия» Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: mariya.zyabliceva@bk.ru

About the autor

Zyablitseva Mariya Anatol'yevna – Candidate Sc. Agriculture, Assistant Professor Department of Chemistry Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosova, Magnitogorsk, e-mail: mariya.zyabliceva@bk.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

А.С. Александрова, Д.Г. Чувызгалов
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

В современном производстве перед инженерами стоит задача определения технологических параметров влияющих на конечный продукт производства, а точнее на показатели качества продукта. Представлен подход к определению наличия взаимосвязи между параметрами технологического объекта, а также разработано соответствующее приложение. Представлены результаты тестирования приложения на данных с реального динамического объекта – лабораторной установки.

Ключевые слова: корреляционный анализ, коэффициент корреляции, анализ технологического объекта.

DETERMINATION OF INTERRELATED PARAMETERS OF TECHNOLOGICAL OBJECTS BY CORRELATION ANALYSIS

A.S. Aleksandrova, D.G. Chuvyzgalov
Perm National Research Polytechnic University, Perm

In modern manufacturing, engineers are faced with the task of determining the technological parameters that affect the final product of production, or rather the quality of the product. This article presents an approach to determining the relationship between the parameters of the technological object, as well as developed an appropriate application. The results of testing the application on data from a real dynamic object - a laboratory installation-are presented.

Keywords: correlation analysis, correlation coefficient, analysis of the technological object.

На современных крупных перерабатывающих производствах на выпуск качественной продукции оказывают влияние множество факторов. Определение зависимостей параметров технологического процесса и показателей качества продукции является актуальной задачей, позволяющей построить модель объекта [1], определить стратегию управления объектом, оптимизировать производство [2], кроме

того эти данные могут быть использованы при проектировании улучшенной системы управления технологической установкой. В работе предложен подход к определению наличия взаимосвязей между технологическими параметрами с применением корреляционного анализа. Разработана соответствующая программа, позволяющая посредством графического интерфейса пользователя загружать данные, выбирать параметры корреляционного анализа и просматривать результат в графическом виде.

Программа разработана на языке VBA (для MS Excel). С помощью программы можно найти корреляционный момент между переменными, а также построить корреляционную функцию для заданного диапазона. Интерфейс программы представлен на рис. 1.

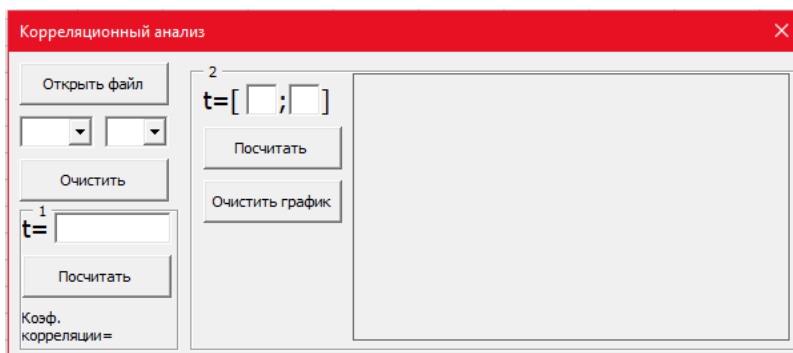


Рис. 1. Интерфейс программы

После нажатия на кнопку «Открыть файл» следует указать путь к .xls файлу. Затем выбрать величины, между которыми будет производиться поиск корреляционного момента. Нижний левый угол программы отвечает за поиск корреляционного момента с заданным значением смещения между данными, который характеризует запаздывание. Правая часть программы отвечает за поиск корреляционных моментов в интервале смещений.

Для тестирования программы использованы данные с лабораторной установки. Схема лабораторной установки представлена на рис. 2. Объектом является эмулятор печи ОВЕН ЭП10. Эмулятор печи предназначен для проведения экспериментов в процессе наладочных работ с применением терморегуляторов. ЭП10 выступает в качестве объекта управления и представляет собой миниатюрную печь.

Эмулятор печи обдувается воздухом. Температура воздуха измеряется термопреобразователем сопротивления ТС50М. Воздух проходит через сужающее устройство, перепад давления на котором измеряется датчиком МЕТРАН-150. С помощью терморегулятора (измеритель-регулятор технологический ИРТ 5501/М1) изменяется напряжение тока на нагревателе. Все параметры регистрируются многоканальным технологическим регистратором РМТ69L.

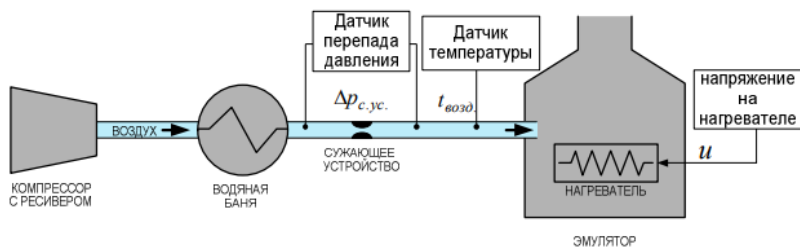


Рис. 2. Схема лабораторной установки

Данные с лабораторной установки были загружены в программу и использованы для определения взаимосвязи параметров. На рис. 3 показаны результаты работы программы на примере зависимости температуры печи от температуры воздуха, подаваемого на обдув.

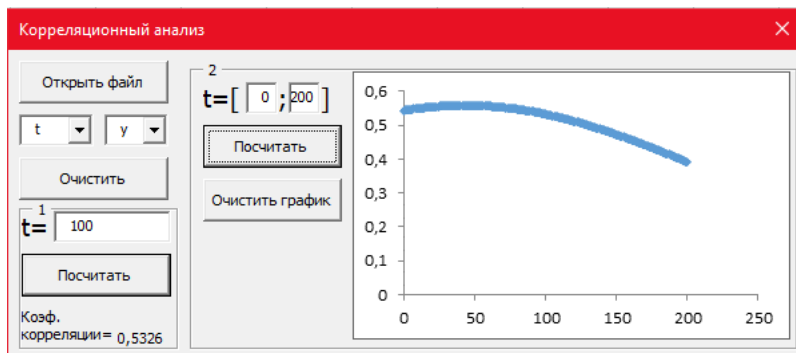


Рис. 3. Результат работы программы

Результаты корреляционного анализа показывают высокую степень взаимосвязи параметров, а именно влияние температуры воздуха, подаваемого на обдув, на температуру печи.

На рис. 4 представлены результаты исследования зависимости давления на сужающем устройстве и температуры воздуха, подаваемого на обдув.

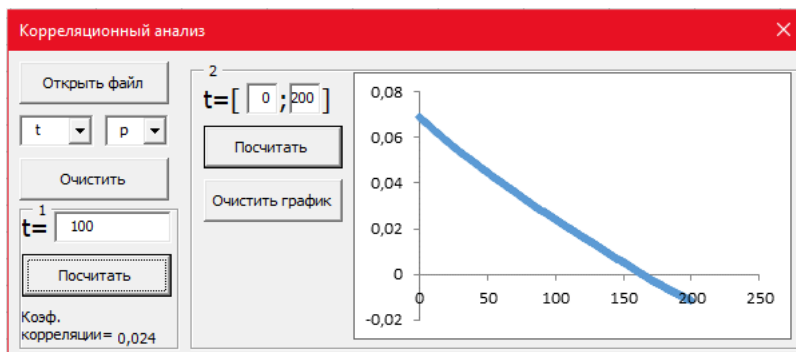


Рис. 4. Результаты работы программы

Корреляционный момент находится в окрестности нуля. Результаты корреляционного анализа показывают независимость данных параметров, что соответствует априорной информации об объекте.

Результаты корреляционного анализа соответствуют технологической схеме установки.

Разработанная программа позволяет проводить корреляционный анализ параметров динамических объектов и может быть использована для определения наличия зависимости параметров технологического процесса и показателей качества продукции. Предложенный подход и программа протестированы на данных с натурального объекта лабораторной установки. Результаты корреляционного анализа параметров лабораторной установки соответствуют технологической схеме установки.

Библиографический список

1. Шумихин А.Г., Бояршинова А.С. Идентификация сложного объекта управления по частотным характеристикам, полученным экспериментально на его нейросетевой динамической модели // Автоматика и телемеханика. – 2015. – № 4. – С. 125–134.
2. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. – М.: Химия, 1975.

Сведения об авторах

Александрова Анна Сергеевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: boyarshinovaann@gmail.com

Чувызгалов Даниил Геннадьевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: daniilkadaniil@gmail.com

About the authors

Aleksandrova Anna Sergeevna – Ph.D. in Technical Sciences, Senior Lecturer of the Equipment and automation of chemical production department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: boyarshinovaann@gmail.com

Chuyzgalov Daniil Gennadevich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: daniilkadaniil@gmail.com

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДБОРА ПАРАДИГМЫ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ СВЯЗИ ВЫХОДНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА С ВХОДНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Д.А. Юрков, П.Ю. Сокольчик

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрена автоматизация процесса подбора парадигмы нейросетевых моделей используемых для получения статических зависимостей, связывающих выходные показатели качества продукции, показатели качества сырья и технологических параметров.

Ключевые слова: автоматизация, прогноз, нейросетевые модели, технологические параметры.

AUTOMATION OF PARADIGM SELECTION OF NEURAL NETWORK MODELS FOR COMMUNICATION OF OUTPUT QUALITY INDICATORS WITH INPUT INDICATORS AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS

D.A. Yurkov, P.Yu. Sokolchik

Perm National Research Polytechnic University, Perm

The article discusses the automation of the process of selection of the paradigm of neural network models to obtain the static dependencies of the output indicators of product quality from the input quality indicators and technological parameters.

Keywords: automation, forecast, neural network models, technological parameters.

Для технологических производств важными задачами управления являются задача прогноза показателей качества продукта, которые зависят от показателей качества исходных веществ (сырья) и технологических режимов, а также обратная задача управления технологическими режимами и подбором сырья для приближения показателей качества готовой продукции к требуемым значениям.

Для получения зависимостей, используемых для прогноза показателей качества продукции, использовались в том числе формальные нейросетевые модели прямого распространения. Адекватность таких

моделей подтверждена по критерию Фишера. При этом адекватность такой модели сильно зависит от парадигмы и метода обучения нейронной сети.

Для каждого производства и разного набора сырья подбор парадигмы нейронной сети индивидуален и занимает продолжительное время. Целью работы является разработка алгоритма и программного инструмента по автоматизации подбора парадигмы нейронной сети для решения задач прогноза показателей качества.

В качестве исходных данных использованы данные с окислительной колонны полного заполнения с выносным сепаратором производства битумов. Рассмотрены 118 технологических ситуаций, которые разделены на обучающую (90 точек) и тестовую (28 точек) выборки.

В качестве критерия адекватности нейросетевой модели использован критерий Фишера. Принято, что модель считается адекватной, если критерий Фишера больше табличного критерия Фишера равного 2,0299.

Рассмотрены следующие параметры парадигмы нейросетевых моделей:

- форма активации нейронов (логарифмическая, гиперболический тангенс, линейная);
- количество нейронов на скрытых слоях (5, 7, 9, 11, 13);
- количество скрытых слоев (1, 2, 3, 4);

Использованы следующие методы обучения:

- Байесовская регуляризация;
- метод Левенберга-Марквардта.

Рассматривались 2 критерия выбора нейросетевой модели:

1) нахождение нейросетевой модели обладающих максимальным значением критериев Фишера по отдельным выходным показателям качества;

2) нахождение нейросетевой модели с наибольшей суммой квадратов критерия Фишера по всем выходным показателям качества.

Результатом работы является алгоритм подбора парадигмы нейросетевой модели и его программная реализация.

После выполнения поиска наилучшей парадигмы нейросетевой модели относительно к реальным данным производства битумов по полученным в результате работы программы критериям Фишера выбрана следующая парадигма. Полученная нейросетевая модель

для выбранного примера производства может использоваться для прогноза показателей качества продукции в ходе технологического процесса (таблица).

Характеристики нейронной сети

Метод обучения	Форма активации	Кол-во нейронов на скрытом слое	Кол-во скрытых слоев	Итерации	Критерий Фишера	
					F1	F2
Trainlm	Logsig	11	3	20	28,94	13,27

Разработанный алгоритм подбора парадигмы нейросетевой модели и его программная реализация позволяют упростить исследователю процесс выбора формальной нейронной сети для задач прогноза показателей качества продукции для любого производства технологической направленности.

Библиографический список

1. Полевщиков И.С., Файзрахманов Р.А. Автоматизированное управление тестированием программных систем с применением нейронных сетей // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5283
2. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2001. – 221с.
3. Круглов В.В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 382 с.
4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
5. Юрков Д.А., Сокольчик П.Ю., Сташков С.И. Построение регрессионных моделей связи параметров технологического процесса // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика: материалы X Междунар. интернет-конф. молодых ученых, аспирантов, студентов, 20 ноября – 31 декабря 2018 г. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2019. – С. 219–222.
6. Прогнозирование и управление качеством битумов на основе формальных моделей / С.И. Сташков, А.Г. Шумихин, П.Ю. Сокольчик, А.С. Ширкунов, Д.А. Юрков // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 1. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5508

Сведения об авторах

Юрков Дмитрий Андреевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: mactepbeka@gmail.com

Сокольчик Павел Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: psokol@pstu.ru

About the authors

Yurkov Dmitry Andreevich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: mactepbeka@gmail.com

Sokolchik Pavel Yurievich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Equipment and automation of chemical industry department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: psokol@pstu.ru

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ВНЕШНЕЙ ОТКАЧКИ

Т.В. Завизион, М.С. Орехов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрено создание математической модели насосной установки на нефтеперекачивающей станции с необходимыми характеристиками оборудования и технологических потоков.

Ключевые слова: математическая модель, насосная установка, алгоритм управления.

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF A PUMPING SYSTEM FOR EXTERNAL PUMPING

T.V. Zavizion, M.S. Orehov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

The article describes the creation of a mathematical model of a pumping unit at an oil pumping station with the necessary characteristics of equipment and process flows.

Keywords: mathematical model, pumping station, control algorithm.

На нефтеперекачивающей промежуточной станции НПС «Пихта», предназначенной для перекачки нефти с месторождений северных районов Пермского края на УППН «Каменный Лог» по нефтепроводу «Чашкино – УППН «Каменный Лог» имеется насосная установка внешней откачки Н-1.

Автоматическая система управления (АСУ) насосной установки внешней откачки состоит из 4 насосов Н-1/1-4 (2 рабочих, 2 резервных) (рис. 1). Насосы работают парами, переключение производится по следующему алгоритму: если насос № 1 выходит из строя, то происходит автоматическое переключение на резервный насос № 3, аналогично насос № 2 переключается на насос № 4. Давление на приём насосов составляет 0,03-0,1 МПа. Режим работы насосов постоянный. Давление на выкидном трубопроводе с насосов составляет от 2,3 до 5,2 МПа. Нефть с насосов поступает на узел регулирования давления. Необходимо поддерживать давление после себя в нефтепроводе от

1,3 до 3,8 МПа. Для поддержания давления предусматривается регулирующий клапан. После узла регулирования давления нефть поступает в существующий нефтепровод и транспортируется на УППН «Каменный лог» [1].

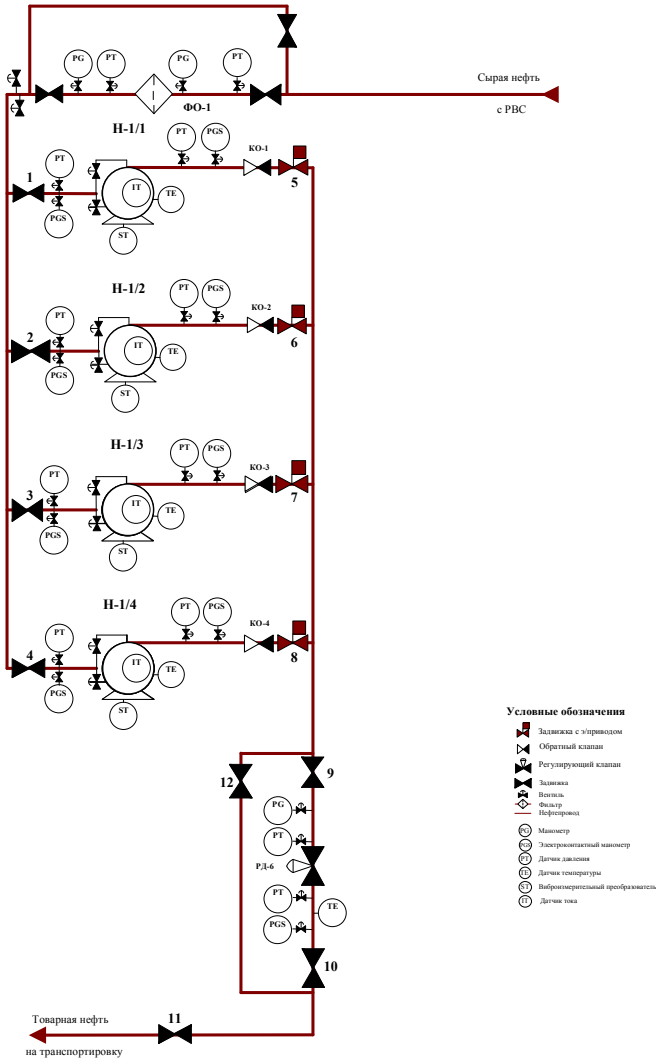


Рис. 1. Технологическая схема установки

Для разработки алгоритма управления насосами, наладки и программирования контроллера на нефтеперекачивающей станции необходимо разработать математическую модель данной насосной установки.

Данную модель не представляется возможным реализовать физически, следовательно, необходимо создать имитационную модель. Для этого воспользуемся программным пакетом UniSim Design, который позволяет создать динамическую модель, учитывающую не только характеристики насосного оборудования, но и состав и состояние технологических потоков. Такую модель возможно использовать для оптимизации технологической установки и системы управления, анализа нештатных ситуаций и рисков, мониторинга рабочих показателей и устранения неполадок [2].

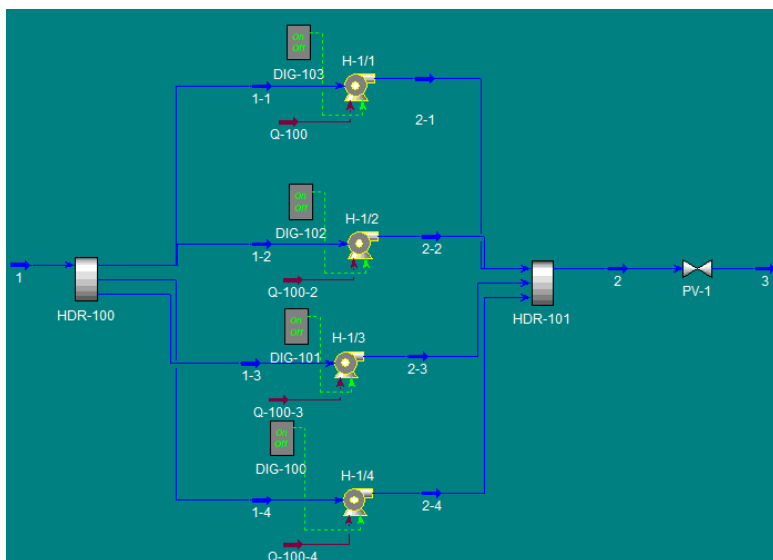


Рис. 2. Математическая модель насосной установки

Для создания такой модели необходимо задать технологические потоки, входящие и выходящие с насосов. А также необходимые характеристики оборудования:

Материальный поток: сырая нефть [3].

Характеристики насосного агрегата [4]:

Производительность – 300 м³/час

Напор – 480 м

Мощность привода – 630 кВт
Частота вращения – 1500 об/мин
Масса агрегата – 5950 кг, в т.ч. масса насоса 2150 кг.
Получаем математическую модель, представленную на рис. 2.

В результате выполнения работы получена математическая модель насосной установки.

В дальнейшем предполагается разработка и отладка алгоритма управления насосной установкой внешней откачки Н-1 На нефтеперекачивающей промежуточной станции НПС «Пихта».

Библиографический список

1. Технологический регламент площадка насосной станции НПС «Пихта».
2. Unisim Design r443. – URL: <https://ru.scribd.com/document/344952447/Unisim-Design-r443-Usdr443Scn> (дата обращения: 11.11.2019).
3. Нефти и газовые конденсаты России. Справочник. – URL: <https://www.geokniga.org/books/9012> (дата обращения: 12.11.2019).
4. Электронасосный агрегат ЦНСнт 300-480/420. – URL: <http://vmz-nasos.ru/nasos/cnsg300-420-teh.html> (дата обращения: 10.10.2019).

Сведения об авторах

Завизион Татьяна Владимировна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: tanyazavizion@gmail.com

Орехов Михаил Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: msorehov@pstu.ru

About the authors

Zavizion Tatyana Vladimirovna – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: tanyazavizion@gmail.com

Orekhov Mikhail Sergeevich – Senior Lecturer of the Equipment and automation of chemical industry department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: msorehov@pstu.ru

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОНАСОСА НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ ARDUINO UNO И ИНТЕГРАЦИЯ С ПРОМЫШЛЕННЫМ КОНТРОЛЛЕРОМ ОВЕН ПЛК 110–32

Д.А. Юрков, Е.А. Попова, М.С. Орехов
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрена разработка имитационной модели электронасоса для создания и наладки алгоритмов управления насосным оборудованием на промышленных контроллерах.

Ключевые слова: имитационная модель, алгоритм управления, контроллер.

DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL OF ELECTRIC PUMP ON ARDUINO UNO MICROCONTROLLER AND INTEGRATION WITH INDUSTRIAL CONTROLLER ARIES PLC 110-32

D.A. Yurkov, E.A. Popova, M.S. Orekhov
Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article describes the development of a simulation model of an electric pump for creating and adjusting control algorithms for pumping equipment on industrial controllers.

Keywords: simulation model, control algorithm, controller.

Стремительное развитие информационных технологий даёт возможность внедрить в современный образовательный процесс методы имитационного моделирования промышленного объекта управления, не прибегая к созданию сложной и громоздкой физической модели этого объекта. С помощью микроконтроллера удобно создавать физические модели, имитирующие работу какого-либо технологического объекта управления. Такой имитатор позволит исследовать не только алгоритмы управления работой объектов, но и обработку (фильтрацию, масштабирование и т.п.) реальных, а не модулируемых сигналов.

В статье идет речь о физической модели, построенной на базе микроконтроллера Arduino Uno, реализующей в некотором приближении те же зависимости, что и реальный объект.

При изучении любых объектов (технических систем, процессов, явлений) основной задачей является построение их моделей. Модель представляет собой отображение в той или иной форме свойств, закономерностей, физических и других характеристик, присущих исследуемому объекту [1, 2]. На практике в научно-исследовательской работе мы разработали небольшую физическую модель, реализованную на микроконтроллере Arduino Uno, которая позволяет симитировать алгоритм пуска электронасоса. Данная плата является одной из наиболее часто используемых благодаря ее дешевизне и аппаратной поддержке USB, что позволяет организовывать связь без дополнительных преобразователей. Микроконтроллер представляет собой небольшое устройство, к которому подключаются все остальные элементы системы. Координация работы подключенных к Arduino элементов осуществляется при помощи прописанных в нём скриптов и соответствующих электрических сигналов.

Достоинства Arduino заключаются в небольших размерах платы, гибкости и удобстве программирования, скорости опроса, большом количестве различных модулей расширения и низком пороге вхождения (затраченное время/усилие для включения в самостоятельный процесс работы). К недостаткам можно отнести малую частоту микропроцессора и небольшой объем памяти для сохранения программ. С помощью платы Arduino Uno можно создавать различные сложные цифровые устройства, контролировать переменные и изменять систему под их состояние. Технические характеристики Arduino Uno R3 представлены в таблице.

Технические характеристики Arduino Uno R3

Рабочее напряжение	5 В
Напряжение питания (рекомендуемое)	7–12 В
Цифровые входы/выходы	14 (из них 6 могут использоваться в качестве ШИМ-выходов) с.к. 7,8 DI/O
Flash-память	32 КБ из которых 0,5 КБ используются загрузчиком
Тактовая частота	16 МГц

Плата Uno может получать питание от USB порта или от внешнего источника. Модуль Arduino UNO имеет средства для связи с компьютером, с другой платой UNO или с другими микроконтрол-

лерами. Прошивка ATmega328 использует стандартные драйверы USB-COM, и установка дополнительных драйверов не требуется [3].

Физическая модель реализуется довольно просто: при помощи микроконтроллера, макетной платы, проводов и дополнительных компонентов, таких как резисторы, светодиоды и кнопки, собирается электрическая схема, далее запрограммированная в микроконтроллере программа начинает обрабатывать физические сигналы и на макетной плате начинает светиться либо гаснуть светодиод, оповещающий об успешном пуске/останове насоса.

Программа имитации пуска/останова электронасоса была создана при помощи графического языка программирования – XOD [4]. Использование языка графического программирования позволяет ускорить процесс разработки алгоритма, а также снизить порог входа в разработку проектов на основе семейства плат Arduino.

В XOD используются функциональные блоки, называемые нодами. Ноды соответствуют различным математическим и логическим функциям, реальными датчикам, моторам и прочими устройствами. Также имеется возможность работы с текстом.

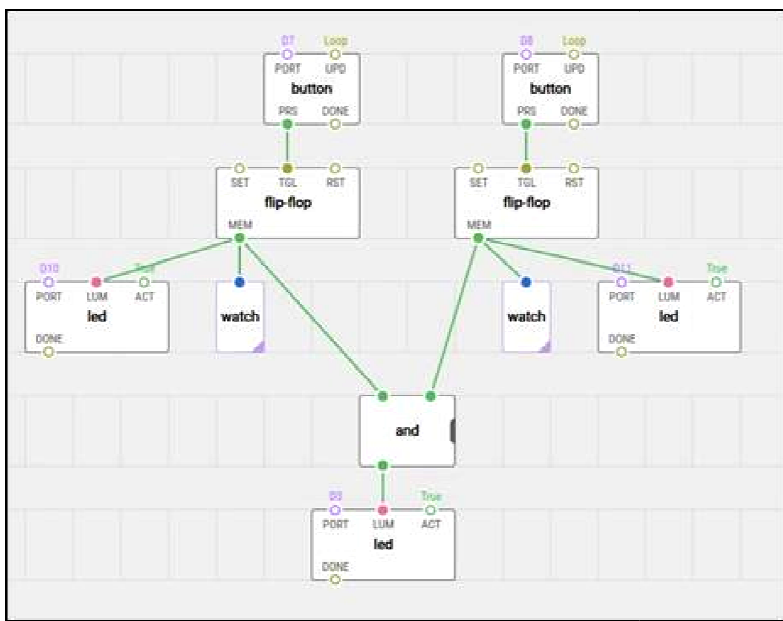


Рис. Алгоритм имитации пуска/останова электронасоса

У каждой ноды есть как минимум один вход для данных и выходы для вывода результата работы. Связи между входами и выходами нод определяют поведение программы.

Созданные связи между выходами и входами разных нод определяют порядок передачи данных между логическими блоками. Данные с выхода одной ноды передаются на вход другой.

Разработанная программа представлена на рисунке.

Запрограммировав микроконтроллер и подключив его к промышленному контроллеру, убедились в том, что промышленный контроллер управляет Arduino, а Arduino, в свою очередь, принимает сигналы от ПЛК-110-32 [5].

Разработанный аппаратно-программный комплекс позволяет имитировать поведение объекта управления с помощью имитационного моделирования с последующей обработкой дискретных входных и выходных сигналов системы управления.

В дальнейшем предполагается усовершенствование программы «алгоритма имитации пуска/останова электронасоса», усложнение структуры имитационной модели насоса (или группы насосов) с целью разработки алгоритмов управления.

Библиографический список

1. Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: учеб. пособие для вузов. – М.: Академкнига, 2008.

2. Шувалов В.В., Огаджанов Г.А., Голубятников В.А. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности: учебник. – М.: Химия, 1991.

3. Arduino Uno Rev3. Официальный магазин Arduino. – URL: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3> (дата обращения: 23.11.2019).

4. Визуальный язык программирования для микроконтроллеров XOD: – URL: <https://xod.io/> (дата обращения: 25.11.2019).

5. Контроллер программируемый логический ОВЕН ПЛК110: руководство по эксплуатации.

Сведения об авторах

Юрков Дмитрий Андреевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: mactepbeka@gmail.com

Попова Елизавета Андреевна – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: liza_19-99@mail.ru

Орехов Михаил Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: atp@pstu.ru

About the authors

Yurkov Dmitry Andreevich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: mactepbeka@gmail.com

Popova Elizaveta Andreevna – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: liza_19-99@mail.ru

Orekhov Mikhail Sergeevich – Senior Lecturer of the Equipment and automation of chemical industry department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: atp@pstu.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЖИЛОГО ДОМА

Д.И. Федоров, А.А. Широков

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрен функционал, который предоставляют системы «умного дома» в сфере автоматизации основных технологических процессов объектов индивидуального жилищного строительства. Описаны наиболее востребованные подсистемы и основные способы управления.

Ключевые слова: автоматизация, умный дом, инженерные коммуникации.

AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES RESIDENTIAL HOUSES

D.I. Fedorov, A.A. Shirokov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article discusses the functionality that smart home systems provide in the field of automation of the basic technological processes of individual housing construction projects. The most demanded subsystems and basic control methods are described.

Keywords: automation, smart House, engineering Communication.

На рынке недвижимости Российской Федерации большую нишу занимает индивидуальное жилье – дачи, коттеджи и таунхаусы. Перед строителями такого жилья стоит множество задач. Одна из наиболее важных – это организация инженерных сетей.

Под инженерными сетями чаще всего понимают сеть инженерно-технического обеспечения – совокупность трубопроводов, коммуникаций и других сооружений, предназначенных для инженерно-технического обеспечения зданий и сооружений [1]. Это все сети, которые прокладываются по дому и служат для обеспечения дома требуемыми ресурсами.

Инженерные сети индивидуального жилья в большинстве случаев по принципу подачи в жилой дом ресурсов являются децентрализованными, их также принято называть локальными или распределенными [2].

Децентрализованными называют сети, в которых источник целевого ресурса находится на прилегающей территории или непосредственно в здании потребителя. Как правило, децентрализованными ресурсами являются водоснабжение и отопление, реже выработка электроэнергии и газоснабжение с использованием газовых баллонов.

Децентрализованные сети имеют ряд преимуществ перед централизованными, а именно:

- экономичность – за некоторым исключением, локальные инженерные системы при эксплуатации являются экономически выгоднее для потребителей ввиду отсутствия затрат на транспортировку требуемого ресурса к потребителю;

- более простые организационные мероприятия – при обустройстве локальных систем нет необходимости в построении внешних сетей доставки ресурсов до потребителей, вся инфраструктура находится непосредственно на объекте потребителя;

- комфорт – хорошо организованные локальные инженерные системы позволяют потребителю самостоятельно контролировать показатели технологических переменных и в широком диапазоне изменять их по своему желанию.

Для обеспечения оптимального регулирования технологическими переменными в угоду комфорту и экономичности, а также для обеспечения безопасности потребителей в случае аварийных ситуаций локальные системы требуют автоматизации технологических процессов, протекающих в них.

На сегодняшний день на рынке представлено множество решений для автоматизации технологических процессов жилого дома, позволяющих организовать удаленное и программное управление процессами. Такие системы получили название «умный дом». Основной концепцией данных систем является управление в рамках единой системы всеми технологическими процессами жилого дома. Развитию таких систем послужила возможность управлять оборудованием удаленно посредством сервисов сотовой связи. Другим стимулом внедрения систем является возможность постепенной автоматизации инженерных систем по мере необходимости или готовности. Особенно это касается систем «умный дом» на основе беспроводных каналов связи.

Объемы данной статьи не позволяют детально рассмотреть все варианты реализации данных систем. Остановимся на самых важных и наиболее востребованных функциях.

Системы умного дома предоставляют широкие возможности по автоматизации электрической сети индивидуального жилья. Электрическая энергия используется для освещения помещений и территории, во многих случаях для обогрева помещений с помощью электронагревателей, организации водоснабжения. Каждая из этих сфер применения может быть автоматизирована. Управление данными подсистемами может выполняться по заложенной программе автоматически (включение и выключение освещения по сигналам от датчиков движения), командами с единого диспетчерского пульта и удаленно по сигналам, передаваемым посредством сотовой сети.

Автоматизация учета электроэнергии – еще один важный функционал системы умного дома. Многие системы имеют возможность автоматической подачи показаний счетчиков посредством автоматически генерируемых электронных писем или сервисов, поддерживаемых управляющей компанией.

В большей степени нуждаются в автоматизации децентрализованные системы водоснабжения. Как правило, в таких системах жилой дом снабжается водными ресурсами посредством водяной скважины. Системы умного дома позволяют настраивать частоту вращения насоса скважины, поддерживая давление в системе на требуемом уровне. В случае если скважина имеет низкий дебит, возможна установка аккумуляторного бака, из которого посредством нагнетательного насоса вода будет подаваться в систему водоснабжения к потребителю. Сам бак в такой системе циклически наполняется водой из скважины.

За редким исключением, горячее водоснабжение в частных домах реализовано посредством водонагревателя, установленного непосредственного в здании потребителя. Системы умного дома позволяют управлять интенсивностью нагрева газовых или электрических водонагревателей для достижения оптимального переходного процесса нагрева воды до требуемой температуры и нивелирования ошибки.

Автоматизация отопления является одной из наиболее востребованных направлений домашней автоматизации. Системы умного дома могут осуществлять регулирование интенсивностью отопления

жилого дома. Регулирование осуществляется за счет изменения положения регулирующих клапанов радиаторов. Кроме того, имеется возможность изменять мощность электрического котла или подачу газа в газовый котел, регулировать циркуляцию теплоносителя в системе. Умные дома дают возможности установки желаемой температуры для каждого помещения здания в отдельности, позволяют программировать температуру помещений по времени, что снижает энергопотребление в периоды отсутствия дома жильцов.

Помимо отопления, системы умного дома способны реализовать управление вентиляцией, увлажнителями воздуха и кондиционированием. Система управления показателями микроклимата помещений объединяет в себе управление всеми устройствами, позволяя избегать таких коллизий, как одновременная работа отопления и кондиционера в режиме охлаждения. Пользователь задает требуемые показатели микроклимата помещений, а система умного дома в автоматическом режиме решает, какое из технических средств применить.

Немаловажным фактором является обеспечение безопасности. К системам безопасности умного дома можно отнести систему защиты от несанкционированного проникновения, систему оповещения о пожаре, систему защиты от протечек воды и систему защиты от утечек бытового газа. В случае возникновения аварийной ситуации системы способны предупредить пользователя путем передачи сообщений на смартфон, телефонного звонка или звуковой сигнализации.

Системы умного дома имеют не только предупредительную, но и исполнительную сигнализацию. Так, в случае протечки воды или утечки газа, система в автоматическом режиме перекроет запорную арматуру соответствующей инженерной коммуникации. В случае возникновения пожара возможно автоматическое включение средств пожаротушения. Все эти меры призваны минимизировать материальный ущерб и ущерб здоровью пользователей.

Системами умного дома можно управлять посредством настенных сенсорных терминалов, приложения для смартфона или голосового управления. Высокая интегрированность подсистем позволяют реализовывать самые разнообразные сценарии, частично освобождая владельца от управления технологическими процессами дома.

Таким образом, системы умного дома являются серьезным инструментом для автоматизации технологических процессов жилого дома. Они не только повышают уровень комфорта, но и позволяют

в значительной мере экономить ресурсы. Системы умного дома предоставляют высокую степень персонализации, полностью покрывая потребности пользователей в домашней автоматизации.

Стоит отметить, что концепция системы умного дома помимо автоматизации технологических процессов подразумевает наличие искусственного интеллекта, способного предугадывать желания пользователей и контролировать технологические переменные дома без вмешательства человека.

Библиографический список

1. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 N 384-ФЗ.

2. Бажанов А.П. Инженерное обустройство территории. Ч. 2. – М.: БИБКМ, 2012.

Сведения об авторах

Федоров Данил Игоревич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: fyodorov.danil@yandex.ru

Шировков Александр Аркадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации», Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: shirokov@pstu.ru

About the authors

Fedorov Danil Igorevich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: fyodorov.danil@yandex.ru

Shirokov Alexander Arkadevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Microprocessor Automation Means Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: shirokov@pstu.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ КАЛИБРОВКИ ПОТОЧНОГО АНАЛИЗАТОРА

А.Ш. Зиануров¹, И.А. Вялых²

¹ООО «Инфраструктура ТК»

²Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Представлен алгоритм калибровки поточного анализатора на НПЗ. В химической технологии часто возникает задача смешения продуктов нефтепереработки, при этом качество компонентов смешения нестабильно, в связи с этим в процессе смешения используются поточные анализаторы контроля качества компонентов смешения и продукта. В связи с частым изменением состава компонентов смешения калибровочные модели поточных анализаторов устаревают, поэтому возникает необходимость их подстройки и обновления. В работе предложен алгоритм калибровки.

Ключевые слова: поточный анализатор, калибровочная модель, PI-system.

AUTOMATION OF CALIBRATION PROCEDURE FOR FLOW-LINE ANALYZER

A.Sh. Zianurov¹, I.A. Vyalykh²

¹LLC "Infrastructure TC"

²Perm National Research Polytechnic University, Perm

We consider the calibration algorithm of the flow-line analyzer at the territory of oil refinery. The task of mixing petroleum products often arises in chemical technology, while the quality of mixing components is not stable, in this regard, in the mixing process, flow-line analyzers are used to control the quality of the mixing components and the product. Gauge models of flow-line analyzer become obsolete because of the frequent changes in the composition of the mixing components, therefore, there is a need to adjust and update them. We consider the calibration algorithm.

Keywords: flow-line analyzer, guage model, PI-system.

В условиях непрерывного производства применение прямых лабораторных измерений показателей качества становится все более затруднительным. Кроме самой дороговизны эксперимента они характеризуются длительностью проведения. Для таких участков производства, например, как автоматическая станция смешения бензинов, вопрос качества анализа стоит очень остро. Такая система

позволяет снизить расходы на лабораторный анализ и сократить время приготовления продуктов, что ведет к увеличению объема производства целевого продукта.

Для решения данной проблемы применяют поточные анализаторы качества. Такое решение имеет ряд преимуществ, однако есть и существенный недостаток – актуализация калибровочных моделей анализатора.

Прибор работает на основе калибровочной модели, которая рассчитывает значения показателей качества на основе ИК-спектров. Погрешности, возникающие в измерениях, можно связать с недостаточной точностью калибровочных моделей.

На рис. 1 представлена структурная схема передачи информации на объекте НПЗ, реализованной на данный момент.

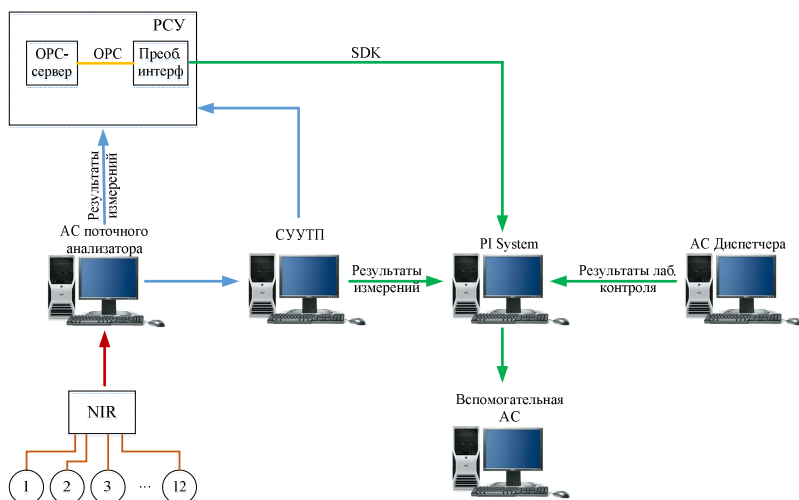


Рис. 1. Структурная схема передачи информации на объекте НПЗ

Для контроля над результатами измерения поточного анализатора, основанного на интеграции информации из PI-system, разработан пользовательский интерфейс [1]. После этого структура передачи информации на объекте НПЗ будет иметь вид, представленный на рис. 2.

Неточность калибровочных моделей поточного анализатора ведёт к выпуску бракованной продукции или к перерасходу дорогостоящих компонентов для поддержания запаса точности показателей качества продукции.

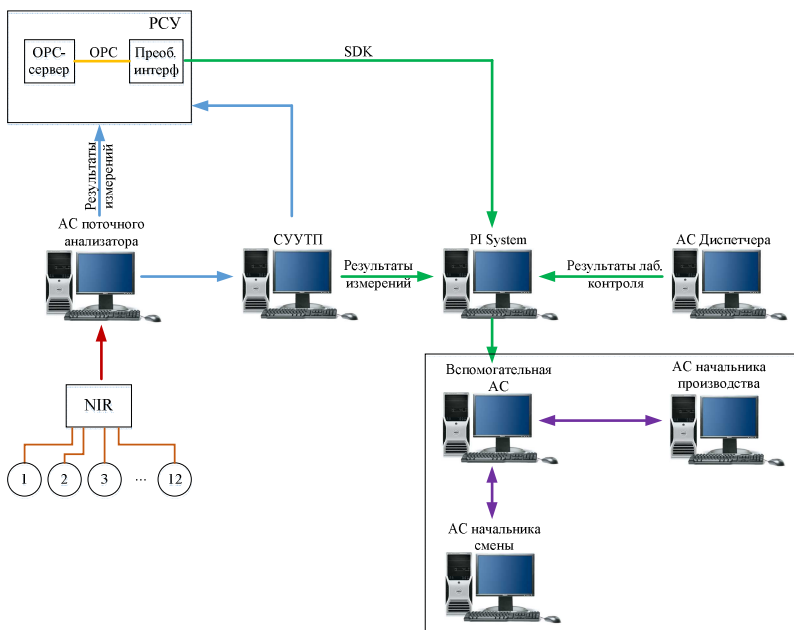


Рис. 2. Структурная схема передачи информации на объекте НПЗ после автоматизации

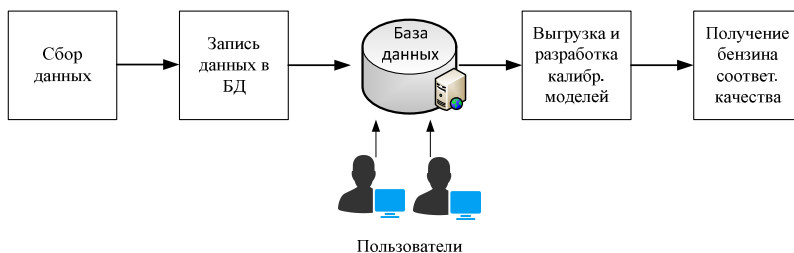


Рис. 3. Алгоритм разработки калибровочных моделей

Новые калибровочные модели создаются путем интеграции информации из PI-system, включающей результаты лабораторного контроля, измерения поточного анализатора, файлы спектров поточного анализатора, синхронизированные во времени [4]. На основе полученных данных формируется новая база данных, которые заносятся в специализированное программное обеспечение для создания

калибровочных моделей поточного анализатора [3]. Пользователи при помощи веб-интерфейса могут наблюдать за результатами измерения поточного анализатора, выгружать данные для калибровки. Алгоритм разработки калибровочных моделей представлен на рис. 3.

Таким образом, поддержание калибровочных моделей для поточного анализатора в актуальном состоянии ведёт к увеличению точности измерения показателей качества продукции, а следовательно к снижению затрат на производство продукции заданного качества.

Библиографический список

1. Зиануров А.Ш., Вялых И.А., Степанов А.О. Интеграция локальных систем управления в АСУ ТП и АСУП // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика: материалы X Международ. интернет-конф. молодых ученых, аспирантов, студентов г. Пермь, 20 ноября – 31 декабря 2018 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2019. – С. 146–150.

2. Власов С.А., Вялых И.А. Интеграция информационных систем химико-технологических процессов // Химия. Экология. Урбанистика: материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых учёных, аспирантов, студентов и школьников (с междунар. участием), г. Пермь, 19–20 апреля 2018 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. – С. 665–668.

3. Примак А.Е., Шумихин А.Г., Сташков С.И. Предварительная обработка данных спектрального анализа в обучающей выборке для создания моделей для поточного анализатора светлых нефтепродуктов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2012. – № 14. – С. 34–43.

4. Промышленная автоматизация ИНДАСОФТ. PI SYSTEM. – URL: https://www.indusoft.com.ua/products/osisoft/PI_SYSTEM/article/109/ (дата обращения: 05.12.2019).

5. OSIssoft. Операционная аналитика. PI SYSTEM. – URL: <https://www.osisoft.ru/pi-system/> (дата обращения: 05.12.2019).

6. Уланов Г.М., Алиев Р.А., Кривошеев В.П. Методы разработки интегрированных АСУ промышленными предприятиями. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.

7. ComNews Conferences. PI SYSTEM как единая информационная платформа нефтеперерабатывающего завода. – URL: <https://www.comnews.ru/content/111710/2018-02-07/pi-system-kak-edinaya-informacionnaya-platforma-neftepererabatyvayushchego-zavoda-andrey-belyakov-vedushchiy-specialist-sluzhby-it-po> (дата обращения: 05.12.2019).

Сведения об авторах

Зиануров Алмаз Шамильевич – инженер по АСУ ТП ООО «Инфраструктура ТК», Пермь, e-mail: Almaz.Zianurov@infra.ru

Вялых Илья Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: atp@pstu.ru

About the authors

Zianurov Almaz Shamilevich – Engineer of PCS LLC «Infrastrukturа ТК», Perm, e-mail: Almaz.Zianurov@infra.ru

Vyalykh Ilya Anatolevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Equipment and automation of chemical production, Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: atp@pstu.ru

СОЗДАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПО ИЗУЧЕНИЮ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Д.А. Платонов, М.С. Орехов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрены аспекты регулирования и управления тепловыми объектами, показаны возможные алгоритмы управления ими. Спроектирована и создана лабораторная учебная установка по изучению алгоритмов управления тепловыми объектами, способная оценить, качественно и количественно, эффективность различных подходов к управлению тепловыми объектами. Проведено апробирование лабораторной установки с простейшим алгоритмом регулирования.

Ключевые слова: алгоритм управления, тепловые объекты.

CREATION OF A RESEARCH LABORATORY FACILITY FOR THE STUDY OF CONTROL ALGORITHMS FOR THERMAL OBJECTS

D.A. Platonov, M.S. Orehov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

The paper considers the aspects of regulation and control of thermal objects. Possible algorithms of control of such objects are shown. Designed and created a laboratory training facility for the study of algorithms for the management of thermal objects, able to assess, qualitatively and quantitatively, the effectiveness of different approaches to the management of thermal objects. Testing of laboratory installation with the simplest algorithm of regulation is carried out.

Keywords: control algorithm, thermal objects.

Объекты, связанные с теплообменом, имеют свои особенности при регулировании и управлении. Это связано с тем, что процессы нагревания и процессы охлаждения происходят с разной скоростью, нагревание происходит намного быстрее охлаждения. Из-за таких особенностей становится неочевиден выбор алгоритма регулирования. Рассмотрим основные алгоритмы регулирования.

Двухпозиционное регулирование – простейший алгоритм, при котором регулятор сравнивает текущее и заданное значения регулируемого параметра и выдает на выход сигнал 1 или 0 в зависимости от положительного или отрицательного значения отклонения, отличительной особенностью является то, что при двухпозиционном регулировании возникают автоколебания.

ПИД-регулирование (в том числе его различные модификации) является универсальным алгоритмом и подходит практически для любых ситуаций, включает в себя пропорциональную, интегральную и дифференциальную составляющие. Его отличие от двухпозиционного регулирования в том, что выходной сигнал непрерывен, и он управляет исполнительным механизмом, меняя его мощность от 0 до 100 %.

Также существуют другие, более сложные алгоритмы регулирования и управления, которые реализуются с помощью промышленных компьютеров и ПЛК.

Для исследования алгоритмов регулирования тепловых объектов собрана лабораторная установка, с помощью которой возможно сравнить эффективность алгоритмов, рассмотренных выше. Стенд состоит из объекта регулирования (эмулятор печи ЭП10 [1]) и регулятора (контролер YOKOGAWA UT55A [2]), способного реализовывать данные алгоритмы. Также регулятор может быть подключен к ПК, что дает возможность исследовать более сложные алгоритмы. Схема стенда предоставлена рис. 1.

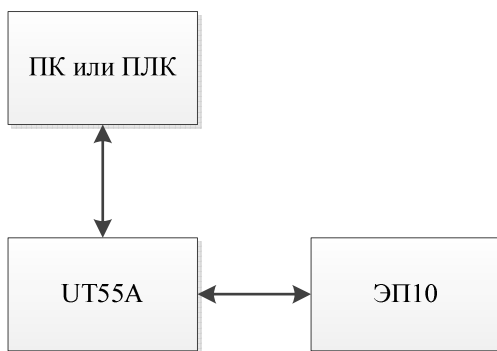


Рис. 1. Схема стенда

При исследовании метода двухпозиционного регулирования при задании $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ получены следующие результаты: величина относительного перерегулирования составила 49% , период автоколебаний равен 178 с , амплитуда автоколебаний $8,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, причем нижняя граница колебаний – $39,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а верхняя – $48,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Переходная характеристика объекта изображена на рис. 2. Из этих данных видно, что объект почти все свое время имел температуру выше заданной ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$).

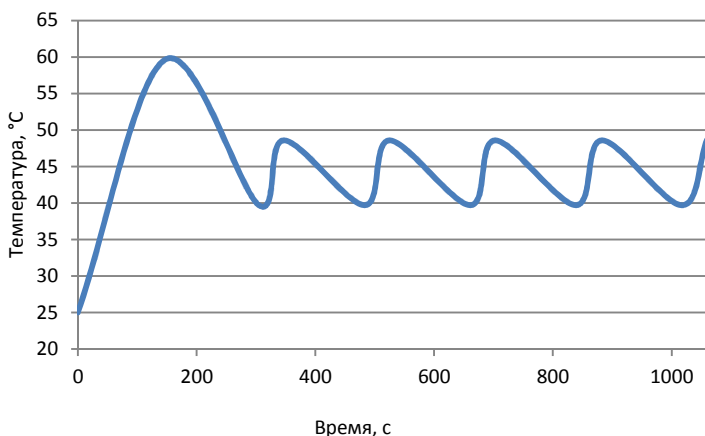


Рис. 2. Переходная характеристика двух позиционной системы регулирования

В дальнейшем времени будут проведены исследование других алгоритмов регулирования, сравнение показателей их эффективности и, исходя из этих показателей, найден оптимальный алгоритм для тепловых объектов.

Библиографический список

1. Эмулятор печи ЭП10 [Электронный ресурс]. – URL: <https://owen.ru/product/ep10> (дата обращения: 22.12.2019).

2. Контроллеры с цифровой индикацией UT55A [Электронный ресурс]. – URL: http://www.yokogawa.ru/products/local_control_and_data_recording/local_controllers/ut32a-ut35a-ut52a-ut55a-ut75a/ (дата обращения: 22.12.2019).

Сведения об авторах

Платонов Данил Анатольевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: Danya_platonov@mail.ru

Орехов Михаил Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: msorehov@pstu.ru

About the authors

Platonov Danil Anatolovich – Student of Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: Danya_platonov@mail.ru

Orekhov Mikhail Sergeevich – Senior Lecturer of the Equipment and automation of chemical industry department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: atp@pstu.ru

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ ARDUINO UNO

Д.А. Юрков, М.А. Дмитриев, М.С. Орехов
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрена физическая и программная реализация разработки имитационной модели объекта управления на микроконтроллере Arduino Uno.

Ключевые слова: автоматизация, имитационная модель, микроконтроллер.

DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL OF A CONTROL OBJECT ON THE ARDUINO UNO MICROCONTROLLER

D.A. Yurkov, M.A. Dmitriev, M.S. Orekhov
Perm National Research Polytechnic University, Perm

The article discusses the physical and software implementation of the development of a simulation model of the control object on the Arduino Uno microcontroller.

Keywords: automation, simulation model, microcontroller.

Arduino – аппаратная платформа для разработки устройств с платой ввода/вывода и простой средой разработки. Базируется на микроконтроллере Atmel AVR (ATmega). Платы Arduino позволяют своими руками создавать различные устройства, являются хорошим инструментом для начинающих и обучения МК [1].

Arduino обеспечивает управление различными датчиками, системами освещения, принятия и передачи данных. Позволяет проектировать электронные устройства, имеющие более тесное взаимодействие с физической средой в сравнении с теми же ПК, фактически не выходящими за пределы виртуальной реальности.

При работе по изучению основ программирования и настройке промышленных контроллеров, а также разработке мнемосхем была обнаружена проблема отсутствия объектов управления. Поэтому появилась цель разработать и реализовать имитационные модели, а также разработать руководство для последующего применения студентами в создании новых имитационных моделей.

Для научно-исследовательской работы был выбран микроконтроллер Arduino Uno. Данная плата – одна из наиболее часто применяемых, так как довольно компактная, удобная и обладает невысокой стоимостью по сравнению с промышленными контроллерами. Также в открытом доступе имеется большое количество библиотек, реализующих различные информационные протоколы (i2c, RS-485 и пр.), для работы с различным железом (часами реального времени, шаговыми моторами, различными датчиками и пр.), работу с различными данными, фильтрацию и обработку данных.

Микроконтроллер представляет собой небольшую плату, к которой подключаются другие элементы системы. Координация работы подключенных к Arduino элементов осуществляется при помощи прописанных в нём скриптов и соответствующих электрических сигналов (таблица).

Технические характеристики Arduino Uno

Микроконтроллер	ATmega328
Рабочее напряжение	5 В
Напряжение питания (рекомендуемое)	7–12 В
Напряжение питания (предельное)	6–20 В
Цифровые входы/выходы	14 (из них 6 могут использоваться в качестве ШИМ-выходов)
Аналоговые входы	6
Максимальный ток одного вывода	20 мА
Максимальный выходной ток вывода 3.3V	50 мА
Flash-память	32 КБ (ATmega328) из которых 0.5 КБ используются загрузчиком
Тактовая частота	16 МГц

Для программирования нашего контроллера используем программу языка функциональных блоков XOD IDE с открытым исходным кодом [2]. Собираем программу на языке функциональных блоков XOD и реализуем нелинейную зависимость аналоговых выходов от входов (рисунки).

Входное напряжение подается с помощью потенциометра на аналоговый вход A0. С помощью математических операций сложения, умножения и деления реализовано нелинейное преобразование входного сигнала в выходной. Входной сигнал преобразуется и приходит на аналоговый выход (в нашем случае мультиметр). Также для просмотра значений входного и выходного сигналов всё выводится на LCD дисплей 1602 по протоколу i2c.

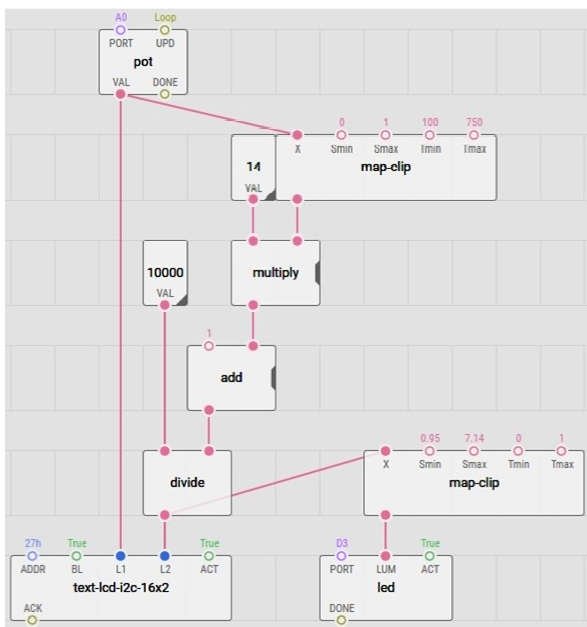


Рис. Программа на языке функциональных блоков

Промышленные контроллеры работают с унифицированными токовыми сигналами 4–20 мА. При необходимости перевести из токового сигнала в кодируемый напряжением и обратно используется нагрузочный резистор на 250 Ом [3].

В ходе проекта мы создали имитационный физический объект на основе микроконтроллера Arduino Uno, используя аналоговые входы и различные элементы системы, смогли преобразовать сигнал в 4–20 мА [4].

В будущем планируется реализовать передаточные функции на языке функциональных блоков XOD IDE, разработать руководство для последующего использования устройства в качестве имитационной модели и разработать устройство для подключения к контроллерам.

Библиографический список

1. Arduino Uno Rev3 | Arduino Official Store [Электронный ресурс]. – URL: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3/> (дата обращения 12.12.2019).

2. ХОД [Электронный ресурс]. – URL: <https://hod.io/> (дата обращения: 12.12.2019).

3. Теоретические основы электротехники / Л.Р. Нейман, Н.С. Демирчак, Л.А. Тимохин [и др.]. – М: Высшая школа, 1990. – 125 с.

4. ГОСТ 13033-84 ГСП. Приборы и средства автоматизации электрические аналоговые. Общие технические условия от 19.12.84 N 4655: дата введения 1986-07-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-13033-84-gsp> (дата обращения: 16.10.2019).

Сведения об авторах

Юрков Дмитрий Андреевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: mactepbeka@gmail.com

Дмитриев Михаил Александрович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: d.mixei@yandex.ru

Орехов Михаил Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: msorehov@pstu.com

About the authors

Yurkov Dmitry Andreevich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: mactepbeka@gmail.com

Dmitriev Mihail Aleksandrovich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: d.mixei@yandex.ru

Orekhov Mikhail Sergeevich – Senior Lecturer of the Equipment and automation of chemical industry department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: msorehov@pstu.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЧИСЛА СИГНАЛИЗАЦИЙ НА АРМ

В.А. Братчиков, М.А. Братчиков, И.А. Вялых
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Предложен метод снижения загрузки оператора технологического процесса путём снижения числа уведомлений и сигнализаций, поступающих на автоматизированное рабочее место оператора РСУ (АРМ).

Ключевые слова: сигнализация, человеко-машинный интерфейс.

DEVELOPMENT OF A MONITORING SYSTEM IN ORDER TO REDUCE THE NUMBER OF ALARMS AT THE OIL REFINING ENTERPRISE

V.A. Bratchikov, M.A. Bratchikov, I.A. Vyalykh
Perm National Research Polytechnic University, Perm

A method for reducing the workload of a process operator by reducing the number of notifications and alarms received at an automated workstation (AWP) is proposed.

Keywords: signaling, human machine interface.

Для безопасного труда и получения качественного продукта любой процесс, протекающий на нефтеперерабатывающем предприятии, требует точного ведения технологического режима на различных стадиях работы. Точность ведения процесса достигается путем использования автоматизированной системы управления, с помощью которой оператор-технолог производит контроль и при необходимости вносит корректировки в технологический процесс.

Одним из недостатков автоматизированных систем является наличие в цепи управления человека, от корректности действий которого во многом зависит безотказная и продуктивная работа АСУ ТП. Любое отклонение от нормальных режимов протекания технологического процесса сопровождается извещением оператора. Оператор-технолог должен получить предупреждающее сообщение или сигнал только в тот момент, когда процесс выходит за рамки допустимых технологических границ или же необходимо произвести вмешательство в ход

технологического процесса. Большой объем данных с ложными предупреждениями вызывает сильную эмоциональную нагрузку на оператора, притупляет его внимание, существенно снижает способность к быстрому и грамотному принятию решения по реагированию на действительно важные события. Зачастую в большом потоке информации может легко затеряться важное информационное сообщение об отказе того или иного оборудования системы АСУ ТП, что, в свою очередь, может привести к невозможности грамотно управлять технологическим процессом, а это влечет за собой риски.

Кроме того, на крупных предприятиях наблюдается тенденция к снижению численности персонала управляющего технологическими процессами, а значит, остро стоит вопрос по снижению трудоемкости управления технологическим процессом с расширением зоны управления одним оператором.

На рис. 1 представлена схема причин возникновения сигнализаций.

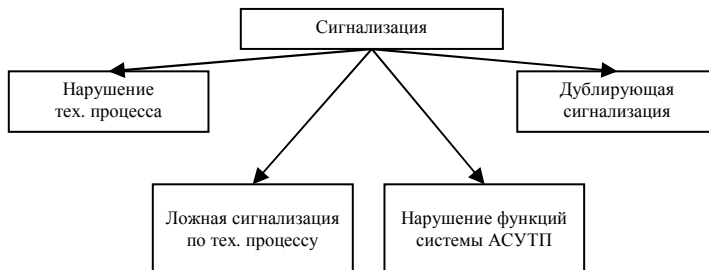


Рис. 1. Структуризация сигнализаций

Проведенный анализ подтвердил, что ключевые показатели эффективности в разрезе сигнализаций на НПЗ значительно хуже рекомендаций стандартов ISA18.2 и ЕЕМUA 191 (таблица) [1, 2].

Нормы сигнализаций, согласно мировым рекомендациям

	ЕЕМUA 191	ANSI/ISA 18.2	НПЗ
Среднее число сигнализаций в день (шт.)	<144 (до 288 можно отработать)	~150 (~300 можно отработать)	~500
Среднее число перманентных сигнализаций в день	<10	<5	~10
Максимальное число сигнализаций за 10 мин	<10	≤10	<50
Среднее число сигнализаций за 10 мин	1	~1 (~2 можно отработать)	10
Приоритеты (низкий/высокий/критический)	80/15/5	80/15/5	Плавающее значение

Плохие показатели свидетельствуют о том, что в существующей системе управления присутствует перегруженность, которая будет мешать корректной работе обслуживающего персонала. Связано это с тем, что при появлении сообщения на станции оператора о возникновении какого-либо события человек, управляющий процессом, анализирует появившееся событие согласно блок-схеме на рис. 2. При этом нужно учитывать, что в процессе анализа у оператора появляются новые сообщения, проверка которых откладывается на неопределенный период. Соответственно, если оператор начнет анализ ложной или ненужной сигнализации, в этот момент он может пропустить критически важное событие, что может привести к различным последствиям.

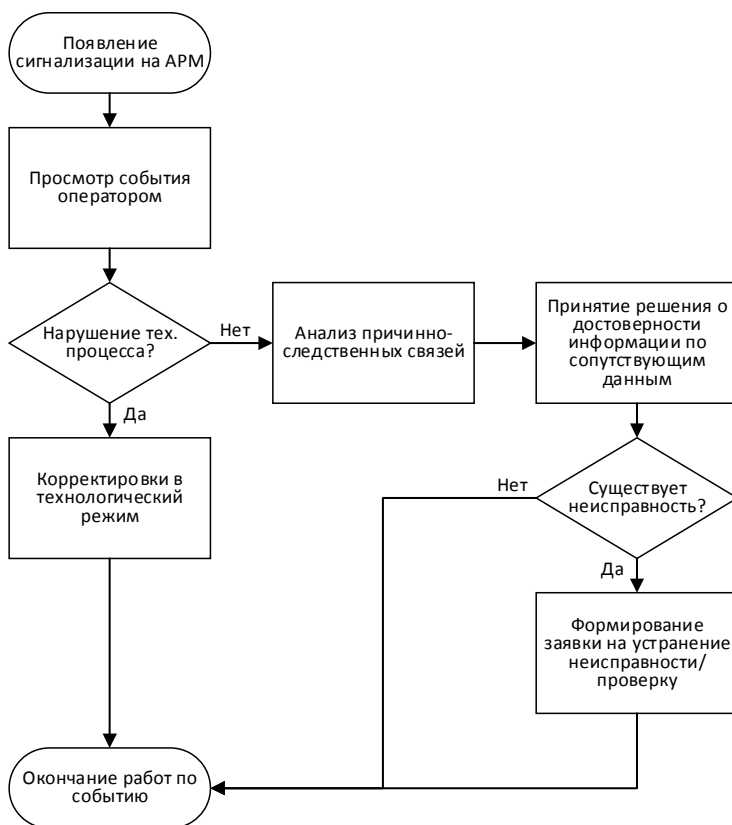


Рис. 2. Блок-схема анализа сигнализаций оператором

При такой работе анализ причинно-следственных связей занимает достаточное количество времени, т.к. оператору необходимо проанализировать текущую ситуацию технологического процесса и принять определенное решение. Основным инструментом при обнаружении неисправности оборудования и средств измерения являются тренды. На них отображается изменение состояний и переходные процессы всего оборудования.

Предположим, если на трендах видно, что оборудование или функциональный агрегат находится в выключенном состоянии, то оператор принимает решение об отключении сигнализаций по позициям данного оборудования. Аналогично происходит с формированием заявки на обслуживание средств КИПиА: при анализе оператор видит, что у средства измерения происходит частый «обрыв» линии связи, а это свидетельствует о плохом подключении прибора или о его неисправности.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о необходимости разработки системы, позволяющей контролировать и снижать поток аварийных сообщений, поступающих на рабочее место оператора-технолога, за счет фильтрации ложной, систематической и излишней сигнализации, формирования подсказок оператору по анализу событий. Если на автоматизированном рабочем месте сократится поток лишней информации, то значительно увеличится скорость реакции и производительность оператора, а за счет этого снизится аварийность и повысится качество выпускаемой продукции.

В настоящее время на рынке производителей АСУТП предложен широкий ассортимент программных продуктов, направленных на борьбу с ложными сигнализациями. Главными недостатками готовых решений является их дороговизна, закрытый программный код и отсутствие гибкости. Предлагаемая в работе система мониторинга устраняет недостатки существующих решений и использует в своей работе метод строгой импликации, что позволяет ей точно квалифицировать любое событие и выстраивать грамотную последовательность действий для устранения нежелательных последствий. Кроме того, система интегрируется в действующую сеть АСУТП, не требуя дополнительных затрат на построение и переконфигурирование сетевых подключений.

Разработанная система мониторинга после внедрения ее в цепь системы управления позволит достичь следующих положительных эффектов:

- повышение эффективности использования подсистем оповещения за счет «простого» и интуитивно понятного интерфейса взаимодействия операторов с системой информирования о сигнализациях и событиях в РСУ и ПАЗ;
- повышение уровня производственной безопасности технологических процессов за счет снижения загруженности оператора;
- улучшение эксплуатационных качеств технологических процессов за счет предотвращения аварийных ситуаций;
- снижение количество срабатываний сигнализаций до уровня, рекомендованных мировыми стандартами ISA18.2 и EEMUA 191;
- снижение времени поиска причинно-следственных связей при выходе оборудования из строя и, как следствие, снижение простоя.

Библиографический список

1. Консорциум по управлению чрезвычайными ситуациями EEMUA. Публикация № 191. Системы оповещения. Руководство по проектированию, управлению и закупкам. (EEMUA-191. Alarm Systems. A Guide to Design, Management and Procurement);

2. ISA 18.2 – Системы управления оповещением для перерабатывающей промышленности. (ISA 18.2 – Management of Alarm Systems for the Process Industries).

3. Стандарт эффективности распределенные системы управления и противоаварийной защиты технологических процессов нефтегазопереработки и нефтехимии. Основные требования к составу технических средств и программному обеспечению. Издание 2.

4. Химмельблау Д. Обнаружение и диагностика неполадок в химических и нефтехимических процессах / пер. с англ. Ю.М. Левина. – М.: Химия, 1983 – 352 с.

5. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка: учебно-практическое пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.

Сведения об авторах

Братчиков Вячеслав Александрович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь.

Братчиков Максим Александрович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: maks-a-96@mail.ru

Вялых Илья Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: atp@pstu.ru

About the authors

Bratchikov Vyacheslav Aleksandrovich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: maks-a-96@mail.ru

Bratchikov Maxim Aleksandrovich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: maks-a-96@mail.ru

Vyalykh Ilya Anatolevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Equipment and automation of chemical production Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: atp@pstu.ru

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ

А.В. Тетюева, А.Е. Белокопытова, П.Ю. Сокольчик

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрено описание учебного стенда для изучения электрических, метрологических и надежности характеристик.

Ключевые слова: аналоговый сигнал, взрывоопасные производства, искробезопасные цепи.

DEVELOPMENT OF A TRAINING STAND FOR STUDYING THE CHARACTERISTICS OF ANALOG SIGNALS

A.V. Tetyueva, A.E. Belokopitova, P.Yu. Sokolchik

Perm National Research Polytechnic University, Perm

In this article the description of the training stand for studying of electric, metrological and reliability characteristics is considered.

Keywords: analog signal, explosive devices, intrinsically safe circuits.

В АСУТП сигналы в аналоговой форме предназначены для передачи информации от средств измерений и для передачи управляющих сигналов на исполнительные механизмы. Несмотря на массовый переход на цифровую передачу данных, в некоторых случаях используют аналоговую передачу данных. Согласно ГСП основными параметрами сигналов являются: ток, напряжение, частота. Важны и другие параметры электрической цепи, используемые для передачи сигнала: напряжение питания, потребляемая мощность, сопротивление линии. Знания об этих параметрах важны при использовании систем во взрывоопасных производствах. Таким образом, рассматриваемый стенд предназначен для изучения электрических, метрологических и надежности характеристик.

Аналоговый сигнал передает информацию в каком-либо виде количества изменения тока, напряжения, частоты.

Аналоговые сигналы широко применяются на производствах, поэтому специалисты по АСУТП должны уметь работать с данным видом сигнала. Для этого разработан учебно-лабораторный стенд, на котором студенты и рабочие с завода могут изучать применение аналоговых сигналов, методы их измерений.

Типовой канал измерения на стенде состоит из датчика давления, барьера искрозащиты, блока питания и средств измерения тока и напряжения.

Пределы измерения датчиков давления варьируются от 0,1 до 2,5 МПа, поэтому на стенд подается необходимое давление, нагнетаемое компрессором. Подача воздуха на датчики давления регулируется задатчиком.

Работа со стендом заключается в ознакомлении с реальными средствами автоматизации. Методика использования стенда заключается в последовательных действиях:

1. Производится сборка одного или нескольких принципиальных схем с использованием винтовых зажимов;
2. Подается требуемое давление, при котором датчиками давления формируется аналоговый сигнал;
3. С помощью вторичных приборов оценивается уровень погрешности измерительного канала, экспериментально оценивается максимальное напряжение питания и сравнивается со справочным.

Стенд имеет модульный вариант, поэтому можно заменять элементы схемы, всего 45 возможных вариантов.

Планируется усовершенствование стенда добавлением датчиков давления, температуры или их заменой.

Библиографический список

1. Анферов В.Н., Васильев С.И., Кузнецов С.М. Надежность технических систем: учебное пособие / отв. ред. Б.Н. Смоляницкий. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2018. – 108 с.
2. Преобразователи давления измерительные АИР–10L: Руководство по эксплуатации.
3. Датчик давления Метран-43: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Челябинск, 2007.

4. Преобразователь измерительный САПФИР 22 Ех: Каталог.
5. Энергетические барьеры искрозащиты Корунд-М: Руководство по эксплуатации.
6. Барьеры искрозащиты система К: Руководство по эксплуатации.
7. Блоки питания Метран-602: Руководство по эксплуатации.

Сведения об авторах

Тетюева Александра Викторовна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: sasa.tet@mail.ru

Белокопытова Ангелина Евгеньевна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: bielokopytova.2013@mail.ru

Сокольчик Павел Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: htfz@pstu.ru

About the authors

Tetyueva Alexandra Viktorovna – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: sasa.tet@mail.ru

Belokopitova Angelina Evgenevna – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: bielokopytova.2013@mail.ru

Sokolchik Pavel Yurevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Equipment and automation of chemical industry department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: htfz@pstu.ru

Секция 3

**ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ.
ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНИ-ТЭЦ В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ

К.В. Бобин, Е.В. Хаустова

Оренбургский государственный университет, Оренбург

Рассмотрен принцип работы мобильной теплоэнергетической станции, предложена замена устаревшим дизель-электрическим генераторам, используемым на объектах 1 и 2 категории.

Ключевые слова: генерация, применение, энергоэффективность.

THE USE OF MINI-CHP IN HEAT SUPPLY

K.V. Bobin, E.V. Haustova

Orenburg State University, Orenburg

This article discusses the principle of operation of a mobile heat and power station, is proposed as a replacement for obsolete diesel-electric generators used at facilities of the first and second categories.

Keywords: generation, application, energyefficiency.

Централизация теплоснабжения вместе со способностью обеспечивать высокую степень организации процесса и концентрацию энергоресурсов несёт в себе высокие риски появления отказов и аварий. Такие нарушения возникают как вследствие причин, связанных с несоблюдением правил эксплуатации или изношенностью аппаратуры, так и с умышленной порчей оборудования.

Ссылаясь на опыт эксплуатации систем теплового снабжения, обнаружено, что каждый год на 100 км двутрубных теплосетей приходится от 20 до 40 сквозных дефектов труб, 85 % из них – подающие. Восстановление такого участка в зависимости от диаметра труб составляет от 5 до 50 часов. В момент проведения ремонта на нарушенных участках сетей объекты I и II категории надежности нельзя оставлять без электро- и теплоснабжения более 4 ч. Для обеспечения их деятельности в такие периоды в настоящее время используются дизель-электрические станции.

При изучении наработок, выполненных в компании «Энергосистемавтоматика» в области индукционных и гидромеханических проточных водонагревателей (тепловые генераторы), нами были рассмотрены мобильные электротепловые станции (МЭТС). В качестве

альтернативы дизель-электрическим станциям они могут использоваться как котельные установки с генерацией тепло-электроэнергии в виде запасной мини-ТЭЦ, работающей в когенерационном режиме, и обеспечивающей незамедлительное подключение к сетям объекта тепло и электроснабжения а, также как аварийное с доставкой.

На данный момент мини-ТЭЦ характеризуются большим разнообразием и их можно классифицировать по различным признакам (рис. 1).

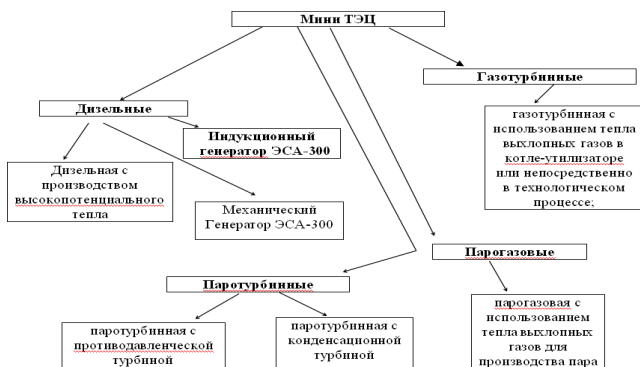


Рис. 1. Классификация мини-ТЭЦ

В качестве замены дизель-электрических станций рассматривается индукционный нагреватель жидкости ЭСА-300-2, структурная схема взаимосвязи элементов которого показано на рис. 2.

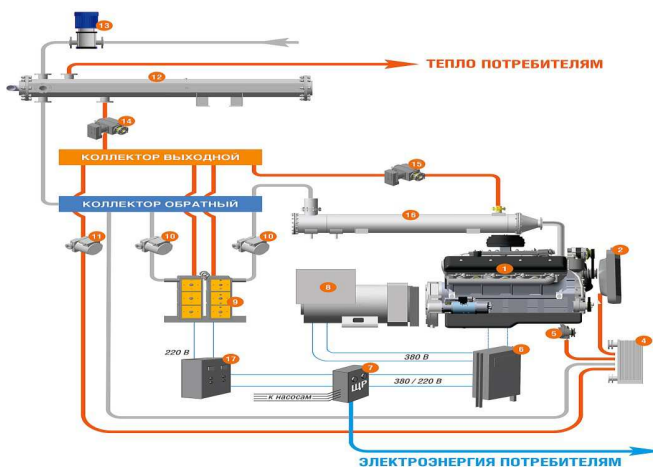


Рис. 2. Схема структурной взаимосвязи элементов ЭСА-300-2

На рис. 2 следующие обозначения: 1 – двигатель ЯМЗ-238-М2; 2 – радиатор охлаждения двигателя с клапаном включения вентилятора; 4 – пластинчатый теплообменник утилизации тепла за счет системы охлаждения двигателя; 5 – помпа-насос двигателя; 6 – щит управления двигателем и генератором; 8 – электрический генератор LSA44.2; 9 – индукционный генератор 100 кВт; 10 – циркуляционный насос индукционного генератора; 11 – насос циркуляционный вторичного контура утилизации тепла двигателя; 12 – трубчатый теплообменник внешней сети; 13 – циркуляционный насос вторичного контура теплообменника внешней сети; 14 – циркуляционный насос первичного контура теплообменника внешней сети; 15 – циркуляционный насос теплообменника-утилизатора тепла выхлопных газов; 16 – утилизатор тепла выхлопных газов; 17 – щит управления индукционным генератором и распределения электроэнергии.

За основу взята схема работы короткозамкнутого трансформатора, где в качестве одного витка вторичной обмотки используется собственный магнитопровод трансформатора. Соединение магнитопровода и вторичной обмотки дает возможность существенно снизить размеры нагревателя и повысить эффективность. Для снижения потерь за счет поверхностного излучения (рассеяние электромагнитной энергии) рассчитывается толщина короткозамкнутого магнитопровода – проводника. Количество тепла в соответствии с законом Джоуля–Ленца пропорционально квадрату силы электрического тока. В соответствии с используемым напряжением электрической сети выбирается необходимый коэффициент трансформации и параметры катушки первичной обмотки. Для получения тепла с поверхности этого объединенного магнитоэлектропровода пропускается теплоноситель, в качестве которого подается вода или незамерзающая жидкость, как это выполнено в мобильной электротепловой станции ЭСА-300-М2. Дозволенная T °С нагрева магнитопровода и первичной обмотки определяется температурной характеристикой электрической изоляции обмоточного провода. В данной конструкции применяется обмоточный провод с температурной стойкостью 140 °С. Необходимый максимальный нагрев теплоотдатчика в станции составляет 80–90 °С. Таким образом обеспечивается температурный запас прочности электрической изоляции и определяет ее долговечность, которая в соответствии с техническими условиями (ТУ) составляет не менее 10 лет. Станция может работать в одном из трёх режимов:

- выработка тепловой энергии с подключением потребителей электроэнергетики;
- генерация электрической и тепловой энергии с распределением нагрузки между потребителями;
- генерация электрической энергии с минимумом потребления тепла или полное отключение тепловой сети.

Вопрос энергосбережения является одним из важных на сегодняшний момент, основным критерием использования мини-ТЭЦ является их эффективность. Внедрение подобных установок – реальный способ решить проблему перехода на более современное оборудование для энерго- и теплоснабжения, позволяет уменьшить расход дизельного топлива, так как в дизель-электрических станциях КПД составляет 30–40 %, а в когенерационной тепло- дизель-электрической станции он составляет 85–92 %.

Такой высокий коэффициент полезного действия обусловлен использованием продуктов сгорания, преобразованием их в тепловую, механическую и электрическую энергию, что наглядно продемонстрировано на рис. 3

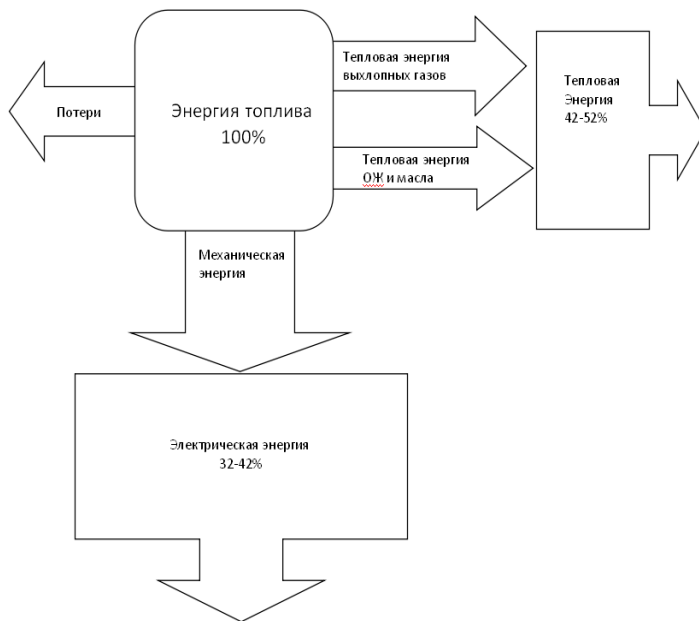


Рис. 3. Использование энергии топлива

Несмотря на то, что максимальный КПД установки достигается с использованием дизельного топлива также могут быть использованы следующие виды топлива: керосин, природный газ, попутный нефтяной газ. МЭТС могут иметь двухтопливное исполнение. Это значит, что такие станции могут работать на разных топливах попеременно, а именно дизель-керосин либо природный-попутный газы. Независимо от преимуществ, а именно – высокий КПД, работа на многих видах топлива и мобильность станций, такое оборудование имеет высокую стоимость, а значит и дорогостоящее обслуживание, в России такие установки используются редко и рассмотреть на практике достаточно сложно.

Библиографический список

1. Бурносенко А.Ю. Мини-ТЭЦ с паровыми турбинами для повышения эффективности отопительно-промышленных котельных // Новости теплоснабжения. – 2009. – № 1. – С. 36–38.

2. Филиппов В.В., Евенко В.И. Процесс впуска и выпуска в паровых машинах. – М.: Машгиз, 1955. – 215 с.

3. Исследование экономичности автомобильного парового двигателя НАМИ-012: отчет / Гос. Союз ордена Трудового Красного Знамени науч.-исслед. автомобильный и автомоторный ин-т; рук. бюро паровых автомобилей Ю.А. Шебалин. – М.: НАМИ, 1954. – 197 с.

Сведения об авторах

Бобин Кирилл Валерьевич – студент Оренбургского государственного университета, Оренбург, e-mail: bobin_98@mail.ru

Хаустова Елена Владимировна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Электро- и теплоэнергетика» Оренбургского государственного университета, Оренбург, e-mail: oren.65@mail.ru

About the authors

Bobin Kirill Valerievich – Student Orenburg State University, Orenburg, e-mail: bobin_98@mail.ru

Khaustova Elena Vladimirovna – Ph.D. in Technical Sciences, Senior Lecturer Department of electrical and thermal power engineering, Orenburg State University, Orenburg, e-mail: oren.65@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНХРОННЫХ АКСИАЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В ЗЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

И.Ю. Сажин, С.А. Локтеев, Г.А. Килин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Статья посвящена ветроэнергетике и ветрогенераторам. Выделены основные достоинства и недостатки генераторов. Приведены доказательства того, что синхронные аксиальные генераторы переменного тока имеют преимущество по ряду параметров.

Ключевые слова: аксиальный генератор, зеленая энергетика, синхронный генератор, переменный ток.

PROSPECTS FOR THE USE OF SYNCHRONOUS AXIAL AC GENERATORS IN GREEN POWER ENGINEERING

I.Yu. Sazhin, S.A. Lokteev, G.A. Kilin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

The article is devoted to wind energy and wind generators that are used in this field. The main advantages and disadvantages of generators are highlighted. Evidence is provided that synchronous axial AC generators are better in a number of ways.

Keywords: axial generator, green energy, synchronous generator, alternating current.

Основными источниками энергии являются: газ, нефть, уголь. Их доля в общем объеме потребляемой первичной энергии является определяющей и по различным странам колеблется в пределах 75–85 %. Недостающая часть покрывается энергией, вырабатываемой атомными электростанциями и возобновляемыми источниками энергии, включая гидроэлектростанции.

Ветроэнергетика является отраслью энергетики, основанной на использовании одного из возобновляемых источников энергии. Из-за ухудшающейся экологической обстановки и недостатка природных ресурсов можно с уверенностью предположить, что привлечение альтернативных источников энергии в будущем станет весьма актуальным.

К примеру, на конец 2010 г. Германия имеет 21607 ветроэнергетических установок (ВЭУ) с суммарной установленной мощностью 27,22 ГВт. Вырабатываемой ими энергии хватает на обеспечение 7,8 млн. домашних хозяйств, состоящих из 3 человек [1].

Издавна люди используют энергию ветра, примером тому служит первый вариант ветряных установок – ветряные мельницы. В них энергия ветра помогала молоть муку. С тех пор энергетика прошла немалый путь, и ветряные установки также изменились. Россия имеет самый большой в мире ветропотенциал, ресурсы ее ветровой энергии определены в 10,7 ГВт. К благоприятным зонам развития ветроэнергетики относятся: Северо-Запад страны (Мурманская и Ленинградская области), северные территории Урала, Курганская область, Калмыкия, Краснодарский край, Дальний Восток. В целом технический потенциал ветровой энергии России оценивается более чем в 50 000 млрд кВтч/год, экономический потенциал составляет 260 млрд кВтч/год, т.е. около 30 % от объема производства энергии всеми электростанциями страны. Реализованы эти возможности незначительно [2].

В данной статье будет рассмотрен синхронный аксиальный генератор переменного тока, а также его особенности и преимущества перед другими видами ветряных генераторов.

Целью исследования данной работы является изучение конфигурации и принципов работы синхронных аксиальных генераторов переменного тока.

Рассмотрим многообмоточный низкооборотный генератор и сравним с подобными приборами. Существует дисковой электрогенератор [3], содержащий два параллельных корпуса с магнитами, якорь расположен между параллельными корпусами. Якорь состоит из большого числа катушек, установленных в центре панели.

Недостатки данного генератора: очень большие габариты как следствие – большая масса, невысокий КПД. Также существует тихоходный торцевой синхронный генератор [4] содержащий диск (ротор), систему возбуждения постоянных магнитов, и статор (катушки).

Его недостатки:

- 1) схема с одним статором и одним ротором, что не позволяет уменьшить размеры генератора;
- 2) отсутствует магнитопровод статора, что приводит к снижению величины магнитного потока и индуцируемой ЭДС и КПД устройства;
- 3) высокий момент страгивания.

Оптимальным по техническим характеристикам является «торцевой генератор переменного тока» [5], состоящий из корпуса с опорными подшипниками и приводным валом, на котором закреплен ротор; связанных между собой дисковых магнитопроводов и осевых намагниченных постоянных магнитов, диска (статора) с катушками.

Недостатками этого генератора являются также: низкий КПД и удельная мощность, вызванная большим количеством магнитных потерь, а также высокая материалоемкость и большой вес. Рассмотрим синхронный аксиальный генератор переменного тока (рис. 1).

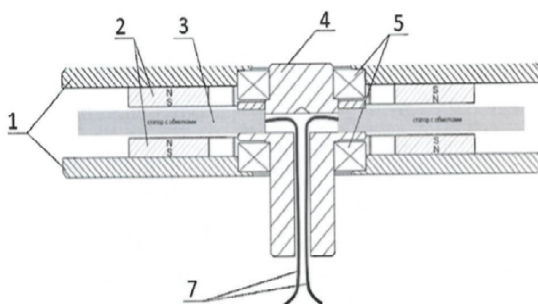


Рис. 1. Конструкция генератора: 1 – верхний и нижний дисковый магнитопровод; 2 – аксиально намагниченные постоянные магниты; 3 – диэлектрический диск с катушками обмоток статора; 4 – полый вал генератора; 5 – подшипники; 7 – выводы статорных обмоток

Генератор содержит вал с закрепленным на нем ротором, выполненным в виде двух дисковых магнитопроводов, на которых расположенный между двумя дисковыми магнитопроводами. Катушки имеют форму трапеции, выполнены изогнутыми в вертикальной плоскости таким образом, что прямолинейные участки соседних обмоток расположены друг над другом, при этом на каждую катушку приходится четыре магнита (рис. 2).

Катушки обмоток сгруппированы по три в четыре секции (рис. 3), которые выполнены синфазными (последовательными).

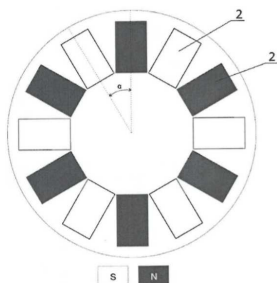


Рис. 2. Схема расположения магнитов: 2 – аксиально намагниченные постоянные магниты

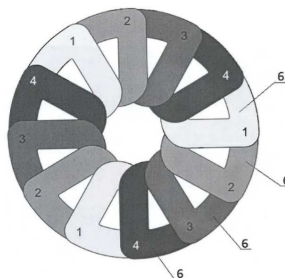


Рис. 3. Схема расположения 4-х секций катушек обмоток статора: 6 – катушки обмоток статора

Преимущества данного генератора:

- 1) малые габариты и материалоемкость (вес генератора 17 кг при весе аналогов от 36 до 150 кг);
- 2) высокий КПД, связанный с гораздо меньшими потерями магнитных линий (рис. 4);
- 3) увеличенный магнитный поток;
- 4) повышенная отдаваемая мощность;
- 5) обеспечение возможности регулирования вольт-амперных характеристик.

Недостаток: высокотрудозатратная укладка катушек.

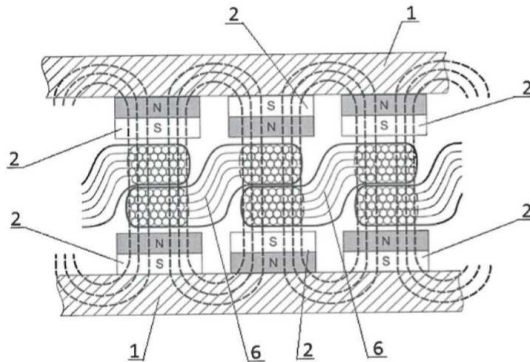


Рис. 4. Схема взаимодействия магнитного потока и катушек обмотки статора (форма катушки обмотки статора вид с торца):
1 – верхний и нижний дисковой магнитопровод; 2 – аксиально намагниченные постоянные магниты; 6 – катушки обмотки статора

Проанализировав изложенное, можно сделать следующий вывод. Данный генератор прекрасно подходит для всех видов применения, в отличие от его предшественников. Это связано с тем, что его вес и генератора упали в несколько раз, т.е. генератор легче устанавливать в труднодоступных местах. Генератор также дешевле своих «старших братьев» из-за меньшего количества используемых материалов, из-за этого вырастает скорость его производства. Генератор данного типа удобно использовать в гидроэнергетике. Связано это с тем, что управлять потоками воды легче, нежели потоками воздуха. Следовательно, легче поддерживать номинальные данные, а значит, срок службы генератора увеличивается. Мы живем в век электронных и электрических устройств, для обеспечения их работы требуется большое количество электроэнергии, потребление которой растет

с каждым годом. Учитывая экологическую ситуацию и сокращение запасов топлива на Земле, можно сделать вывод, что будущее за возобновляемыми источниками энергии. Благодарим за предоставленные материалы и консультацию Дмитрия Борисовича Нестеренко.

Библиографический список

1. Нойбергер Н., Нолле О., Пивняк Г.Г. Состояние и перспективы развития ветроэнергетики // Электротехнічні та комп'ютерні системи. – 2011. – № 3. – С. 362–364.
2. История ветроэнергетики [Электронный ресурс]. – URL: <https://gisee.ru/> (дата обращения: 01.11.19).
3. Дисковый электрогенератор // Патент России № 2627031.2017/ Лох Б., Чеунг В.
4. Тихоходный торцевой синхронный генератор // Патент России № 244 548.2012/ Головизин В.
5. Торцевой генератор переменного тока // Патент СССР № 1835116.1993 / Лисейкин В., Худницкий Г., Мисюров Ю. [и др.].

Сведения об авторах

Сажин Илья Юрьевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: ilsazhin@yandex.ru

Локтеев Сергей Александрович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: listvol@mail.ru

Килин Григорий Александрович – старший преподаватель кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: thisisforasm@rambler.ru

About the authors

Sazhin Ilya Yuryevich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: ilsazhin@yandex.ru

Lokteev Sergey Alexandrovich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: listvol@mail.ru

Kilin Grigory Alexandrovich – Senior Lecturer Department of the Electrical Engineering and Electromechanics Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: thisisforasm@rambler.ru

К ВОПРОСУ ОБ УЧАСТИИ БЫТОВОГО КЛИМАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В МЕХАНИЗМАХ РЕАГИРОВАНИЯ НА СПРОС

А.В. Кухарчук, О.А. Билоус

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрены аспекты участия бытового климатического оборудования в регулировании спроса на электрическую энергию и мощность.

Ключевые слова: реагирование на спрос, управление спросом, электрическая энергия и мощность.

ON THE ISSUE OF PARTICIPATION OF HOUSEHOLD CLIMATIC ELECTRICAL EQUIPMENT IN THE MECHANISMS OF RESPONSE TO DEMAND

A.V. Kuharchuk, O.A. Bilous

Perm National Research Polytechnic University, Perm

In this article the aspects of participation of household climatic equipment in regulation of demand for electric energy and power are considered.

Keywords: demand response, demand management, electrical energy and power.

Особенность рынка электроэнергии (одновременность производства и потребления) приводит к тому, что стоимость электроэнергии определяется ценой самого «дорогого генератора». Потребители не могут влиять на цену, они лишь могут снизить потребление в часы пиковых нагрузок (максимальных цен). 20 июля 2016 г. утверждено Постановление Правительства РФ № 699 «О внесении изменений в Правила оптового рынка электрической энергии и мощности», которое дает возможность потребителям управлять спросом на электроэнергию и влиять на ее рыночную цену. Участвующие в механизме реагирования на спрос потребители по команде системного оператора в часы максимума спроса на электрическую энергию и мощность могут «замещать» генераторы.

Реагирование на спрос – это механизм, который позволяет контролировать электропотребление с помощью внешних воздействий и, по сути, является неотъемлемым элементом гибкой электроэнерге-

тической системы [1, 2]. В электроэнергетической системе Российской Федерации данные механизмы проходят апробацию, прошел пилотный конкурсный отбор агрегаторов спроса. С учетом полученного опыта ясно, что участие потребителей в регулировании режимов работы энергосистемы возможно и является перспективным направлением.

Увеличение пиковых нагрузок на электроэнергетическую систему в целом и на ее части обусловлено, в том числе, ростом спроса на электрическую энергию и мощность со стороны сектора ЖКХ [3]. При этом особенностью данных нагрузок является, как правило, малая единичная мощность.

Для многих нагрузок участие в механизмах реагирования на спрос заключается в компромиссе между возможным снижением потребления мощности и неудобством для потребителей. Нагрузки со сравнительно низким влиянием на комфорт могут участвовать в реагировании на спрос, по сравнению с нагрузками с высоким уровнем влияния на комфорт. К нагрузкам с высоким влиянием на комфорт следует отнести, например, систему освещения, водоснабжения. К нагрузкам со сравнительно малым влиянием на комфорт можно, с учетом ограничений, отнести системы управления климатом.

Тепловая инерция здания позволяет аккумулировать часть энергии, фактически превращая здание в аккумулятор запасующий энергию. Для зданий и помещений, в которых допустимо изменение температуры воздуха, тепловая инерция дает возможность смещения во времени потребности в энергии. Это позволяет рассматривать данные объекты как накопители электрической энергии. Традиционно потребность в тепле или холоде контролируется и прогнозируется на основе температуры воздуха снаружи и внутри помещения. Контроллер нагрузки может использовать всю доступную информацию (такую как прогнозы погоды, ожидаемое время нагрева и охлаждения) и наилучшим образом спланировать работу оборудования для минимального влияния на уровень комфорта. Возникает множество функционирующих устройств, способных воспринимать информацию о среде и внешних воздействиях, реагировать на внешние запросы, связанные с возможностью ограничения режима энергопотребления и его потенциале. Задача агрегатора при этом будет сводиться к групповому управлению, определению и реализации воздействий для каждого отдельного электроприемника.

Количественная оценка теплового обмена через ограждающие конструкции помещений (наружные стены, остекление, чердачное перекрытие, перекрытие первого этажа, пол подвала) может быть выполнена следующим образом:

$$Q_{\text{тр},i}^{\text{cp}} = \frac{A_i \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о}}^{\text{cp}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n}{R_i}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где A_i – расчётная площадь ограждающей конструкции, м²; $t_{\text{вн}}$ – средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых помещений, °С; $t_{\text{н.о}}^{\text{cp}}$ – средняя температура наружного воздуха за период, °С; β – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь; R_i – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°С/ккал; n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху.

Получение указанных выше характеристик затруднительно. Программой управления контроллера климатического оборудования должно быть предусмотрено построение таблиц, позволяющих прогнозировать время расходования накопленного запаса тепловой энергии, полученных в процессе эксплуатации и мониторинга изменения контролируемых величин.

В качестве базовых значений для оценки запасов тепловой энергии могут быть использованы данные организационно-методических рекомендаций по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах Российской Федерации, МДС 41-6.2000. В табл. 1 представлены темпы падения температуры в зависимости от температуры окружающей среды и коэффициента аккумуляции.

Таблица 1

Темпы падения температуры

Коэффициент аккумуляции, ч	Темп падения температуры (°С/ч), при температуре наружного воздуха, °С			
	0	-10	-20	-30
20	0,8	1,4	1,8	2,4
60	0,4	0,6	0,8	1,0

Коэффициенту аккумуляции 20 соответствуют промышленные здания со стенами в 2 кирпича и коэффициентом остекления (численное значение отношения суммарной площади всех светопрозрач-

ных конструкций к общей площади внешних стен здания, включая светопрозрачные системы) 0,15–0,3. Коэффициенту аккумуляции 60 соответствуют кирпичные жилые здания с толщиной стен в 2,5 кирпича и коэффициентом остекления 0,18–0,25.

Продолжительность снижения мощности при существующих условиях реагирования на спрос варьируется от 2 до 4 ч. Оповещение о событии необходимости снижения мощности осуществляется за 1 ч до наступления времени события [4]. Данные о снижении температуры, определенные по табл. 1, при дискретном способе управления нагрузкой представлены в табл. 2.

Таблица 2

Данные по снижению температуры за время участия в событиях реагирования на спрос

Коэффициент аккумуляции, ч	Время снижения потребления, ч	Отклонение температуры (°С), при температуре наружного воздуха, °С			
		0	-10	-20	-30
20	2	1,6	2,8	3,6	4,8
	4	3,2	5,6	7,2	9,6
60	2	0,8	1,2	1,6	2
	4	1,6	2,4	3,2	4

Данные табл. 2 подтверждают возможность использования аккумулирующей способности жилых зданий и помещений в зимний период для целей участия в процессах реагирования на спрос. Однако, согласно закону Вебера-Фехнера воспринимаемая различительная чувствительность человека составляет примерно 1°С. Таким образом, без влияния на комфорт возможно участие климатического оборудования жилых помещений только при температуре окружающей среды не ниже 0°С на время не более двух часов. Развитие рынка технологий интернета вещей (ИОТ) и внедрение микропроцессорных регуляторов на бытовом климатическом оборудовании совместно с развитием соответствующего оборудования и подходов у агрегаторов позволит задействовать этот потенциал [5].

Библиографический список

1. SEDC (Smart Energy Demand Coalition), «Explicit Demand Response in Europe. Mapping the Markets 2017». – URL: <http://www.smartenergydemand.eu/explicit-demand-response-in-europe-mapping-the-markets-2017> (дата обращения: 07.07.2019).

2. IEA (International Energy Agency), «Re-Powering Markets. Market design and regulation during the transition to low-carbon power systems», Second Edition, (March 2016). – URL: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/repoweringmarkets.pdf> (дата обращения: 26.04.2019)

3. Nadel, Steven «Demand response programs can reduce utilities' peak demand an average of 10 %, complementing savings from energy efficiency programs». – URL: <https://aceee.org/blog/2017/02/demand-response-programs-can-reduce> (дата обращения: 26.04.2019)

4. Концепция функционирования агрегаторов распределенных энергетических ресурсов в составе Единой энергетической системы России. Агрегаторы управления спросом на электроэнергию. – URL: http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/markets/dr/review/2017/dr_review17_01-02.pdf

5. Баев И.А., Соловьева И.А., Дзюба А.П. Актуальные задачи внедрения системы управления спросом на электропотребление // Вестник науки Сибири. – 2015. – № 4(19). – С. 116–129.

Сведения об авторах

Кухарчук Александр Васильевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: kuharchuk@msa.pstu.ac.ru

Билоус Ольга Анатольевна – доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: boa@msa.pstu.ac.ru

About the authors

Kukharchuk Aleksadr Vasilievich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: kuharchuk@msa.pstu.ac.ru

Bilous Olga Anatolyevna – Associate Professor Department Microprocessor Automation Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: boa@msa.pstu.ac.ru

ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМОГРАММЫ НА ПОЛИРОВАННОМ ШТОКЕ СТАНКА-КАЧАЛКИ ЧЕРЕЗ ПОТРЕБЛЯЕМУЮ МОЩНОСТЬ ДВИГАТЕЛЯ

В.В. Шапошников, Р.О. Токарев, А.Д. Коротаев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Исследован альтернативный способ построения динамограммы на полированном штоке станка-качалки через потребляемую мощность двигателя. Опираясь на известные данные о станке-качалке и об асинхронном двигателе, получена динамограмма работы насоса станка-качалки при использовании данного способа возможны снижение затрат и оптимизация производственного процесса.

Ключевые слова: динамограмма, полированный шток, станок-качалка, потребляемая мощность двигателя.

MAGNETIC FORCE CALCULATIONS OF CYLINDRICAL LINEAR BRUSHLESS ENGINE

V.V. Shaposhnikov, R.O. Tokarev, A.D. Korotaev

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article examined an alternative way to build a dynamogram on a polished rod of a pumping unit through the power consumption of the engine. Got a dynamometer card of the pumping rocking machine. Based on the known data about the rocking machine and the asynchronous motor, you can get a dynamogram of the pump of the rocking machine. Using this method, it is possible to reduce costs and facilitate the production process.

Keywords: dynamometer card, polished rod, rocking machine, power consumption of the motor.

Для освоения нефтяных месторождений в современной промышленности применяют штанговые насосы, способные откачивать содержимое скважин в различных условиях. Способом добычи нефти является поднятие её с глубины на поверхность земли.

Оперативный контроль и установление правильного технологического режима работы подземного оборудования осуществляется с помощью динамометрирования. С помощью динамографа определяется нагрузка на полированном штоке. При ходе штока вверх и вниз, в зависимости от его перемещения, нагрузки записываются в виде диаграммы, которая называется динамограммой (рис. 1) [1, 2].

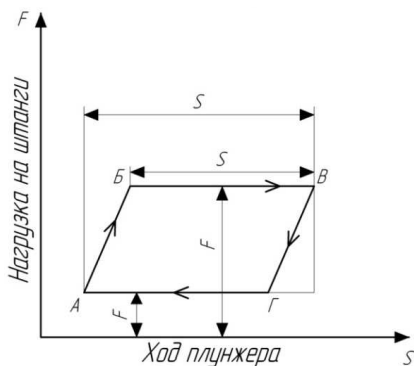


Рис. 1. Динамограмма нормальной работы штангового глубинного насоса

Различные виды динамографов имеют ряд недостатков: 1) необходимость остановки станка-качалки (СК) для установки динамографа; 2) большие затраты времени и ручного труда операторов на исследование скважин; 3) ручной монтаж и демонтаж динамографа между траверсами канатной подвески станка-качалки; 4) высокая стоимость.

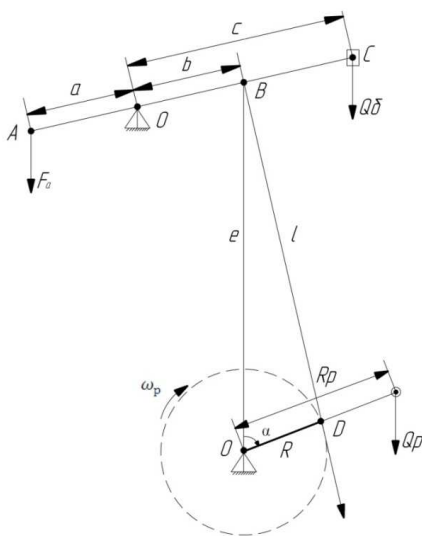


Рис. 2. Кинематическая схема станка-качалки с комбинированным уравновешиванием

В связи с имеющимися недостатками использования динамографов разработан альтернативный способ построения динамограммы на полированном штоке СК через потребляемую мощность двигателя.

При расчете будем использовать допущение, что колебания шатуна (точка B на рис. 2) происходят по оси OB . Расстояние между O и B обозначим буквой e .

На рис. 2 обозначено: R – радиус кривошипа между точками O – D ; R_p – радиус точка подвеса роторного груза Q_p ; Q_p – роторный груз для роторного уравновешивания; l – длина шатуна; Q_6 – груз балансира для балансирного уравновешивания; F_a – усилие в точке подвеса колонны штанг; a, b, c – плечи балансира; e – вертикаль хода точки B при качании балансира; ω_p – угловая частота на выходе редуктора; α – фаза колебания балансира или угловое расстояние, которое проходит кривошип при вращении.

$$\alpha = \omega_p \cdot t. \quad (1)$$

Согласно теореме косинусов:

$$l^2 = e^2 + R^2 - 2eR \cos \alpha, \quad (2)$$

$$e^2 - e \cdot (2R \cos \alpha) + (R^2 - l^2) = 0. \quad (3)$$

Решение квадратного уравнения относительно e производится по формуле:

$$e = R \cdot \cos \alpha + \sqrt{(R \cos \alpha)^2 - (R^2 - l^2)}, \quad (4)$$

$$e = R \cdot \cos(\omega_p \cdot t) + \sqrt{(R \cdot \cos(\omega_p \cdot t))^2 - (R^2 - l^2)}. \quad (5)$$

Скорость точки B и ее ускорение равны:

$$v_B = \frac{de}{dt} = -R \cdot \omega \cdot \sin(\omega_p \cdot t) - \frac{l \cdot R^2 \cdot \omega \cdot \sin 2(\omega_p \cdot t)}{2 \cdot \sqrt{(R \cdot \cos(\omega_p \cdot t))^2 - (R^2 - l^2)}}, \quad (6)$$

$$a_B = \frac{d^2 e}{dt^2} = \frac{dv_B}{dt} = -R \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega_p \cdot t) - \frac{R^2 \cdot \omega^2 \cdot (\cos 2(\omega_p \cdot t) + \frac{1}{8} \cdot R \cdot \sin^2 2(\omega_p \cdot t))}{\sqrt{(R \cdot \cos(\omega_p \cdot t))^2 - (R^2 - l^2)}}. \quad (7)$$

Для того, чтобы определить усилие в точке подвеса А (усилие на полированном штоке), необходимо учесть влияние роторного и балансирного уравновешивания. Формула баланса мощностей [3]:

$$P_A = P_{\text{ред}} - P_{\text{py}} \pm P_{\text{бы}} \pm P_{\text{иб}}, \quad (8)$$

где P_A – мощность в точке подвеса А; $P_{\text{ред}}$ – мощность на выходе редуктора; P_{py} – мощность обусловленная роторным уравновешиванием (груз Q_p); $P_{\text{бы}}$ – мощность, обусловленная балансирным уравновешиванием (груз Q_6); $P_{\text{иб}}$ – мощность, обусловленная инерционным усилием балансирного груза Q_6 .

Мощность в точке подвеса А, обусловленная усилием на полированном штоке:

$$P_A = F_a \cdot v_B \cdot \frac{a}{b}. \quad (9)$$

Мощность роторного уравновешивания:

$$P_{\text{py}} = Q_p \cdot \sin \alpha \cdot R_p \cdot \omega_p. \quad (10)$$

где

$$Q_p = m_p \cdot g. \quad (11)$$

Мощность балансирного уравновешивания:

$$P_{\text{бы}} = Q_6 \cdot v_B \cdot \frac{c}{b}. \quad (12)$$

Мощность инерционного усилия балансирного груза Q_6 :

$$P_{\text{иб}} = Q_6 / \pi \cdot a_B \cdot v_B \cdot \frac{c^2}{b^2}. \quad (13)$$

Знак мощности в формулах учитывается автоматически в зависимости от знака скорости v_B и ускорения a_B , поэтому мощность (8) на полированном штоке будет равна:

$$P_A = P_{\text{ред}} - P_{\text{py}} + P_{\text{бы}} + P_{\text{иб}}, \quad (14)$$

$$F_A = \frac{P_A}{v_B \cdot \frac{a}{b}}. \quad (15)$$

Ход точки подвеса А в одну сторону на основании рис. 3 будет равен:

$$S = 2 \cdot R \cdot \frac{a}{b}. \quad (16)$$

Текущее значение хода точки подвеса зависит от положения кривошипа, т.е. от фазы $\alpha = \omega_p \cdot t$, и определяется на основании (5):

$$S_{\text{тек}} = -(e_{\text{тек}} - e_{(t=0)}), \quad (17)$$

$$e_{(t=0)} = R + l. \quad (18)$$

Затем строится динамограмма работы насоса СК как зависимость F_A от $S_{\text{тек}}$. Пренебрегая значениями усилия в верхней и нижней мертвых точках и ближайших к ним, строится динамограмма работы насоса СК (рис. 4).

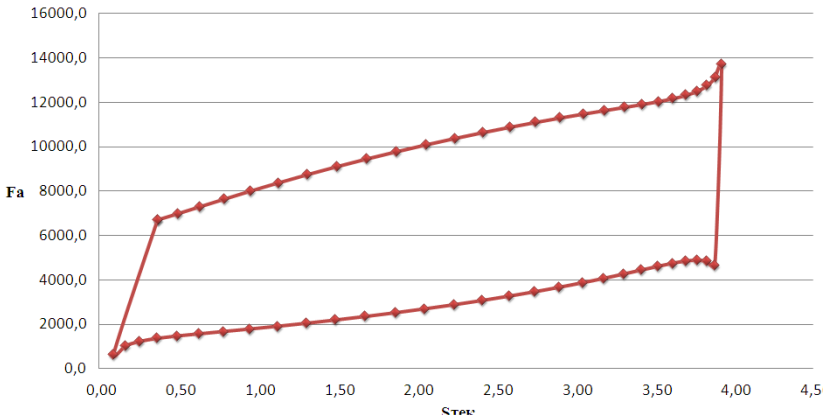


Рис. 3. Динамограмма работы насоса СК

В данной работе был разработан альтернативный способ снятия динамограммы с полированного штока станка-качалки через потребляемую мощность двигателя. Он обеспечивает возможность опираться на известные данные о станке-качалке и об асинхронном двигателе, что, в свою очередь способно снизить затраты на покупку динамографа и облегчить производственный процесс в связи с отсутствием необходимости его прерывания для установления датчиков динамографа.

Библиографический список

1. Архипов К.И., Попов В.И., Попов И.В. Справочник по станкам-качалкам – Альметьевск, 2000.
2. Блантер С.Г., Суд. И.И. Электрооборудование нефтяной и газовой промышленности. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1980.
3. Вольдек А.И. Электрические машины: учеб. для студ. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1974. – 840 с.

Сведения об авторах

Шапошников Владислав Валерьевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: vladislav96gg@gmail.com

Токарев Роман Олегович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: ju11071996@yandex.ru

Коротаев Александр Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: vladislav96gg@gmail.com

About the authors

Shaposhnikov Vladislav Valeryevich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: vladislav96gg@gmail.com

Tokarev Roman Olegovich – Master Student of Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: ju11071996@yandex.ru

Korotaev Aleksandr Dmitrievich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor Department of the Electrical Engineering and Electromechanics, Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: vladislav96gg@gmail.com

КОМПОНЕНТНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗИНОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ НЕФТЕПОГРУЖНЫХ КАБЕЛЕЙ

И.А. Попов, Е.В. Субботин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Приводятся результаты комплексных экспериментальных исследований методами инфракрасной спектроскопии, термогравиметрического и рентгено-спектрального анализов резиновой изоляции нефтепогружного кабеля. По результатам компонентного анализа установлены наиболее вероятные причины критического падения электрического сопротивления исследуемого полимера при температурном воздействии.

Ключевые слова: нефтепогружной кабель, резиновая изоляция, экспериментальные исследования.

COMPONENT ANALYSIS OF RUBBER INSULATION OIL-SUBMERSIBLE CABLE

I.A. Popov, E.V. Subbotin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article presents the results of a comprehensive experimental study using infrared spectrometry, thermogravimetric and X-ray spectral analyzes of rubber insulation of a submersible cable. According to the results of the component analysis, the most probable causes of the critical drop in the electrical resistance of the polymer under investigation under temperature exposure were established.

Keywords: oil-submersible cable, rubber insulation, experimental studies.

На сегодняшний день нефтепогружной кабель является важной составляющей системы питания установок электроцентробежного насоса. Следует отметить, что тяжелые условия работы, такие как высокие температура и давление, воздействия агрессивных сред, могут в значительной степени ограничивать срок службы данного кабельного изделия или приводить к существенному снижению его эксплуатационных характеристик [1].

На практике часто встречается проблема критического снижения сопротивления резиновой изоляции при воздействии высоких температур (180–200)°С.

В работе проводится сравнительный анализ компонентного состава двух образцов резиновой изоляции нефтепогружных кабелей

с целью установления причины критического снижения электрического сопротивления одного из образцов (образец 1). Комплексные экспериментальные исследования проводились с помощью методов инфракрасной спектromетрии, термогравиметрического и рентгеноспектрального анализов [2]. На рис. 1 и 2 представлены результаты термогравиметрического анализа.

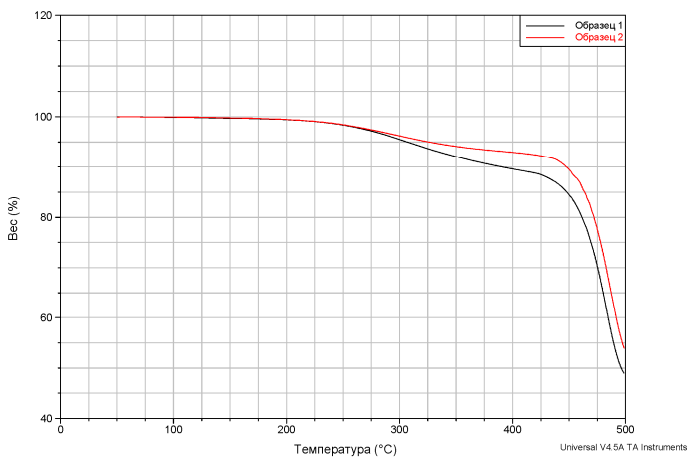


Рис. 1. Температурные зависимости потери массы образцов резиновой изоляции при нагреве со скоростью 10°C/мин

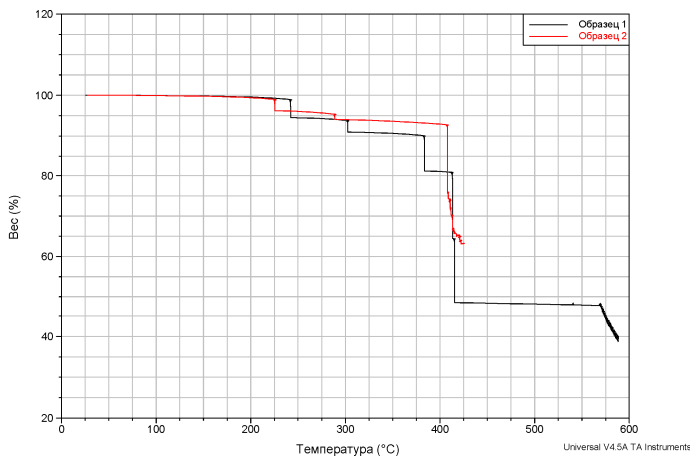


Рис. 2. Температурные зависимости потери массы образцов резиновой изоляции, полученные в автопшаговом режиме

По результатам термогравиметрического анализа видно, что после 400 °С начинается интенсивное разложение основы резиновой изоляции исследуемых образцов. Причем схожий характер кривых свидетельствует о близком химическом составе каучуков.

В диапазоне температур от 200 до 400 °С наблюдается потеря массы, предположительно связанная с разложением пластификаторов. К моменту начала деструкции каучуковой основы (400 °С) разница достигает порядка 10 %. Это говорит о меньшем количестве пластификаторов в образце 2. Кроме того, следует учитывать, что состав и молекулярно-массовое распределение пластифицирующих добавок могут отличаться.

На рис. 3 представлено наложение инфракрасных спектров двух образцов.

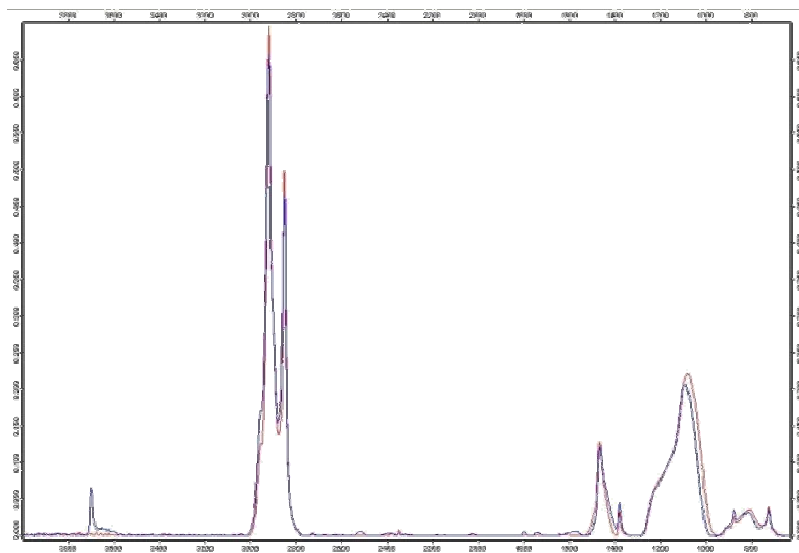


Рис. 3. Сравнение спектров образца 1 (синяя линия) и образца 2 (красная линия)

В результате обработки экспериментальных данных, представленных на рис. 3, установлено, что корреляция спектров исследуемых образцов составляет 98,87 %. Отличия в определенной части спектра вероятнее всего связаны с различным содержанием пластификатора.

Можно сделать предположение, что в образце 2 данный пластификатор либо отсутствует, либо его содержание ничтожно мало, что согласуется с данными термогравиметрического анализа. На рис. 4, 5 представлены рентгенограммы исследуемых образцов. По результатам рентгенофазового анализа можно сделать следующие выводы:

– в обоих образцах присутствует аморфная составляющая, идентифицировать которую с использованием рентгенофазового анализа не представляется возможным;

– рентгенограммы обоих образцов имеют схожий характер, что свидетельствует о близком составе. Отличие может заключаться в количественном содержании кристаллических фаз и различном примесном составе;

– основные пики на рентгенограммах образцов являются характеристическим для следующих веществ: ZnO (структура минерала «Zincite», пространственная группа R $\bar{6}3m$ c); CaCO₃ (структура минерала «Calcite», пространственная группа R-3c); Al₂O₃ (структура минерала «Corundum», пространственная группа R-3c); SiO₂ (структура минерала «Quartz», пространственная группа P3221);

– также на рентгенограмме присутствуют пики, не относящиеся к представленным веществам. Однозначно идентифицировать данные пики невозможно, так как они являются характеристическими для нескольких веществ. В основном это алюмосиликаты сложного состава.

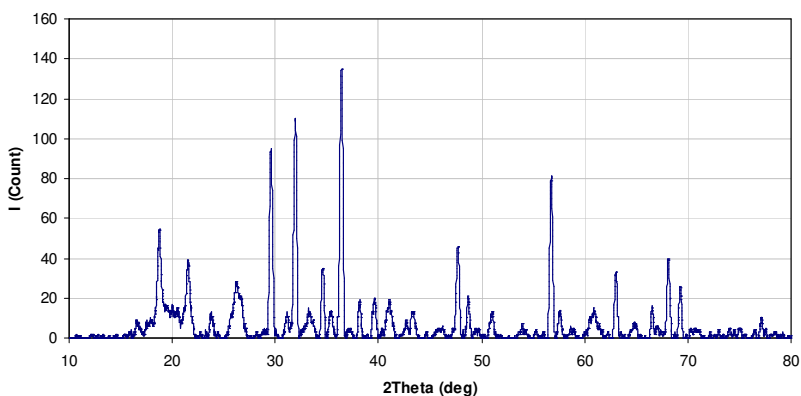


Рис. 4. Рентгенограмма образца 1

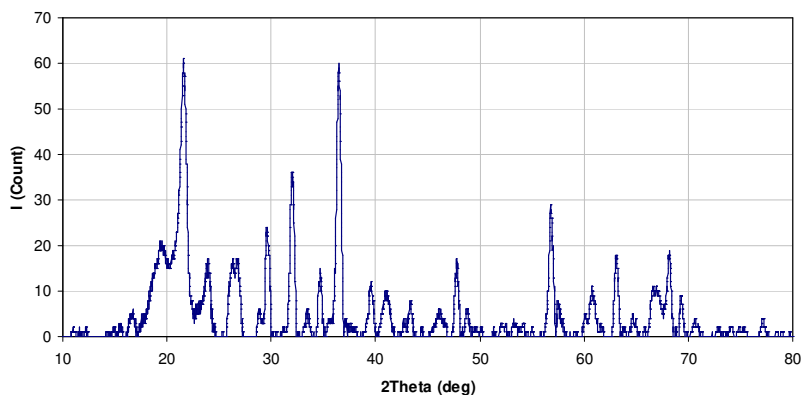


Рис. 5. Рентгенограмма образца 2

Результаты измерения элементного состава образцов с помощью рентгеноспектрального анализа в режиме анализа по площади представлены в таблице.

Результаты измерения элементного состава

Образец	C, % мас.	O, % мас.	Al, % мас.	Si, % мас.	Zn, % мас.	Ca, % мас.	K, % мас.	Mg, % мас.	Fe, % мас.	S, % мас.	Ti, % мас.
Образец 1	62,75	19,10	7,56	6,12	2,55	1,01	–	0,69	0,07	–	0,15
Образец 2	47,04	27,57	11,10	10,05	1,90	0,97	0,51	0,50	0,23	0,13	–

По результатам проведенных комплексных экспериментальных исследований можно сделать следующие общие выводы:

1) Каучуковая основа исследуемых образцов резиновой изоляции имеет близкий химический состав. Однако следует учитывать, что марки каучуков и степень сшивки резин могут отличаться.

2) В образце 2 содержится ориентировочно в два раза меньшее количество пластифицирующих добавок, чем в образце 1.

3) Образец 2 имеет большее количество наполнителя по сравнению с образцом 1.

Таким образом, наиболее вероятной причиной сильной температурной зависимости электрического сопротивления одного из образцов (образец 1) является миграция пластификатора.

Библиографический список

1. Новиков Д.В., Харченко Д.А. Кабели для электропитания установок электроцентробежных насосов добычи нефти [Электронный

ресурс] // Кабели и провода. – 2014. – № 1. – URL: http://www.kp-info.ru/kp_archive.html

2. Дик Дж. С. Технология резины: Рецептуростроение и испытания. Практическое руководство. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 620 с.

Сведения об авторах

Попов Иван Алексеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: dfyziz@mail.ru

Субботин Евгений Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и технологии в электротехнике» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: ktei@pstu.ru

About the authors

Popov Ivan Alekseevich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: dfyziz@mail.ru

Subbotin Evgeniy Vladimirovich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor Department of Design and Technology in Electrical Engineering Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: ktei@pstu.ru

РАСЧЕТ СТОИМОСТИ ПОДКЛЮЧЕНИЯ К СЕТИ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПЕРМСКОГО КРАЯ (РАЙОН ЧЕРНУШКИ)

Р.О. Токарев, В.В. Шапошников, Э.В. Любимов
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Произведен расчет стоимости подключения индивидуальных потребителей (район Чернушки) к государственной сети путем постройки линии электропередач (ЛЭП) 6 кВ. В связи с быстрым освоением отдаленных районов Пермского края появляется нехватка электроэнергии для частного пользования. Работа ориентирована на решение данной проблемы, а значит, содействует ускоренному развитию южной части Пермского края.

Ключевые слова: электроснабжение, линия электропередачи, трансформаторная подстанция, потребитель электроэнергии, налог на добавленную стоимость, строительные-монтажные работы.

CALCULATION OF THE COST OF CONNECTING TO THE NETWORK OF THE ELECTRIC TRANSMISSION LINE NETWORK OF THE SOUTH PART OF THE PERM REGION (CHERNISHKI AREA)

R.O. Tokarev, V.V. Shaposhnikov, E.V. Lubimov
Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article calculates the cost of connecting individual consumers (the Area of Chernushka) to the state network by building a power line (LEP) 6 kV. Due to the rapid development of remote areas of the Permian region, there is a shortage of electricity for private use. The work is focused on solving this problem, and therefore contributes to the accelerated development of the southern part of the Permian region.

Keywords: Electric power supply, power line, transformer substation, electricity consumer, value added tax, construction and installation work.

Подключение к общей сети электроснабжения будет производиться на расстоянии 20 км от потребителя с постройки ЛЭП 6 кВ, также будут выявлены издержки на строительство ЛЭП, на плату подключения ЛЭП к государственной сети.

Рассчитаем стоимости воздушной ЛЭП на 6кВ
Технические показатели:

- количество цепей – 1;
- характеристика опор – свободностоящие;
- материал опор – дерево;
- марка и число проводов в фазе – АС 10/1,8.

Общая черта региона прохождения ВЛ 6 кВ:

- месторасположение ВЛ – Пермский край, Чернушинский район.

Показаны следующие характеристики и технико-экономические показатели ВЛ 6кВ: 1) протяженность воздушной линии составляет 20 км; 2) трасса прокладывается в нормальных климатических условиях; 3) рельеф местности равнинный; 4) обустройство лежневых дорог не требуется.

Расчет стоимости строительства ВЛ 6кВ в базисных ценах 2000 г. и ценах на 1 квартал 2019 г. для воздушной прокладки провода с алюминиевыми жилами представлен в табл. 1.

Элементы цены постройки ВЛ 6 кВ на деревянных опорах [1]:

- 1) строительно-монтажные работы – 84 %;
- 2) прочие затраты – 16 %.

Таблица 1

Расчет затрат на строительство ВЛ 6 кВ

№ п/п	Составляющие затрат	Расчет затрат	Величина затрат, тыс. руб.
1	Стоимость ВЛ 6 кВ по базисным показателям	142,3*20	2846
2	Устройство лежневых дорог	0	0
Итого:			2846
3	Стоимость строительства ВЛ	2846*1,2298	3500

В ценах на 1-й квартал 2019 г. стоимость строительства ВЛ 6 кВ составляет:

1) $3500 * 0,84 * 4,12 = 12112,8$ тыс. руб. (расходы на строительство и монтаж), где 4,12 – индекс конфигурации сметной стоимости строительно-монтажных работ по видам строительства, определяемых с применением федеральных единичных расценок на 1 квартал 2019 г. [2];

2) $3500 * 0,16 * 9,1 = 5096$ тыс. руб. (затраты на прочие услуги), где 9,1 – индекс изменения стоимости прочих работ и затрат;

3) $652,9 * 1,2 = 0,783$ тыс. руб. (плата за технологическое присоединение к электрическим сетям), где 1,2 – НДС.

Всего: $(12112,8+5096+0,782)*1,12=19274,8$ тыс. руб.

Расчет трансформаторных подстанций (ТП):

1) $2*46740=94$ тыс. руб. (стоимость ТП будет рассчитана исходя из стоимости двух комплектных ТП столбового типа с воздушным вводом марки КТП-ВС 4/6);

2) $2*150=300$ тыс. руб. (строительно-монтажные и пусконаладочные работы).

Всего: $94+300=394$ тыс. руб.

Сумма всех капитальных вложений на постройку воздушной ЛЭП 6кВ и две ТП, рассчитанная по укрупненным показателям [1, 2]:

$19274,8+394 = 19668,8$ тыс. руб.

Наглядный расчет стоимости электроснабжения представлен в табл. 2.

Таблица 2

Расчет стоимости электроснабжения

Наименование	Цена, руб
Строительно-монтажные работы (с учетом коэффициента 1,12)	13 566 336
Прочие затраты (с учетом коэффициента 1,12)	5 707 520
Плата за технологическое присоединение к электрическим сетям (с учетом коэффициента 1,12)	877
Стоимость ТП	94 000
Строительно-монтажные и пусконаладочные работы	300 000
Сумма	19 668 733

Чтобы оценить проделанную работу, необходимо рассчитать стоимость автономной системы электроснабжения для индивидуальных потребителей южной части Пермского края. В следующей работе будет произведен такой расчет, а также будет наглядно представлено сравнение двух вариантов подключения.

Библиографический список

1. Гологорский Е.Г., Крацов А.Н., Узелков Б.М. Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4–750 кВ. – М., 2007. – 560 с.

2. Сборник укрупненных показателей стоимости строительства (реконструкции) подстанций и линий электропередачи для нужд ОАО «Холдинг МРСК». – М., 2012. – 71 с.

Сведения об авторах

Токарев Роман Олегович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: ju11071996@yandex.ru

Шапошников Владислав Валерьевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: vladislav96gg@gmail.com

Любимов Эдуард Викторович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: lis.pstu@mail.ru

About the authors

Tokarev Roman Olegovich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: ju11071996@yandex.ru

Shaposhnikov Vladislav Valeryevich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: vladislav96gg@gmail.com.

Lubimov Eduard Viktorovich – Ph.D. in Technical Sciences, Professor Department of the Electrical Engineering and Electromechanics Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: lis.pstu@mail.ru

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.Ш. Маджидов, А.З. Джавахян
Национальный исследовательский
университет «МЭИ», Москва

Проанализированы способы определения энергоэффективности асинхронного двигателя (АД) в связи с внедрением стандартов ЕС, США, Канады, Японии и России. Проведены исследования АД и сравнение энергоэффективности, определяемой различными национальными стандартами. Кроме того, энергоэффективность двигателя сравнивалась с классами эффективности, определенными стандартом ЕС.

Ключевые слова: энергоэффективность, асинхронный двигатель, стандарт, ЕС, США, Канады, Японии и России.

COMPARISON OF ENERGY EFFICIENCY DETERMINATION METHODS FOR THE ASYNCHRONOUS MOTORS

A.Sh. Madjidov, A.Z. Javakhyan
National Research University "MPEI", Moscow

In the paper the effects on the asynchronous motor efficiency determination due to the introduction of the EU, USA, Canada, Japan and Russian Standards have been analyzed and discussed. Industrial asynchronous motor has been tested and a comparison between the efficiencies determined by various National Standards has been presented. In addition, the motor efficiencies have been compared with the efficiency classes defined by the EU Standardization.

Keywords: energy efficiency, asynchronous motor, standard, EU, USA, Canada, Japan and Russia.

Потребление электроэнергии двигателями в промышленности составляет от 30 до 40 % всей вырабатываемой в мире электроэнергии, поэтому увеличение энергоэффективности двигателя в комплексе с преобразователем с учетом условий его применения – очень важная задача. Общий потенциал энергосбережения от оптимизации электропривода может достигать от 30 до 60 %. Целью исследования является сравнение методов определения энергоэффективности АД в соответствии с различными национальными стандартами.

В процессе преобразования энергии часть ее теряется в виде тепла. Величина потерянной энергии определяется энергетическими показателями. Применение энергоэффективных АД позволяет существенно снизить потребление энергии и уменьшить содержание углекислого газа. В соответствии со стандартами реализуются два основных способа определения КПД АД: прямой и косвенный. Прямой способ – отношение входной электрической $P_{вх}$ и выходной механической $P_{вых}$ мощностей:

$$\eta = \frac{P_{вых}}{P_{вх}}. \quad (1)$$

В косвенном способе входная и выходная мощности также используются для определения составляющих компонентов потерь АД в виде разделения или суммирования потерь. Эффективность в косвенном способе определяется из общих потерь $P_{общ}$ по выражению:

$$\eta = \frac{P_{вх} - P_{общ}}{P_{вх}}. \quad (2)$$

Известно, что способы определения эффективности, основанные на разделении потерь, являются более точными. В АД существует пять видов потерь: $P_{серд}$ – потери в сердечнике, $P_{обм}$ – потери в обмотках, $P_{стат}$ – потери в статоре, $P_{рот}$ – потери в роторе, $P_{добав}$ – добавочные потери. Распределение потерь приведены на рис. 1 ($P_{воз.зав}$ – мощность воздушного зазора, $P_{мех.мощ}$ – механическая мощность).

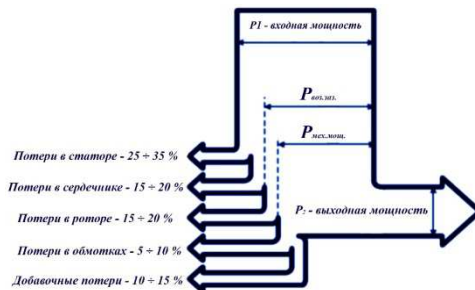


Рис. 1. Распределение потерь в АД

Очевидно, что чем выше КПД (и соответственно ниже потери), тем меньше энергии потребляет АД из сети для создания той же самой мощности. Далее предлагается обзор различных национальных стандартов для определения энергоэффективности АД с описанием основных различий между ними.

Поскольку АД потребляет около 90 % электрической энергии, используемой всеми взятыми вместе двигателями, его паспортные данные об энергоэффективности стали отраслевым стандартом. Существует ряд международных стандартов [3], которые используются для определения реальной энергоэффективности по моделированным данным, такие как: IEEE Std 112-2004 – Стандарт США; МЭК 60034-2-1 – стандарт Европейский союз (ЕС); CSA C390 – канадский стандарт; JEC 37 – японский стандарт; МЭК 60034-2 – российский стандарт; ГОСТ 25941-83 – Российский Стандарт [4–9].

Большинство из этих национальных стандартов основывается на более чем на одном способе определения эффективности, например IEEE Std 112-2004 имеет несколько способов, определенных как методы А, В, В1, С, Е, Е1 F, F1, C/F, E/F, E1/F1. Стандарт IEEE Std 112-2004 метод В использует для определения эффективности АД. Стандарт CSA 390 использует идентичную процедуру к IEEE Std 112-2004 метод В для потерь дополнительной нагрузки, в то время как стандарт JEC 37 игнорирует эти потери [7]. Международная комиссия по электротехническому оборудованию для измерения КПД двигателя, МЭК 60034-2-1 в течение длительного времени произвольно принимали входную мощность 0,5 % в качестве потери рассеянной нагрузки, такое же определение потерь рассеянной нагрузки мы имеем в МЭК 60034-2-1 и ГОСТ 25941-83. Основные различия между этими стандартами заключаются в учете потерь, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение основных стандартов испытаний

Стандарт	Потери на рассеяние	Поправка на температуру
IEEE Std 112-2004	Способ разделения потерь	Да
МЭК 60034-2-1	Способ разделения потерь	Да
CSA C390	Способ разделения потерь	Да
JEC 37	Игнорирует SLL	Да
ГОСТ 25941-83	Назначает 0,5% от номинальной мощности АД	Нет

На рис. 2 представлены результаты исследования для АД мощностью 1,1 кВт с разными значениями энергоэффективности (зависимости КПД от мощности) с использованием разных стандартов. Как показано на рис. 2, энергоэффективность АД мощностью 1,1 кВт, сравнивается по четырем международным стандартам, а именно: IEEE Std 112-2004, МЭК 60034-2-1 (прямой способ), JEC 37 и ГОСТ 25941-83 (косвенный способ).

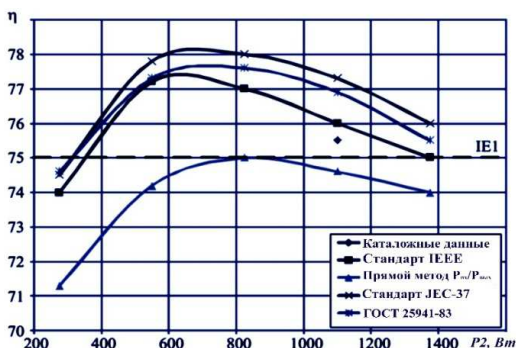


Рис. 2. Энергоэффективности АД в соответствии с различными стандартами

Прямой способ по стандартам МЭС 60034-2-1 и IEEE Std 112-2004 получается в результате низкой энергоэффективности. Разница заключается в различном подходе к потерям дополнительной нагрузки. Стандарт IEEE Std 112-2004 выводит его косвенно из испытаний, а ГОСТ 25941-83 предполагает фиксированное значение 0,5 % от номинальной мощности, тогда как JEC-37 полностью его игнорирует, что приводит к наивысшей энергоэффективности. Классы энергоэффективности для АД в соответствии с новой классификацией приведены в табл. 2.

Таблица 2

Классы энергоэффективности классификации СЕМЕР

Номинальная мощность, кВт	IE1 (EFF2) – стандартный класс энергоэффективности	IE2 (EFF1) – высокий класс энергоэффективности	IE3 – сверхвысокий класс энергоэффективности	IE4 – максимально высокий класс энергоэффективности
0,75	72,1	79,6	82,5	84,6
1,1	75	81,4	84,1	87,5
1,5	77,2	82,8	85,3	88,8
2,2	79,7	84,3	86,7	89,6

Таким образом, в данной статье освещены основные факторы, влияющие на энергоэффективность АД, показано существенное влияние различных стандартов на энергоэффективность АД и оценивается уровень эффективности в соответствии с СЕМЕР. Поскольку уровень эффективности, определенный в соответствии с национальными стандартами, зависит от определения точности потерь от дополнительных нагрузок, в будущем планируется более точное опре-

деление потерь от разных нагрузок с помощью моделирования и экспериментов, учитывающих влияние характеристик источника питания и особенности испытательного оборудования.

Библиографический список

1. H. Mzungu, P. Barendse. Manyage, Ind-I and Com-I Use of Energy, 1 (2008)
2. E. Agamloh, Electric Machines and Drives Conference, 36 (2009)
3. O. Dobzhanskyi, R. Gouws, Industrial and Commercial Use of Energy (2014)
4. Межгосударственный стандарт. ГОСТ МЭК 60034-2-1-2017. Машины электрические вращающиеся. Ч. 2-1. Стандартные методы определения потерь и коэффициента полезного действия по испытаниям (за исключением машин для подвижного состава). – М., 2017.
5. IEEE Std 112-2004: Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators, IEEE, 79 (2004)
6. CSA C390: Energy Efficiency Test Methods for Three-Phase Induction Motors, Canadian Standards Association, 79 (2004)
7. JEC 37: Induction Machine, Standard of Japanese Elec-I Committee, 44 (1979)
8. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 7217-87. Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные. Методы испытаний. – М., 2003.

Сведения об авторах

Маджидов Абдулла Шарифхужаевич – аспирант Национального исследовательского университета «МЭИ», Москва, e-mail: abdullo.madjidov@mail.ru

Джавахан Асмик Завеновна – кандидат технических наук, старший преподаватель Национального исследовательского университета «МЭИ», Москва, e-mail: javakhianaz@mpei.ru

About the authors

Madjidov Abdulla Sharifkhujaevich – Graduate Student National Research University "MPEI", Moscow, e-mail: abdullo.madjidov@mail.ru

Javakhyan Asmik Zavenovna – Ph.D. in Technical Sciences, Senior Lecturer National Research University "MPEI", Moscow, e-mail: javakhianaz@mpei.ru

АНАЛИЗ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ГВС ЧАСТНОГО ДОМА В УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

М.А. Митрошин, М.А. Шкред, И.А. Пономарев
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск

Проведено исследование актуальности использования солнечных коллекторов в качестве источников отопления и ГВС для частного дома. Установлены преимущества и недостатки использования солнечных коллекторов. Приведены расчеты и сроки окупаемости установки.

Ключевые слова: электроэнергетика, солнечные коллекторы, отопление частного дома, солнечная энергия.

THE ANALYSIS OF PROFITABILITY OF USE OF SOLAR COLLECTORS FOR HEATING AND HOT WATER SUPPLY OF THE PRIVATE HOUSE IN THE URAL REGION.

M.A. Mitroshin, M.A. Shkred, I.A. Ponomarev
South Ural State University, Chelyabinsk

The article studies the relevance of the use of solar collectors as sources of heating and hot water for a private home. The advantages and disadvantages of using solar collectors are established. Calculations and payback periods of the installation are given.

Keywords: electric power, solar collectors, heating of a private house, solar energy.

Рассмотрим систему солнечных коллекторов, используемую в качестве источника тепловой энергии для частного дома, расположенного в Челябинской области. Общий вид дома и установленной системы представлен на рис. 1.

Чаще всего для отопления частных домов используют газовые котлы. Однако участок расположен на большом удалении от газовых магистралей, поэтому нет технической возможности для подключения к газовым сетям и установки газового котла.

Дом имеет два этажа общей площадью 250 м². В качестве основного источника отопления и горячего водоснабжения используется электрически котел мощностью 28 кВт ЭВАН NOVATOR 28 (отопливаемая площадь до 280 м²) [2]. Также установлены два солнечных коллектора SCH-30, имеющих по 30 вакуумных трубок в каждом, с общей площадью поглощения солнечного света 8 м² [1]. Схема ото-

пления построена по принципу, показанному на рис. 2. Угол установки солнечных коллекторов 55 градусов, что является оптимальным для европейской части России [3].



Рис. 1. Общий вид установки

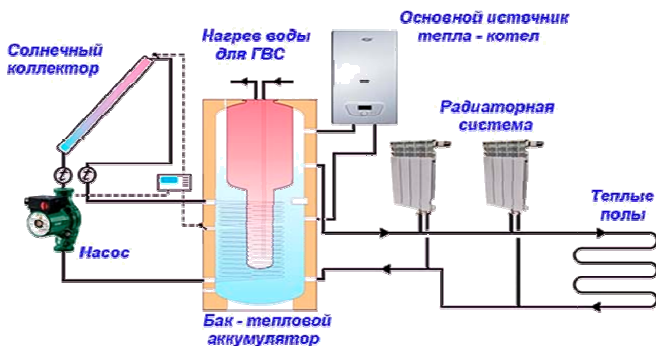


Рис. 2. Схема отопления

Как показывает практика, зимой производительность коллекторов недостаточна для полного перехода на этот источник тепловой энергии. В зимний период времени солнечные коллекторы работают только как дополнительный источник тепла для системы отопления, летом они полностью снабжают дом горячей водой, т.е. схема отопления работает без использования электрического котла.

Суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при безоблачном небе

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
кВт·ч/м ²	19	47	113	170	229	244	238	183	126	58	23	13

Находим суммарную солнечную радиацию (прямую и рассеянную) на горизонтальную поверхность при безоблачном небе, кВт·ч/м² (таблица). Челябинск расположен на 59° северной широты, берем приближенное значение – 60° [4].

Технические параметры солнечной установки:

КПД установки 92 %, общая площадь поглощения 8 м², срок службы 25 лет [3].

1) Из таблицы находим суммарную мощность за год, приходящуюся на 1 м² установки (1 463 кВт·ч/кв.м).

2) Так как в таблице указаны данные для безоблачных дней, найдем суммарную мощность за год, приходящуюся на 1 м² солнечной установки. За год над Челябинском солнце светит 2066 часов, что составляет 23,6 % от общегодового (8760 часов).

С учетом количества солнечных дней в году, на 1 м² установки приходится: $1\,463 \cdot 0,236 = 345,3$ кВт·ч/кв.м

3) Находим вырабатываемую мощность коллекторов за год с учетом их общей площади и КПД установки. $345,3 \cdot 8 \cdot 0,92 = 2\,541$ кВт·ч

4) Находим суммарную экономию за год с учетом средней стоимости ЭЭ по Челябинской области – 2,27 руб./кВт 2 541 * 2,27 = 5 768 руб.

5) Находим срок окупаемости установки при учете закупочной цены 44 000 руб за 1 комплект: $88\,000 / 5\,768 = 15,3$ лет.

С учетом срока эксплуатации, заявленного производителем в 25 лет, установка окупит себя 1,64 раза, если не произойдет внеплановых ремонтов или повреждений.

Периодически необходимо соблюдать следующие правила, чтобы производительность установки не падала со временем [5]:

– не рекомендуется допускать работу солнечного коллектора в режиме повышенной температуры (когда потребность в горячей воде меньше, чем коллектор выдает). В таких режимах вода перегревается и закипает, что снижает его ресурс. Также не все трубы отопления рассчитаны на такую высокую температуру (100° и выше градусов). Необходимо оценивать свои суточные потребности в ГВС перед покупкой водонагревателя либо же закрыть на время одну или несколько вакуумных труб непрозрачным материалом, чтобы снизить мощность;

– необходимо периодически протирать поверхность вакуумных трубок. Запыленность способна уменьшить мощность коллектора на 7 %;

– следует очищать внутреннее пространство накопительного бака и прочищать от накипи гильзы, в которых располагаются тепловые трубки. Периодичность этой процедуры зависит от качества воды.

– устанавливать солнечные коллекторы рекомендуется так, чтобы воздействие объектов дающих тень было минимально.

В данном исследовании было установлено, что использование солнечных коллекторов в качестве источника отопления и ГВС для частного дома, расположенного в Уральском регионе, имеет экономическое обоснование. Несмотря на большие сроки окупаемости, такие установки позволяют экономить значительную часть энергоресурсов. Это будет особенно интересно для частных домов и фермерских хозяйств, не имеющих технической возможности подключения к газовым сетям и использования природного газа в качестве источников тепловой энергии.

Библиографический список

1. Анди Групп [Электронный ресурс]. – URL: <https://andi-grupp.su/p/5826044-vakuumnyu-solnechnyy-kollektor-sch-30/>
2. TD Komfort [Электронный ресурс]. – URL: https://chelyabinsk.tdkomfort.ru/shop/elektricheskiy_kotel_evan_novator_28.html
3. Вакуумный солнечный коллектор (панель) модель SCH-12(15, 18, 20, 24, 30) руководство по монтажу и эксплуатации.
4. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями № 1, 2), 2012
5. RMNT.RU [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rmnt.ru/story/heating/vakuumnyu-solnechnyy-kollektor-osobennosti-ekspluatatsii.-696639/>

Сведения об авторах

Митрошин Михаил Алексеевич – студент Южно-Уральского государственного университета, Челябинск, e-mail: hjnbajhv52@yandex.ru

Шкред Мария Андреевна – студентка Южно-Уральского государственного университета, Челябинск, e-mail: shkredm@gmail.com

Пономарев Илья Андреевич – студент Южно-Уральского государственного университета, Челябинск, e-mail: ilya74pon@gmail.com

About the authors

Mitroshin Mikhail Alekseevich – Student of the South Ural State University, Chelyabinsk, e-mail hjnbajhv52@yandex.ru

Shkred Maria Andreevna – Student of the South Ural State University, Chelyabinsk, e-mail shkredm@gmail.com

Ponomarev Ilya Andreevich – Student of the South Ural State University, Chelyabinsk, e-mail ilya74pon@gmail.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МЕСТА И МОЩНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Я.Ю. Малькова, Р.А. Уфа

Томский политехнический университет, Томск

Представлены результаты разработки и применения алгоритма глобальной минимизации – метода роя частиц, для решения задачи определения оптимального места и мощности возобновляемых источников энергии. На основании расчета и оценки величины многоцелевой функции, одним из индикаторов которой является величина активных потерь и уровень напряжения, определены место установки и мощность источника. Кроме этого, на основании выполненной процедуры реконфигурации определена более оптимальная конфигурация сети, для которой также найдены оптимальное место и мощность возобновляемого источника энергии.

Ключевые слова: алгоритм, определение оптимального места и мощности, возобновляемые источники энергии, многоцелевая функция, расчет, анализ.

DETERMINING THE OPTIMAL LOCATION AND POWER OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

Ya.Yu. Malkova, R.A. Ufa

Tomsk Polytechnic University, Tomsk

The article the results of the development and application of the global minimization algorithm – the particle swarm method, are presented. This algorithm is used for solving the problem of determining the optimal location and power of renewable energy sources. Based on the calculation and estimation of the value of the objective function, one of the indicators of which is the magnitude of the active losses and voltage profile, the optimal location and power of the source are determined. In addition, based on the reconfiguration procedure, a more optimal network configuration was determined, for which the optimal location and power of the renewable energy source were also determined.

Keywords: algorithm, determining the optimal location and power, renewable energy sources, objective function, calculation, analysis.

Согласно [1], в России установлен 1,3 ГВт солнечных электростанций (СЭС) и ветряных электростанций, из которых большая часть, а именно 1,1 ГВт, приходится на СЭС. При этом установленная мощность возобновляемой энергетики в нашей стране составляет не более 0,5 % от суммарной установленной мощности единой энерге-

тической системы России. Повсеместной установке объектов на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) препятствует ряд факторов, среди которых можно выделить нормативно-правовой, технический, технологический, экономический, географический и др. Рассмотрим некоторые аспекты технического фактора. Одной из задач научно-исследовательских коллективов в настоящее время является изучение взаимного влияния режимов работы ВИЭ и электроэнергетической системы (ЭЭС), а также определение оптимального места и мощности объектов ВИЭ. В рамках данной работы представлены результаты определения оптимального места и мощности ВИЭ в 15-узловой IEEE схеме [2] с учетом возможной реконфигурации для определения более оптимальной топологии.

В общем виде выбор оптимального места и мощности ВИЭ заключается в определении оптимума, соответствующего минимальному значению суммарных потерь активной мощности при условии обеспечения устойчивой работы сети. Обозначенная задача в настоящее время решается посредством различных оптимизационных алгоритмов: численных, аналитических и эвристических. В рамках данной работы представлены результаты разработки и применения для решения конкретной оптимизационной задачи алгоритма глобальной минимизации – метода роя частиц (particle swarm optimization (PSO)). Поведение частиц – потенциальных решений задачи, в методе PSO основано на поведении животных в природной среде, например, стаи рыб или стаи птиц. PSO относится к эвристическим методам оптимизации, также как и генетический алгоритм (genetic algorithm (GA)). PSO схож с GA тем, что он также начинается со случайного положения частиц, однако в отличие от GA не имеет эволюционного механизма. Каждая частица характеризуется значением координаты на поле возможных решений, а так же скорости передвижения по этому полю. На каждом шаге реализации программного кода частицы обновляют значения своих скоростей в соответствии с наилучшим положением данной частицы и частиц в целом, определяемым минимальным значением многоцелевой функции, и перемещаются, сокращая размеры области расположения частиц на поле. Скорость частицы на $i+1$ итерации можно представить в следующем виде:

$$v_{i+1} = v_i + a_1 \cdot \text{rnd} \cdot (pbest_i - x_i) + a_2 \cdot \text{rnd} \cdot (gbest_i - x_i), \quad (1)$$

где v_i – скорость частицы на i -й итерации, a_1 и a_2 – коэффициенты значимости, rnd – случайный коэффициент $0 \div 1$, $pbest_i$ – наилучшее положение данной частицы с момента запуска программного кода до i -й итерации включительно, $gbest_i$ – наилучшее положение среди всех частиц с момента запуска программного кода до i -й итерации включительно. Положение частицы на $i+1$ итерации определяется следующим выражением:

$$x_{i+1} = x_i + v_{i+1} \quad (2)$$

где x_i – положение частицы на i -й итерации.

В соответствии с видом формулы (1) можно сделать вывод, что на скорость движения частицы на каждой итерации влияет как ее лучшее положение, так и лучшее положение всех частиц роя. Если текущее положение частицы характеризуется меньшим значением многоцелевой функции, чем лучшее положение среди всех частиц роя за все время с момента запуска программного кода до текущей итерации, то данное положение перезаписывается в $gbest$.

Многоцелевая функция в условиях решаемой задачи определяется активными и реактивными потерями мощности, а также максимальным отклонением напряжения в сети от номинального значения:

$$MOF = w_1 \cdot ILP + w_2 \cdot ILQ + w_3 \cdot IVD, \quad (3)$$

где MOF – многоцелевая функция, ILP – индекс потери активной мощности, ILQ – индекс потери реактивной мощности, IVD – индекс максимального отклонения напряжения в сети, $w_1 + w_2 + w_3 \equiv 1$ – весовые коэффициенты.

В свою очередь, на многоцелевую функцию накладываются следующие ограничения [3]:

– допустимое отклонение напряжения в узлах: $0,95 < U_i < 1,05$

– сохранение баланса генерируемой $P_{ген}$ и потребляемой P_n

мощности в сети:

$$\sum P_{ген} \leq \sum P_n + \sum P_{потери}. \quad (4)$$

Значение многоцелевой функции определялось при следующих условиях функционирования сети:

– Сценарий 1: исходная схема без установки объекта ВИЭ;

- Сценарий 2: исходная схема с установкой объекта ВИЭ (подключение в каждый узел);
- Сценарий 3: применение процедуры реконфигурации;
- Сценарий 4: схема после реконфигурации с установкой объекта ВИЭ (подключение в каждый узел).

Для рассматриваемой 15-узловой IEEE схемы цикл алгоритма оптимизации состоял из 50 итераций, размерность роя – 100 частиц.

Величина потерь активной мощности и значение многоцелевой функции для каждого сценария представлены в таблице.

Определение потерь активной мощности и значения многоцелевой функции

Сценарий	Потери активной мощности, кВт	Многоцелевая функция	Пояснения
1	61,741 [4]	–	–
2	56,196	0,781	ВИЭ установлено в 13 узле, мощность 100 кВт
3	58,370	–	Реконфигурация: введено дополнительно пять ветвей – 15 (10 и 14), 16 (5 и 9), 17 (8 и 15), 18 (7 и 12), 19 (13 и 14); отключены 4, 12, 13, 17 и 18 ветви
4	53,873	0,746	ВИЭ установлено в 13 узле, мощность 100 кВт

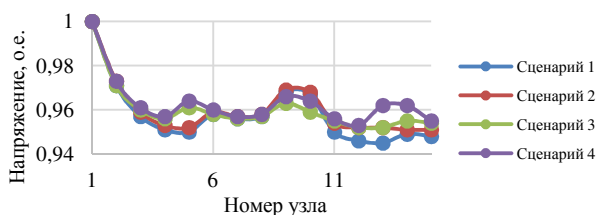


Рис. Графики уровня напряжений в узлах системы

Применен алгоритм PSO для определения оптимального места и мощности ВИЭ в 15-узловой IEEE схеме. Согласно представленным на рисунке данным об уровне напряжений на шинах исследуемой ЭЭС можно сделать вывод, что проведение реконфигурации и установка дополнительной генерации ВИЭ увеличивает уровень напряжения на шинах, а соответственно повышает устойчивость функционирования ЭЭС.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, грант № МК-2150.2019.9.

Библиографический список

1. Информационный обзор «Единая энергетическая система России: промежуточные итоги» (оперативные данные) сентябрь 2019 г. // АО «СО ЕЭС России» [Электронный ресурс]. – URL: https://so-ups.ru/index.php?id=ups_review19 (дата обращения: 23.12.2019).

2. Modeling and Simulation of Distribution Network with the Integration of Distribution Generator using MatLab / T.D. Sudhakar, M. Raja Rajan, K.N. Srinivas et al. // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Vol. 9(12). – P. 1–7.

3. Caisheng W., Nehrir M.H. Analytical approaches for optimal placement of distributed generation sources in power systems // IEEE Transactions on Power Systems. – 2004. – Vol. 19. – No. 4. – P. 2068–2076.

4. Optimal renewable resources placement in distribution networks by combined power loss index and whale optimization algorithm / P. Dinakara Prasad Reddy, V.C. Veera Reddy, T. Gowri Manohar // Journal of Electrical Systems and Information Technology. – 2018. – No. 5. – P. 175–191.

Сведения об авторах

Малькова Яна Юрьевна – студент Томского политехнического университета, Томск, e-mail: yamalkova96@gmail.com

Уфа Руслан Александрович – кандидат технических наук, доцент отделения электроэнергетики и электротехники Томского политехнического университета, Томск, e-mail: hecn@tpu.ru

About the authors

Malkova Yana Yurevna – Student Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: yamalkova96@gmail.com

Ufa Ruslan Alexandrovich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the School of Energy and Power Engineering, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: hecn@tpu.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В ПЕРМСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

А.В. Ромодин, З.Ф. Валинурова

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрены вопросы организации энергетического менеджмента в вузе, представлены этапы разработки, внедрения и взаимодействия подразделений образовательного учреждения.

Ключевые слова: энергетический менеджмент, высшее учебное заведение, эффект, этапы внедрения, законодательство.

ENERGY MANAGEMENT ORGANIZATION IN PERM NATIONAL RESEARCH POLYTECHNICAL UNIVERSITY

A.V. Romodin, Z.F. Valinurova

Perm National Research Polytechnic University, Perm

The article is devoted to the issues of organizing energy management in a university, the stages of development, implementation and interaction of educational institution units are presented.

Keywords: energy management, higher education institution, the effect, implementation stages, legislation.

Любой вид деятельности человека, сопряжен с затратами энергии. Актуален вопрос энергосбережения, поскольку в настоящее время энергетические ресурсы используются очень неэффективно. Решение проблемы – правильно организованное управление энергопотреблением, т.е. энергетический менеджмент и энергоаудит, а так же применение передовых технологий, нового оборудования, совершенствование и модернизация имеющегося.

Для Пермского политехнического национального исследовательского университета (ПНИПУ) на сегодняшний день, как и для любой организации, остро стоит необходимость принятия мер по повышению энергетической эффективности.

Актуальность проблемы обусловлена высоким потенциалом экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), возможностью

снижения платежей за потребление ТЭР, что может повысить конкурентоспособность вуза в современном мире. Актуальность также обусловлена выполнением требований законодательных документов в области энергосбережения.

В настоящий период времени в России основным документом в области энергосбережения является Федеральный закон РФ от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ, а также ряд других подзаконных актов, принятых министерствами, ведомствами и регионами. Среди перечня целевых показателей энергоэффективности для университета необходимо использовать те, которые полностью охватывают требования приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 18.04.2012 г. № 309 «Об организации работы в Министерстве образования и науки Российской Федерации по реализации Федерального закона от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1].

Повышение уровня энергоэффективности – проблема не только техническая, требующая технологических решений, но и как управленческая. Пути ее решения предлагает международный стандарт ISO 50001:2011 [2], в котором показано последовательное применение системного подхода к энергетическому менеджменту.

Разработка и внедрение систем энергетического менеджмента обеспечивает достижение следующих эффектов для вуза:

1. Организационный: эффективное управление энергопотреблением; оптимизация большого количества функциональных процессов и рост общей управляемости вуза; общее улучшение планирования работы вуза.

2. Финансовый: улучшение финансовых показателей вуза за счёт прямой экономии всех видов энергоресурсов; уменьшение издержек за счёт обнаружения и устранения непроизводительных расходов; повышение финансовой прозрачности.

3. Репутационный: имиджевая привлекательность вуза для партнеров и населения; университет получит репутацию современного и успешного в своей деятельности.

4. Социальный: повышение мотивации; научное развитие; повышение конкурентоспособности на рынке труда; улучшение условий труда [3].

Достичь конкретных результатов управления (снижение затрат, сокращение выбросов парниковых газов и других экологических последствий) организации, применяющие стандарт, могут только на основе системного подхода к энергетическому менеджменту. Система энергетического менеджмента дает стабильное функционирование и развитие вуза, отвечающее современным требованиям.

Разработка и внедрение систем энергетического менеджмента включает в себя несколько этапов, они представлены на рисунке [4].

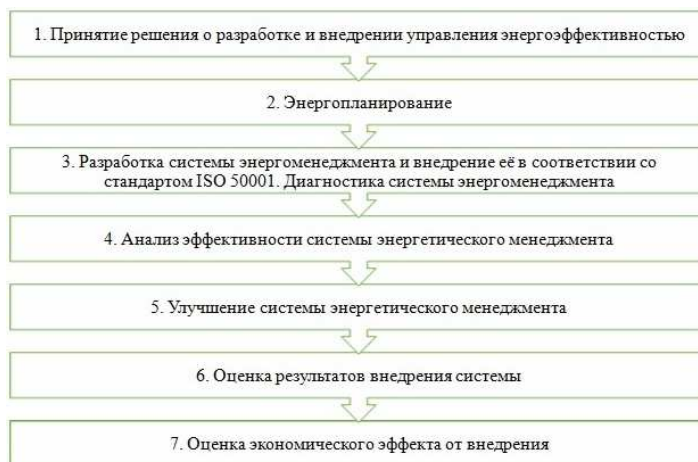


Рис. Этапы разработки и внедрения систем энергетического менеджмента

Итак, на подготовительном этапе необходимо провести оценочный аудит имеющейся системы энергосбережения и дать оценку ее соответствия требованиям стандарта [1].

Для этого нужно провести анализ существующей организационной структуры учреждения, оценить её внутреннее устройство и порядок работы, понять насколько она гибкая.

ПНИПУ является одним из ведущих инженерных высших учебных заведений России [5].

Организационная структура ПНИПУ является линейно-функциональной, построенной по принципу иерархичности. Она имеет вертикальные и горизонтальные уровни управления, которые взаимосвязаны как между собой, так и в пределах каждого уровня. Связи между элементами структуры могут быть прямыми и обратными.

Вертикальная иерархия – основа организационной структуры ПНИПУ, где управление всеми элементами идет сверху вниз. На вершине стоит ректор вуза – главный руководитель, ему подчинены все звенья структуры.

Следующий уровень соподчинённых ректору линейной прямой связью руководителей – проректор по общим вопросам, проректор по капитальному строительству и развитию имущественного комплекса, проректор по учебной части и управление финансового контроля, которые входят в коллегиальный орган управления – ректорат. Между ними есть межфункциональные связи, т.е. взаимодействие без административного подчинения. Каждый из вышеуказанных структурных элементов в ректорате имеет свою взаимосвязь с соподчинённым уровнем. Ректорат определяет стратегию энергосбережения в университете, осуществляет контроль за выполнением организационно-технических мероприятий.

Проведя анализ существующей организационной структуры ПНИПУ предложено создание новой отдельной функциональной единицы. Это может быть штаб (Совет), отвечающий за создание энергетической политики организации, Совет по энергосбережению и энергоэффективности. Энергетическая политика является официальным заявлением высшего руководства организации об основных намерениях и деятельности в области энергоэффективности. Такой штаб (совет) и его звенья должны гармонично влиться в организационную структуру вуза, так как будут заниматься стратегическим планированием и анализом, и высшее руководство на основании полученных результатов будет принимать решения по улучшению энергетических параметров.

Совет формирует политику и ведет итоговый контроль за реализацией мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности он также взаимодействует с ректоратом в части принятия решений, разработки и принятия нормативных правовых актов по энергосбережению. Советом разрабатывается основной документ по энергосбережению и повышению энергетической эффективности вуза – программа энергосбережения и повышения энергоэффективности, через реализацию которой будет осуществляться

управление рациональным использованием энергоресурсов организации. Для контроля за реализацией программы назначается представитель руководства, ответственный за энергосбережение и повышение энергоэффективности университета, и создаются рабочие группы по энергетическому менеджменту, определяются их полномочия [6–11].

Следующий шаг – разработка календарного плана-графика работ по внедрению системы энергетического менеджмента (СЭнМ) и определение области использования и границ СЭнМ. Далее будет проведено структурирование процесса энергопланирования.

Необходимо разработать энергополитику и довести её до сведения заинтересованных лиц, определить индикаторы энергоэффективности, разработать (откорректировать) программу энергосбережения и план по её осуществлению. После внедрения системы энергетического менеджмента следует провести внутренний аудит СЭнМ или оценочный аудит на соответствие требованиям стандарта [1] и устранить выявленные несоответствия. Последним этапом внедрения данной системы будет оценка полученных результатов.

Таким образом, если настроить работу качественной системы энергоменеджмента, то университет сможет: снизить затраты, устранить непроизводительные затраты, улучшить финансовые показатели и приобрести репутацию успешной организации в повышении энергоэффективности.

Библиографический список

1. Федеральный закон № 261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению (ISO 50001:2011). – Международная организация по стандартизации (ISO), 2018.
3. Дорожкин Е.М. [и др.]. Энергетическая политика в вузе: теория, методология, практика: монография. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2017. – 191 с.

4. Киямов И.К., Алафузов И.Г. Ключевые принципы энергетического менеджмента в энергосбережении // Вестник экономики, права и социологии. – 2016. – № 1. – С. 38–42.

5. Повышение энергетической эффективности Пермского национального исследовательского политехнического университета / А.В. Ромодин, А.В. Кухарчук, Д.Ю. Лейзгольд, И.С. Калинин, В.А. Кузьминов // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике. – 2012. – № 1. – С. 49–58.

6. К вопросу расчета экономической эффективности внедрения систем регулирования искусственной освещенности / А.В. Кухарчук, А.В. Ромодин, К.А. Лейзгольд, А.С. Каширин, А.А. Захаров // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8–1. – С. 114–119.

7. Кухарчук А.В., Ромодин А.В. К вопросу использования естественного света в системах внутреннего освещения // В мире научных открытий. – 2015. – № 10-2 (70). – С. 794–801.

8. Черкасова О. В., Фомичева Е. И., Шичкина Е. А. Организация системы энергоменеджмента в вузе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – № 12.

9. Лейзгольд Д.Ю., Ромодин А.В., Трушников К.П. Показатели качества электрической энергии как индикаторы эффективности управления электропотреблением // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-7. – С. 1501–1506.

10. Трушников К.П., Ромодин А.В., Лейзгольд К.А. Разработка автоматизированной системы управления потреблением топливно-энергетических ресурсов для бюджетных учреждений образовательной сферы // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–7. – С. 1521–1525.

11. Мокроусова Е.С., Ромодин А.В. Вопрос создания математической модели искусственной нейронной сети в рамках разработки автоматизированной системы управления программами энергосбережения // Вестник Пермского государственного технического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2010. – № 4. – С. 72–76.

Сведения об авторах

Ромодин Александр Вячеславович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации», Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: romodin@mail.ru

Валинурова Зарина Фагилевна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: zarina.valinurova@mail.ru

About the authors

Romodina Alexander Vyacheslavovich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Microprocessor Automation Means Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: romodin@mail.ru

Valinurova Zarina Fagilevna – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: zarina.valinurova@mail.ru

ЭКТОПЛИВО: ЭНЕРГИЯ ВОДОРОДА

В.В. Лесюкова, Е.П. Корсак

Белорусский национальный технический университет, Минск

Рассмотрены: водородное топливо как прогрессивная и экологически чистая составляющая часть энергетики будущего, электромобили на водороде и их топливные элементы, а также самые крупные проекты, направленные на развитие водородной промышленности. Произведен анализ безопасности и экологичности топливных элементов, работающих на водороде, выявлены перспективы развития водородной энергетики и возможности ее внедрения в мировую энергосистему.

Ключевые слова: экология, водород, энергия, топливо, автомобиль, технологии.

ECOFUEL: ENERGY OF HYDROGEN

V.V. Lesyukova, E.P. Korsak

Belarusian National Technical University, Minsk

In this article hydrogen fuel as a progressive and environmentally friendly component of the energy of the future, hydrogen electric vehicles and their fuel cells, as well as the largest projects aimed at the development of the hydrogen industry are considered. Safety and environmental friendliness of hydrogen fuel cells has analyzed; prospects for the development of hydrogen energy and the possibility of its introduction into the global energy system were identified.

Keywords: ecology, hydrogen, energy, fuel; car, technology.

Ухудшение качества воздуха, загрязнение окружающей среды химическими отходами и всевозможными радиоактивными веществами, истощение ресурсов ископаемого топлива – важнейшие проблемы экологии. Их причины носят антропогенный характер, на сегодняшний день человечество тратит огромные, в том числе, финансовые ресурсы для исправления собственных ошибок.

Благодаря техническому прогрессу и плодотворным исследованиям ученых, была выявлена экологически чистая альтернатива как ископаемому топливу, так и нефтеперерабатывающей промышленности, – водород. Данное топливо имеет ряд преимуществ. К примеру, использование газа возможно в различных сферах энергетики, начиная от заправки автомобиля и заканчивая отоплением жилых помещений.

Первый автомобиль с электрическим двигателем был создан в 1841 г., с этого момента прогресс не стоял на месте, и на сегодняшний момент двигатели развиваются и становятся лучше, чему способствуют рост цен на нефтепродукты, необходимость снижения вредных выбросов двигателя внутреннего сгорания. Государства подстраиваются под нужды владельцев экологически чистых транспортных средств и создают специальные заправочные станции, где можно зарядить аккумулятор электромобиля. Последними инновациями в данной сфере являются два автомобиля, работающих на водородном топливе [1].

Первое такое транспортное средство оснащено новейшим гибридным электродвигателем. Циркулируя, сжиженный водород под высоким давлением помогает зарядить аккумуляторы и продолжить движение, используя лишь электродвигатель. Водород в данном типе двигателей используется в качестве горючего. Положительным аспектом данного новшества является объем энергии, аналогичный получаемому в других аккумуляторах с весом превышающем вес этого гибрида примерно в 28 раз.

Второй тип электромобилей и вовсе не имеет аккумулятора, его двигатель сам воспроизводит электричество, используя в качестве топлива водород. Вместо аккумулятора в таком автомобиле установлен специальный топливный элемент, в котором происходит реакция взаимодействия водорода с кислородом. Важнейшим преимуществом такого типа электромобилей является абсолютная его экологичность (в результате реакции в топливном элементе вырабатывается только электричество и вода, которая впоследствии выходит в окружающую среду через выхлопную трубу), бесшумность (что может значительно понизить шумовое загрязнение городов) и комфортность (заправка такого электромобиля составит от 3 до 5 мин, а путь без дозаправки составляет до 600 км) [1, 2].

Чтобы быть пригодным для использования в качестве топлива, газообразный водород сжимается при давлении около 350–700 бар с помощью усовершенствованного механизма на месте и затем распределяется через дозатор, аналогичный тем, что используются на автозаправочных станциях. Промышленные газовые компании разработали системы подачи водородного топлива, что являются безопасными и удобными в использовании и соответствуют международным стандартам для обеспечения совместимости между всеми заправочными станциями и транспортными средствами.

В настоящее время водород доставляется в место заправки таким же образом, как и все виды топлива, – в цистернах под давлением на грузовиках. Однако в перспективе ожидается, что топливо для обоих видов новейших электромобилей будет производится прямо на заправочных станциях с помощью инновационных методов электролиза, расщепляющих воду на кислород и водород. Для стран, обладающих профицитом электроэнергии, это может стать простейшим способом её сбыта. В последнем случае плюсом также становятся и уменьшенные издержки в связи с ненужностью доставки топлива бензовозами и, соответственно, увеличившаяся безопасность дорожного движения, так как значительно уменьшится количество грузовых автомобилей, перевозящих опасный груз (дизельное топливо и бензин относятся к третьему классу опасных грузов). На рис. 1 представлена схема получения водородного топлива на станциях при помощи возобновляемых станций или избыточной электроэнергии.

Однако электромобили имеют и свои отрицательные стороны. На данный момент основным минусом является высокая стоимость как машин, работающих на водороде, так и самого топлива; при самых оптимистичных прогнозах водородное топливо сравняется в стоимости с дизельным уже к 2025 г. К сожалению, количество специальных станций, предназначенных для заправки обычных электромобилей, не говоря уже об автомобилях на водородном топливе, несоизмеримо мало в сравнении с заправочными станциями для двигателей внутреннего сгорания, что, естественно, уменьшает спрос на данный вид личного транспорта. Не стоит забывать, что большая часть водорода в настоящий момент, несмотря на все планы по его выработке с помощью «зеленых» источников энергии, добывается именно из ископаемого топлива, что напрочь лишает данный вид ресурса преимущества возобновляемости и абсолютной экологичности. Перед крупнейшими концернами теперь стоит тяжелое испытание – налаживание производства чистого водорода. И пусть в будущем такие нововведения, возможно, окупятся, сейчас разработчики могут понести огромные и, в худшем исходе, неоправданные финансовые потери.

Тем не менее, несмотря на всю неопределенность сложившейся ситуации и всевозможные риски, развитие данного биотоплива инвестируют практически все экономические гиганты. По данным 2010 года США вложили 500 млн. долларов, Япония – 300 млн. долларов, страны Евросоюза (далее – ЕС) – 230 млн. долларов. Так же большой вклад внесли Южная Корея (100 млн. долларов) и Китай (60 млн. долларов) [3].

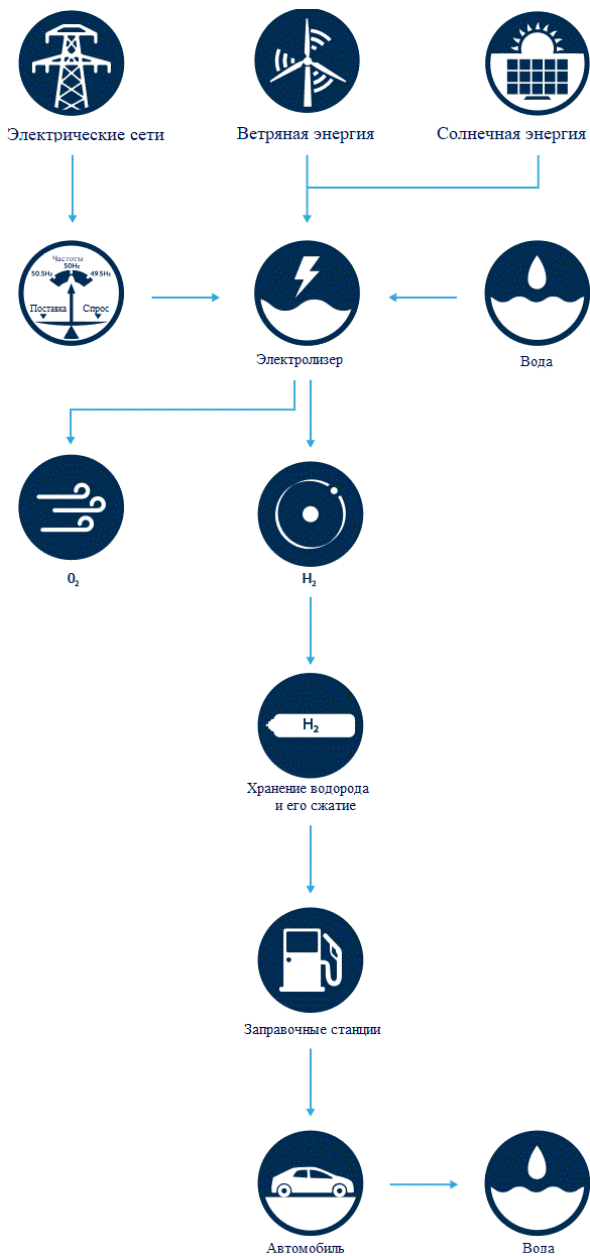


Рис. 1. Схема выработки водородного топлива на станциях

Для ЕС появление и, главное, повсеместное распространение электромобилей на таком виде топлива становится решением сразу нескольких задач:

- повышение качество жизни в городах (резко снизятся местные загрязняющие вещества и шум);
- смягчение последствий глобального потепления и снижение выбросов парниковых газов в мире;
- усиление независимости Европы от импорта энергоносителей при переводе транспортного сектора в раздел потребителей возобновляемой энергии;
- развитие промышленности.

В Европе главной платформой по развитию энергии водорода является European Hydrogen And Fuel Cell Technology Platform (далее – HFP), созданная в 2003 г. и содержащая на данный момент 246 активных проектов (рис. 2). Основная цель данной платформы – создание водородо-ориентированной энергосистемы Евросоюза до 2050 г [4].

Основные задачи проектов платформы HFP

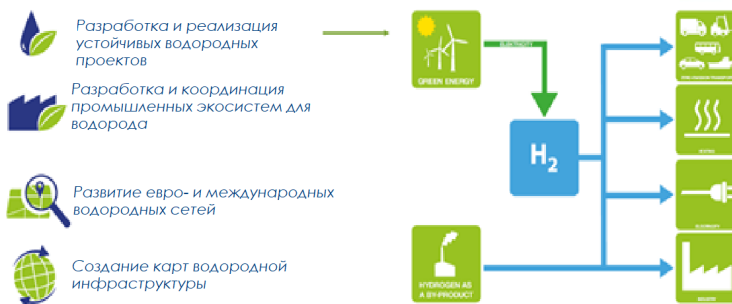


Рис. 2. Основные задачи проектов платформы HFP

В 2015 г. под руководством HFP совместно с компанией Element Energy развернулся пятилетний проект H2ME1, а в 2016 г., основываясь на его опыте, была создана программа H2ME2, дополняющая и улучшающая свою первоначальную версию; вместе они составляют флагманский проект Hydrogen Mobility Europe, направленный на внедрение большего количества автомобилей на водородном топливе для использования их в повседневной деятельности, и помощь в разработке ранних сетей автозаправочных станций, для подготовки рын-

ка к коммерческому внедрению этих инновационных транспортных средств с нулевым уровнем выбросов в ближайшие годы. Общее финансирование H2ME составило 67 миллионов евро. На рис. 3 представлены логотипы партнеров проекта [5].



Рис. 3. Партнеры проекта H2ME

Автомобили на водородном топливе и связанная с ними заправочная инфраструктура находятся на самых ранних стадиях освоения рынка. В настоящее время приоритетом является внедрение транспортных средств такого вида. На данный момент спрос на них увеличивается достаточно медленно по мере роста спроса на транспортные средства. Специалисты надеются, что количество станций в ближайшее время будет расти быстрее, чем спрос на водород, чтобы обеспечить максимальный охват областей водородными заправочными станциями, что позволит продавать автомобили на водородном топливе на более широком рынке. Для этого требуется развертывание сотен станций в каждой стране. Инвестиционные затраты на Hydrogen Refuelling Station (станции заправки водородом, далее – HRS) будут оставаться примерно на данном уровне в первые годы. Поскольку спрос на станции увеличивается, они могут стать выгодными инвестициями. Ожидается, что самодостаточный рынок будет достигнут к 2025 г., после чего все, что потребуется для поддержания этого экологически ценного рынка, – это благоприятный режим регулирования.

Помимо улучшения технологий экологичных транспортных средств, создание сети автозаправочных станций имеет важное значение для развития рынка. Автомобили на водородном топливе можно заправлять в течение 3–5 мин на HRS, предлагая время заправки, аналогичное обычным бензиновым или дизельным автомобилям.

В настоящее время существует ограниченное количество HRS в каждой из стран-партнеров, и H2ME поможет расширить эти сети (рис. 4).

Проект H2ME

Главный европейский проект по поддержке коммерциализации водородных заправочных станций и двигателей на водородном топливе в Европе

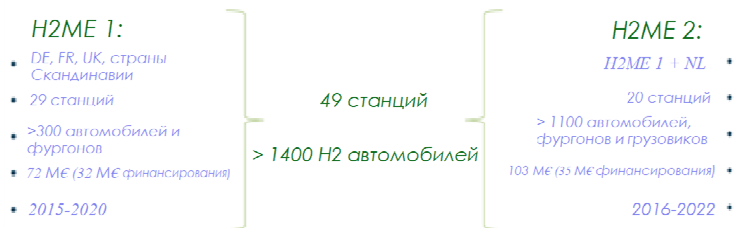


Рис. 4. Достижения проекта H2ME

Что же касается безопасности, когда водород находится в баке, нет опасности взрыва. Водород является источником энергии, который, как и в случае с любым другим топливом, легко воспламеняется при контакте с воздухом. Однако оценки риска показывают, что водород не более опасен, чем, например, бензин или природный газ. Кроме того, водород также безопасно использовался в промышленных масштабах в течение более 100 лет в больших количествах, в том числе, в химической промышленности.

Содержание энергии в резервуарах с водородом в транспортных средствах обычно меньше, чем бензиновых или дизельных. Автомобильная индустрия согласовала на глобальном уровне давление водорода в автомобилях в 700 бар. Давление в системах хранения водорода регулируется механически. Транспортные средства, работающие на водороде, эксплуатируемые в демонстрационных испытательных программах, прошли полный цикл разработки автопроизводителей, включая краш-тесты, и подготовлены для использования на дорогах.

Таким образом, электромобили на водородном топливе в перспективе имеют возможность и вовсе вытеснить автомобили с двигателем внутреннего сгорания: электромобили равны с ними по безопасности, однако являются более эргономичными для личного использования и максимально экологичными в глобальном масштабе, что явно является большим преимуществом не только для отдельного потребителя, но и для государств в целом.

Библиографический список

1. Глобальная «водородная» энергетика – шаг в XXII век [Электронный ресурс] – Euronews. – 30.10.2017. – URL: <https://ru.euronews.com/2017/10/30/tomorrow-s-hydrogen-car> (дата обращения: 11.12.2019).
2. Новый тренд в экологии – правильный выбор топлива [Электронный ресурс] – Euronews. – 08.11.2016. – URL: <https://ru.euronews.com/2016/11/08/tel-aviv-hosts-alternative-fuel-summit> (дата обращения: 10.12.2019).
3. Страны-лидеры мировой водородной энергетике в 2010-2011 гг. [Электронный ресурс] – Cleandex. – URL: http://www.cleandex.ru/articles/2012/01/27/stranyldery_mirovoj_vodorodnoj_jenergetiki_v_2010-2011_gg._obzor_evropejskih_proektov (дата обращения: 17.12.2019).
4. Fuel cells and hydrogen [Электронный ресурс] – FCH. – URL: <https://www.fch.europa.eu/> (дата обращения: 17.12.2019).
5. Hydrogen Mobility Europe [Электронный ресурс] – H2ME. – Режим доступа: <https://h2me.eu/> (дата обращения: 11.12.2019).

Сведения об авторах

Лесюкова Валерия Владимировна – студентка Белорусского национального технического университета, Минск, e-mail: ms.lesyukova@mail.ru

Корсак Екатерина Павловна – преподаватель кафедры «Экономика и организация энергетике» Белорусского национального технического университета, Минск, e-mail: kotyal@yandex.ru

About the authors

Lesyukova Valeria Vladimirovna – Student Belarusian National Technical University, Minsk, e-mail: ms.lesyukova@mail.ru

Korsak Ekaterina Pavlovna – Lecturer Department of Economics and Organization of Energy Belarusian National Technical University, Minsk, e-mail: kotyal@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н.А. Самосюк, О.Г.Царик

Белорусский национальный технический университет, Минск

В данной статье проанализированы показатель энергоемкости валового внутреннего продукта, производство топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), баланс торфа и динамика его потребления в Республике Беларусь. Для повышения эффективности использования ТЭР на промышленных предприятиях предложено внедрение энергетического мониторинга.

Ключевые слова: промышленное предприятие, топливно-энергетические ресурсы, эффективность, энергетический мониторинг.

INCREASE OF EFFICIENCY OF CONSUMPTION OF FUEL AND ENERGY RESOURCES AT INDUSTRIAL ENTERPRISES OF THE REPUBLIC OF BELARUS

N.A. Samasiuk, O.G. Tsarik

Belarusian National Technical University, Minsk

In this article analyzes the energy intensity of the gross domestic product, the production of fuel and energy resources, the balance of peat and the dynamics of its consumption in the Republic of Belarus. To increase the efficiency of using fuel and energy resources in industrial enterprises, the introduction of energy monitoring has been proposed.

Keywords: industrial enterprise, fuel and energy resources, efficiency, energy monitoring.

Энергоресурсосбережение с каждым годом становится все более актуальной проблемой. Республика Беларусь недостаточно обеспечена собственными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР), растут цены на энергоносители, а из-за высокой энергетической составляющей в себестоимости выпускаемой продукции происходит снижение ее конкурентоспособности на внешних и внутреннем рынках.

Приведем энергоемкость валового внутреннего продукта в табл. 1.

Таблица 1

Энергоемкость валового внутреннего продукта по составляющим, килограмм условного топлива / млн. руб. (ВВП в ценах 2005 г.)

Показатель	2010	2014	2015	2016	2017	2018
Энергоемкость ВВП	423,8	387,7	369,9	374,5	376,1	380,5
Энергетическая составляющая	287,3	263,0	255,1	265,4	265,3	265,3
Неэнергетическая составляющая	136,5	124,7	114,8	109,1	110,8	115,2

Проанализировав табл. 1, отметим, что энергоемкость ВВП с каждым годом уменьшается. Это помогает уменьшить валютные затраты на закупку ТЭР и, как следствие, снизить зависимость энергоснабжения страны от внешних поставщиков. Большую часть энергоемкости ВВП образует энергетическая составляющая, поэтому именно ее важно уменьшать.

Одним из направлений по снижению энергоемкости является производство собственных ТЭР (табл. 2).

Таблица 2

Производство топливно-энергетических ресурсов, тысяч тонн условного топлива (в угольном эквиваленте)

Показатель	2010	2014	2015	2016	2017	2018
Производство (добыча)	5766	5312	5143	5270	5665	5964
в том числе:						
торф топливный	823	487	340	495	654	789
нефть	2431	2352	2352	2352	2360	2388
газ природный попутный	351	366	371	355	338	348
возобновляемые энергетические	2114	2055	2028	2023	2271	2394
невозобновляемые отходы	47	52	52	45	42	45

Из табл. 2 следует, что по сравнению с 2010 г. добыча топлива практически не изменилась. С 2015 г. можно увидеть положительную динамику роста производства ТЭР, в том числе нефти, возобновляемых энергетических ресурсов и торфа.

Рассмотрим на примере торфа баланс (табл. 3) и динамику его потребления (рис. 1).

Таблица 3

Баланс торфа топливного, тысяч тонн

	2010	2014	2015	2016	2017	2018
Производство (добыча)	2352	1433	1000	1457	2034	2354
Изменение запасов (+,-)	+159	+154	+364	+399	+39	-141
Потреблено в Республике Беларусь	2511	1587	1364	1856	2073	2213
в том числе:						
израсходовано органи- зациями республики	2508	1586	1364	1856	2073	2213
отпущено населению	3	1	0,4	0,4	0,2	0,3

Из табл. 3 видно, что с 2010 года количество добытого топлива не изменилось. Но по сравнению с 2015 годом производство увеличилось на 1354 тысяч тонн. В 2018 году можно заметить уменьшение запасов, что означает недостаточную добычу торфа. Это связано также с увеличением потребления топлива.

На рис. 1 приведем динамику потребления торфа.



Рис. 1. Динамика потребления торфа топливного, миллионов тонн

Анализируя рисунок, можно отметить увеличение потребления торфа в последние годы, а также тот факт, что неэнергетическое использование в 2018 году на 1,35 миллионов тонн превышает энергетическое использование [1].

Вопросы повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов рассматривались в работах белорусских ученых: И.А. Бокуна, А.А. Быкова, В.Н. Ермашкевича, А.М. Забо-

ровского, Т.Г. Зориной, А.А. Михалевича, М.В. Мясниковича, В.Н. Нагорнова, Л.П. Падалко, Т.В. Романьковой, Б.И. Рубенчика, Н.А. Смольской, А.Г. Таболова, В.И. Трутаева, Н.А. Хаустович, В.Н. Шимова.

Эффективное потребление энергетических ресурсов является одной из важнейших общенациональных задач, решение которой неразрывно связано с дальнейшим социально-экономическим развитием республики. Решение этой проблемы делает необходимым поиск мер, направленных на эффективное использование ТЭР на промышленных предприятиях [2, 3].

Энергетический мониторинг на предприятиях предусматривает:

- систематизацию учета количества и качества используемых энергоносителей по всем объектам хозяйственной деятельности;

- ежемесячный и ежегодный анализ показателей энергоемкости продукции (услуг, работ);

- выявление критических или находящихся в отрицательной динамике отклонений в использовании ТЭР по отдельным единицам оборудования, процессам, по объектам хозяйственной деятельности и субъектам хозяйствования в целом;

- выработку предложений по мерам ситуационного управления с целью предотвращения возможных появлений неэффективного использования и реализации энергосберегающих мероприятий; финансовый учет потерь энергии и экономии от внедрения корректирующих мероприятий.

Система энергетического мониторинга состоит из двух подсистем:

- мониторинг производства и распределения энергии (анализ показателей энергоэффективности предприятий-производителей и анализ эффективности распределения энергии);

- мониторинг потребления энергии (анализ показателей эффективности использования энергии промышленными предприятиями).

На предприятии, производящем торфяную продукцию, проведен анализ структуры потребления ТЭР. Было выявлено, что за 2018 г. потреблено ТЭР в размере 7854 т у.т. Основную долю в общем балансе потребления энергоносителей составляет котельно-печное топливо 5757 т у.т. (73 %), на долю электрической энергии приходится 27 % (2097 т у.т.).

Динамику потребления котельно-печного топлива приведем на рис. 2.

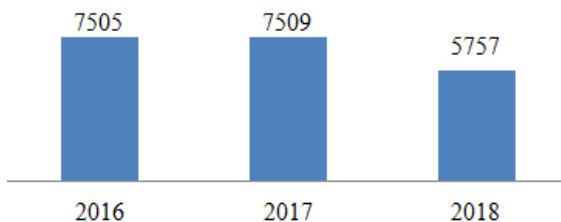


Рис. 2. Динамика котельно-печного топлива за 2016–2018 гг., т у.т.

Анализируя рис. 2 можно отметить, что в 2018 г. потребление котельно-печного топлива снизилось на 1748 т у.т. по сравнению с уровнем 2016 г.

На предприятии выявлено наличие горючих и тепловых вторичных энергоресурсов (ВЭР). К горючим ВЭР на предприятии относятся отработанные масла, отсев торфа, к тепловым – тепло конденсата от парoisпользующего оборудования, теплый воздух.

Но несмотря на снижение потребления энергоресурсов на предприятии, по результатам проведенного мониторинга были выявлены резервы их экономии. Разработана программа мероприятий по экономии ТЭР, которая предусматривает резервы экономии: тепловой энергии – 260,26 Гкал, электрической энергии – 429,02 тыс. кВт·ч. Суммарный экономический эффект составит 175,78 т у.т.

Библиографический список

1. Энергетический баланс Республики Беларусь. Статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2019. – 154 с.
2. Самосюк Н.А. Энергосбережение как механизм управления затратами на энергетических предприятиях // Экономическая наука сегодня: сб. науч. ст. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2018. – Вып. 7. – С. 105–112.
3. Романькова Т.В., Гриневич М.Н., Голушкова О.В. Энергоэффективность предприятия: показатели, факторы и механизмы повышения: монография. – Могилев: Изд-во Белорус.-Рос. ун-та, 2013. – 147 с.

Сведения об авторах

Самосюк Наталья Александровна – магистр экономических наук, старший преподаватель кафедры «Экономика и организация энергетики» Белорусского национального технического университета, Минск, Республика Беларусь, e-mail: Tasha712@tut.by

Царик Ольга Геннадьевна – студентка Белорусского национального технического университета, Минск, Республика Беларусь, e-mail: tsarikolya@gmail.com

About the authors

Samasiuk Natalya Alexandrovna – Master of Economics, Senior Lecturer, Department of Economics and Organization of Energy Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus, e-mail: Tasha712@tut.by.

Tsarik Olga Gennadievna – Student Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus, e-mail: tsarikolya@gmail.com

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Д.В. Гилев, А.Э. Файзуллин, Д.К. Елтышев
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрены вопросы оценки потерь электрической энергии при функционировании электросетевых объектов. Проведен анализ методов расчета потерь элементов электрической сети при различных исходных данных. Приведены рекомендации по снижению электропотерь, связанные с оптимизацией режимов работы электрооборудования и использованием современных технических и технологических решений.

Ключевые слова: потери электроэнергии; распределительные сети; энергоэффективность; инжиниринг; энергосбережение.

ANALYSIS OF METHODS OF ESTIMATING LOSSES OF ELECTRIC POWER EQUIPMENT

D.V. Gilev, A.E. Faizullin, D.K. Eltyshev
Perm National Research Polytechnic University, Perm

The paper considers issues of assessing the loss of electric energy during the operation of electric grid facilities. The analysis of methods for calculating the losses of the elements of the electric network with various input data. Recommendations are given for reducing electric losses associated with the optimization of electrical equipment operating modes and the use of modern technical and technological solutions.

Keywords: power loss; distribution network; energy efficiency; engineering; energy saving.

Электроэнергия является единственным видом продукции, при перемещении которого от генерации до потребителя не используются другие ресурсы. Одним из ключевых факторов эффективного функционирования электроэнергетических систем, а значит, и эффективной работы потребителей промышленного и гражданского сектора, является повышение качества поставки электроэнергии и уменьшение потерь в электрических сетях, которые определяются разницей между отпущенной потребителям электрической энергией и фактически поступившей к ним. Таким образом, проблема оценки и оптимизации потерь является актуальной с точки зрения экономического, промышленного и социального развития страны.

Цель данной работы – анализ методов оценки потерь электроэнергии в электрических сетях в зависимости от различных эксплуатационных факторов и разработка рекомендаций по использованию современных универсальных решений по их уменьшению.

Существуют различные подходы к оценке потерь в электрических сетях и их элементах, которые требуют наличия определенной исходной информации об исследуемом объекте различного объема и содержания.

В статье [1] рассматриваются вопросы анализа потерь электрической энергии при её передаче через линии электропередач (ЛЭП), возникающих вследствие того, что часть передаваемой энергии теряется в окружающей среде из-за физических свойств среды. Показано, что точное определение величины потерь зависит от способности правильно прогнозировать допустимый ток и напряжение вдоль линии электропередач как функции пространственной переменной x [1].

Авторами получены следующие модели для прогнозирования тока и напряжения в любой точке линии электропередач:

$$V = \frac{1}{2}RI\Delta x + \frac{1}{2}R[I + \Delta I]\Delta x + V + \Delta V, \quad (1)$$

$$I = \frac{1}{2}G\left(V + \frac{\Delta V}{2}\right)\Delta x + C\frac{d}{dt}\left(V + \frac{\Delta V}{2}\right)\Delta x + I + \Delta I. \quad (2)$$

Уравнения, описывающие изменения тока и напряжения вдоль линий электропередачи, использовались для разработки инструментов прогнозирования необходимых электрических показателей, таких как ток, напряжение и потери мощности:

$$L_0 = I^2R. \quad (3)$$

В работах [2] и [3] рассматривается вопрос определения потерь электроэнергии с учётом температуры нагрева элементов на трансформаторных подстанциях и линиях электропередач. Оценивается зависимость сопротивления элементов электрических сетей от температуры их нагрева, поскольку отсутствие данного учета приводит к погрешностям измерений потерь мощности и электроэнергии, достигающих 30–40 %.

Авторами анализируются данные о работе силового трансформатора ТРДН 63МВА/110 кВ с помощью микропроцессорного счетчика ресурса трансформатора в летнее и зимнее время года. Расчеты выполнялись с помощью общей теории нагрева проводников. Предлагаемая математическая модель процесса изменения температуры

нагрева проводника позволяет определять потери мощности с учётом зависимости сопротивления проводов от температуры:

$$R = R_0 (1 + \alpha \cdot \theta_n), \quad (4)$$

где R_0 – сопротивления проводника при температуре воздуха; α – температурный коэффициент сопротивления; θ_n – температура проводника.

На основании результатов исследования делается вывод, что зимой по сравнению с летним периодом снижается температура проводов ЛЭП, что приводит к снижению сопротивления провода и как следствие потерь электроэнергии [2].

В статье [4] рассматривается система «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель» с точки зрения необходимости уточнения методов анализа и расчета потерь при ее использовании в промышленности. При капитальном ремонте машины происходит выжигание обмоток, что приводит к увеличению потерь в стали почти в 3 раза, этот процесс сказывается на тепловом режиме работы машины.

Авторами показано, что максимальное значение потери имеют при номинальной частоте. С увеличением частоты в два раза от номинальной потери снижаются до 62 % от номинальных потерь. При стабилизации главного магнитного потока потери практически линейно убывают с уменьшением частоты [4].

В работе [5] рассматривается зависимость потерь электрической энергии от температуры воздуха в распределительных сетях. Актуальным представляется анализ изменения потерь с разбивкой на отопительный и неотопительный сезон.

Влияние температуры окружающей среды на потери электроэнергии рассмотрено на примере данных двух филиалов электросетевой компании, занимающейся передачей электрической энергии.

Авторами сделан вывод, что при снижении в один из месяцев зимнего периода значения температуры на 1 °С (особенно в промежутке от –15 до –25 °С) величина потерь возрастет приблизительно на 1,6 млн. кВт·ч [5].

В статье [6] рассматривается анализ загрузки трансформаторов и возможность уменьшения потерь на передачу электроэнергии с помощью рациональной загрузки. Замеры для данного анализа производились в районе города Тулы на комплексной трансформаторной подстанции, а также на трансформаторных и распределительных подстанциях.

Было принято во внимание и то, что при расчетах вихревые токи и потери на перемагничивание не разделяют, и сталь оценивают потерями, относительно 1 кг материала:

$$P_{с.уд} = \alpha B_m^2. \quad (5)$$

Показано, что потери на нагрев обмоток пропорциональны отношению:

$$P_m \sim \frac{1}{B_m^2}. \quad (6)$$

В результате исследования авторами установлено, что потери малонагруженных трансформаторов больше минимальных на 1 %, а нагруженных более 70 % – примерно 0,5 %. Вследствии нерациональной загрузки огромное количество трансформаторов вынуждены потреблять лишнюю электроэнергию на покрытие потерь в год.

В работе [7] рассматривается влияние параметров асинхронных двигателей и режимов их работы на потребление реактивной мощности и потери электрической энергии. Показано, что наибольшая часть потерь электрической энергии в промышленных электрических сетях, где используется данное оборудование, обусловлена перетоками реактивной мощности, что означает низкую степень ее компенсации в месте потребления.

Авторы утверждают, что при изменении коэффициента загрузки от 0,7 до 1, коэффициент реактивной мощности асинхронных двигателей практически не изменяется. Но при уменьшении коэффициента загрузки электродвигателей ниже 0,45 происходит значительное увеличение tgφ. Поэтому в целях снижения величины потерь изменение коэффициента загрузки необходимо контролировать [7]. В статье [8] рассматриваются потери электроэнергии на коронный разряд в зависимости от внешних (погодных) условий. Уменьшение потерь возможно путем увеличения диаметра провода и регулированием напряжения. К современным способам уменьшения потерь можно отнести изменение сплава проводника, изменение материала оболочки провода, нанесение уникальных покрытий на его поверхность. При высокой влажности, изморози, гололёде, осадках расходуется наибольшее количество потерь на корону. Хорошим вариантом для уменьшения потерь на коронный разряд является нанесение специальных покрытий, которые предотвращают образование капель при дожде и изморози.

В результате исследований установлено, что устранить капли с поверхности можно использованием гидрофобного покрытия или путем придания гидрофильных свойств (равномерное смачивание вдоль всего провода тонкой пленкой). Стоит отметить, что существуют типовые способы расчета потерь, которые приводятся в соответствующей нормативно-технической документации [9]. В работе рассмотрены некоторые способы оценки потерь электроэнергии в электрических сетях, а также связь потерь с фактическим состоянием оборудования и эффективностью его работы. Показано, что методики оценки для разных видов электрооборудования могут отличаться и требовать учета различных факторов (режимы работы и загрузка, нагрев, параметры окружающей среды и т.д.). При этом далеко не все рекомендуемые параметры могут быть измерены либо рассчитаны, что сказывается на точности оценки величины потерь. Для достижения наибольшей точности необходимо учитывать ключевые факторы, влияющие на величину потерь, а также возможности контроля за изменением этих факторов. В идеале данные факторы должны быть измеримы с применением существующих программно-технических средств, а сама технология контроля должна быть экономически целесообразной.

Библиографический список

1. Vamigbola O.M., Ali M.M., Awodele K.O. Predictive Models of Current, Voltage, and Power Losses on Electric Transmission Lines // *Journal of Applied Mathematics*. – 2014. – ID 146937.

2. Определение потерь электроэнергии с учётом температуры нагрева элементов электрических сетей / В.Ф. Ермаков, Д.В. Жильцов, И.В. Зайцева, А.В. Горобец // *Известия вузов. Северо-кавказский регион. Технические науки*. – 2018. – № 4. – С. 132–136.

3. Влияние температуры обмоток на нагрузочные потери активной мощности в силовых трансформаторах подстанций / С.С. Гиршин, Н.В. Кириченко, С.С. Киселёв, Д.Е. Христоч, В.В. Харламов // *Омский научный вестник*. – 2013. – № 2. – С. 214–217.

4. Сарваров А.С., Омельченко Е.Я. Методика расчета потерь в стали при анализе электромагнитных процессов в асинхронных машинах // *Проблемы энергетики*. – 2011. – № 1–2. – С. 101–108.

5. Могиленко А.В. Пример анализа потерь с учетом сезонности // *Новости электротехники*. – 2009. – № 2(62).

6. Слатинова М.Н. Повышение энергоэффективности при распределении электроэнергии рациональной загрузкой трансформаторов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2010. – № 1. – С. 271–276.

7. Ефременко В.М., Беляевский Р.В. О влиянии параметров асинхронных двигателей на потребление реактивной мощности и потери электрической энергии // Электротехнические комплексы и системы. – 2011. – № 1. – С. 66–72.

8. Бакай Е.О. Экономико-статистический анализ потерь при передаче электроэнергии по высоковольтным проводам в России // Вестник ЮУрГУ. Сер. Экономика и менеджмент. – 2017. – № 4. – С. 117–125.

9. Инструкция по организации в Министерстве энергетики РФ работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям (утв. приказом Минэнерго РФ от 30 декабря 2008 г. № 326).

Сведения об авторах

Гилев Дмитрий Васильевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: d.gilev1@gmail.com

Файзуллин Артур Эдгарович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: artur96.07@mail.ru

Елтышев Денис Константинович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации», Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: eltyshhev@msa.pstu.ru

About the authors

Gilev Dmitrii Vasilevich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: d.gilev1@gmail.com

Faizullin Artur Edgarovich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: artur96.07@mail.ru

Eltyshev Denis Konstantinovich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Microprocessor automation department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: eltyshhev@msa.pstu.ru

РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАО «РУСГИДРО»–«КАМСКАЯ ГЭС»

М.А. Рачкин, А.Д. Коротаев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Исследовано проектирование системы оперативного постоянного тока Камской гидроэлектростанции с целью обеспечения оптимальных технико-эксплуатационных показателей и требований компании ПАО «РусГидро» к системам оперативного тока станций.

Ключевые слова: постоянный оперативный ток, гидроэлектростанция, аккумуляторная батарея, электроснабжение, электрическая сеть.

RECONSTRUCTION OF THE OPERATIONAL DIRECT CURRENT SYSTEM OF “RUSHYDRO” – “KAMSKAYA HPP”

M.A. Rachkin, A.D. Korotaev

Perm National Research Polytechnic University, Perm

The research project is dedicated to the design of the operational direct current system of the Kama hydroelectric power station in order to ensure optimal technical and operational performance and the requirements of PJSC RusHydro to the operating current systems of the stations.

Keywords: direct operating current, hydroelectric power station, storage battery, power supply, electric network.

Система оперативного тока электроустановки включает в себя синтез кабельных линий, источников питания, шин питания переключающих приборов и иных частей оперативных цепей. На подстанциях оперативный ток необходим для правильной работы вторичных устройств, к которым относятся аппаратура дистанционного управления, оперативные цепи защиты, цепи телемеханики и автоматики, предупредительная и аварийная сигнализация. При отклонениях от номинальной работы подстанции оперативный ток используется также для таких нужд как: аварийное освещение, электроснабжение электродвигателей, особо важных механизмов. К системам оперативного тока предъявляют дополнительные требования повышенной безопасности при кз и других ненормативных режимов работы в цепях главного тока [1–10].

Системы оперативного тока на подстанциях подразделяются на:

- постоянный оперативный ток – это система питания оперативных цепей, в качестве источника питания которой применяется аккумуляторная батарея;

- переменный оперативный ток – это система питания оперативных цепей, в качестве главных источников питания которой применяются измерительные ТТ (трансформаторы тока) защищаемых присоединений, ТСН (трансформаторы собственных нужд), а также измерительные ТН (трансформаторы напряжения). Заряженные конденсаторы используются в качестве вспомогательных или резервных источников питания импульсного действия;

- выпрямленный оперативный ток – это система питания оперативных цепей, в которой переменный ток преобразуется в постоянный (выпрямленный) за счет выпрямительных силовых устройств и блоков питания. В качестве вспомогательных или резервных источников питания импульсного действия, возможно использовать одновременно заряженные конденсаторы;

- смешанная система оперативного тока – это система питания оперативных цепей, в которой применяются различные системы оперативного тока (постоянный и выпрямленный ток, переменный и выпрямленный ток).

Классификация систем оперативного тока подразделяется на следующие разделы:

- зависимое питание: если работа систем питания оперативных цепей напрямую зависит от режима работы электроустановки или подстанции;

- независимое питание: если работа системы питания оперативных цепей никаким образом не зависит от режима работы электроустановки.

Камская ГЭС – гидроузел, занимающий географически центральное положение в промышленной части Урала, пункт наикратчайшего соединения двух главных (восточной и западной) линий Уральского энергокольца. Выработка ежесуточной электроэнергии Камской ГЭС покрывает максимум нагрузки энергосистемы Западного Урала. В состав сооружений Камского гидроузла входят: совмещенная со зданием ГЭС русловая, пойменная, грунтовая плотины, водосливная плотина из железобетона; судоходный двухниточный 6-камерный шлюз; открытые распределительные устройства (ОРУ) с напряжением 110 и 110–220 кВ правого и левого берега соответственно.

Описание системы оперативного постоянного тока приведено на 2018 год. В здании водосливной плотины Камской ГЭС для питания потребителей постоянного тока находятся два щита постоянного тока ЩПТ-1 и ЩПТ-2, к каждому из которых подключена собственная аккумуляторная батарея АБ-1 (6GroE-600) и АБ-2 (Vb2312) соответственно. Распределение питания потребителей системы оперативного постоянного тока (СОПТ) осуществляется за счет вторичных сборок и панелей постоянного тока, установленных на ГЩУ, КРУ-10 кВ п/б, КРУ-10 кВ л/б, ОРУ п/б и в приагрегатных помещениях здания ГЭС. Питание потребителей постоянного тока устроено по принципу радиально-кольцевой схемы.

Основные требования, которые предъявляют к аккумуляторным батареям, питающим потребителей постоянного тока, являются высокая надёжность и возможность батареи обеспечивать необходимый ток аварийного разряда в течение всего срока службы, а также длительный (не менее 20 лет) срок службы. Ёмкость батареи выбирается исходя из требований обеспечения питания потребителей в режиме аварийного разряда с учётом возможности обеспечения толчковой нагрузки в начале или конце аварийного режима.

При этом считаем, что:

- напряжение на одном элементе АБ в конце разряда должно быть не менее 1,8 В/эл;
- ёмкость в конце срока эксплуатации не менее 80 % от номинальной;
- напряжение у потребителей системы оперативного постоянного тока в конце аварийного разряда должно быть не ниже 80 % $U_{ном}$ (176 В) во время обеспечения толчковой нагрузки.

Параметры существующих АБ приведены в таблице.

Параметры существующих аккумуляторных батарей

Тип	Ёмкость C_{10} , (А·ч)	Внутреннее сопротивление одного элемента $R_{внт}$ (мОм)	Плотность электролита ρ (г/см ³)	Допустимый разрядный ток (А) до конечного напряжения разряда 1,8 В/эл. при продолжительности разряда (часов)				Допустимый разрядный ток (А) до конечного напряжения разряда 1,9 В/эл. при продолжительности разряда (часов)			
				0,5	1	2	3	0,5	1	2	3
6GroE-600 (АБ-1)	600	0,283	1,22	468	336	218	165	273	240	180	127,8
Vb2312 (АБ-2)	600	0,223	1,24	516	341	218	н/д	350	264	186	н/д

Данная статья на тему реконструкции систем оперативного постоянного тока предназначена для разработок оптимальных решений по обеспечению технико-эксплуатационных показателей, а также пригодности требованиям компании ПАО «РусГидро»-«Камская ГЭС». Таким образом, обслуживание системы постоянного тока, возможно, упростить благодаря использованию современного высоко-технологичного оборудования. В качестве защитной аппаратуры потребителей, устанавливаемого оборудования решено использовать селективные и быстродействующие автоматические выключатели. Замена аккумуляторных батарей позволит получить расчетную емкость, обеспечив работоспособность электрической системы во всех нормативных режимах, а установка дополнительных зарядно-подзарядных устройств (ЗПУ) повысит надежность системы оперативного постоянного тока Камской ГЭС.

Библиографический список

1. Технический отчет «Проведение технического обследования системы постоянного тока Камской ГЭС» ОАО «Инженерный центр энергетики Урала». Инв.№2857. – Екатеринбург, 2008.

2. Техническая политика ПАО «РусГидро». Утверждено решением Совета директоров ПАО «РусГидро» 02.09.2011 г. (Протокол № 133), 2011 г.

3. ТУ-3481-111-26342755-2006. Технические условия. Аккумуляторы стационарные свинцовые закрытые малообслуживаемые серии ClassicGroE производства фирмы EXIDETechnologies.

4. ПТЭ. «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации». – М.: ЭНАС, 2008.

5. Соколова А.И. Новые методики построения систем оперативного постоянного тока [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/novye-metodiki-postroeniya-sistem-operativnogo-postoyannogo-toka>

6. Степанов В.М., Казаков А.О. Схема защиты от короткого замыкания в нагрузке с регулируемым рабочим напряжением [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/shema-zaschity-ot-korotkogo-zamykaniya-v-nagruzke-s-reguliruemym-rabochim-napryazheniem>

7. Методические указания по расчету токов короткого замыкания в сети напряжением до 1 кВ электростанций и подстанций с учетом влияния электрической дуги. ОРГРЭС. – М., 1993.

8. Филатов А.А. Оперативное обслуживание электрических подстанций. – М.: Энергия, 1980.

9. Типовая инструкция по переключениям в электроустановках. ТИ 34-70-040-85. – М.: СПО «Союзтехэнерго», 1985.

10. Чернобровое Н.В. Релейная защита: учеб. пособие для техникумов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1974.

Сведения об авторах

Рачкин Максим Алексеевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: Rachkinma@gmail.com

Коротаев Александр Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электротехника и электромеханика», Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: ceapb@mail.ru

About the authors

Rachkin Maksim Alekseevich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: Rachkinma@gmail.com

Korotaev Aleksandr Dmitrievich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Electromechanics Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: ceapb@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ

Н.В. Феофилова, И.Б. Кухарчук, Н.М. Труфанова

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрено использование математических моделей процессов теплообмена в кабельных сооружениях, проложенных в земле. Исследовано влияние учета излучения в процессе теплообмена, взаимное влияние изменения загрузки соседних кабельных линий.

Ключевые слова: кабельный канал, излучение, тепломассоперенос.

INVESTIGATION OF THE MUTUAL INFLUENCE OF CABLE LINES ON THE TEMPERATURE REGIME

N.V. Feofilova, I.B. Kukharchuk, N.M. Trufanova

Perm National Research Polytechnic University, Perm

In paper, the use of mathematical models of heat transfer processes in cable structures laid in the ground. The influence of radiation accounting in the process of heat transfer is investigated. The mutual influence of load changes of adjacent cable lines is investigated.

Keywords: cable channel, radiation, heat and mass transfer.

Прокладка кабельных линий в подземных кабельных каналах становится все более распространенным способом передачи электроэнергии в пределах городских и промышленных застроек. С каждым годом возрастает доля подземных кабельных линий, а также разнообразие конструкций каналов. Это приводит к сложностям в оценке рабочих режимов системы. На пропускную способность кабельных линий оказывает влияние множество факторов, в том числе геометрические размеры конструкций и токораспределение во всем канале [1].

В процессе эксплуатации загрузка кабельных линий может меняться вследствие изменения требуемой мощности для потребителей, а также при аварийных режимах. Оценка допустимости существующего или прогнозируемого рабочего режима основывается на условии неперевышения критических для изоляции температур для всех

кабельных линий, входящих в систему. Использование математических моделей позволяет получить температурные поля в кабельном канале в различных условиях, а также оценить степень взаимного влияния соседних линий друг на друга.

В данной работе рассматривается численная модель процессов тепломассопереноса в кабельном канале, проложенном в земле. Постановка задачи описана в [2].

Адекватность математической модели зависит от правильного учета всех оказывающих влияние факторов. В задачах тепломассопереноса существенное влияние на результат вычислений оказывает учет всех возможных способов теплопередачи, в том числе лучистого теплообмена между поверхностями кабелей и труб. С помощью численной модели были получены температурные поля в кабельном канале для двух условий теплообмена: с учетом излучения и без. На рис. 1 и 2 показано распределение температур в кабельном канале с учетом излучения и без него.

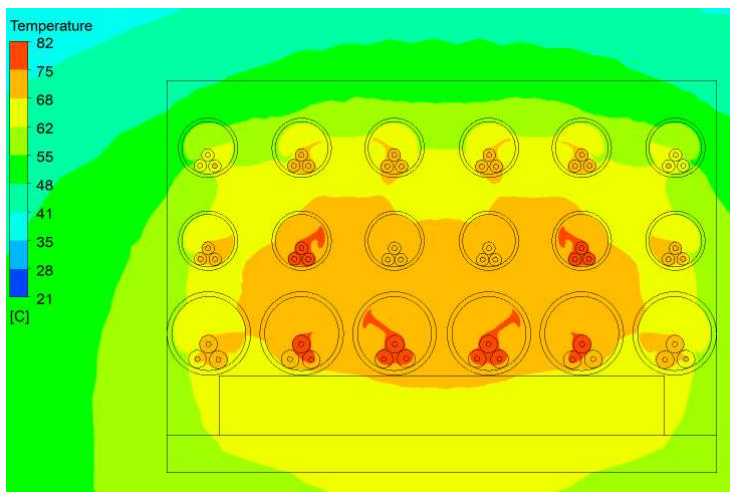


Рис. 1. Температурное поле кабельного канала без учета излучения

Максимальная температура при равномерной загрузке кабельного канала без учета излучения составляет 82 °С, а с учетом излучения – 67 °С. Как видно из результатов, неучет лучистого теплообмена приводит к существенным погрешностям в результатах.

Критичной температурой для эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена является $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Длительная работа кабельной линии при повышенных температурах приводит к ускоренному старению изоляции. Следствием может стать аварийный режим с пробоем изоляции и выходом из строя всей линии. При вводе в эксплуатацию кабельной линии ее рабочий ток рассчитывают из реальных условий загрузки канала. Однако со временем загрузка может измениться. Использование математической модели в процессе эксплуатации для контроля изменения температурного режима в канале позволит вовремя отследить возможные участки перегрева [3].

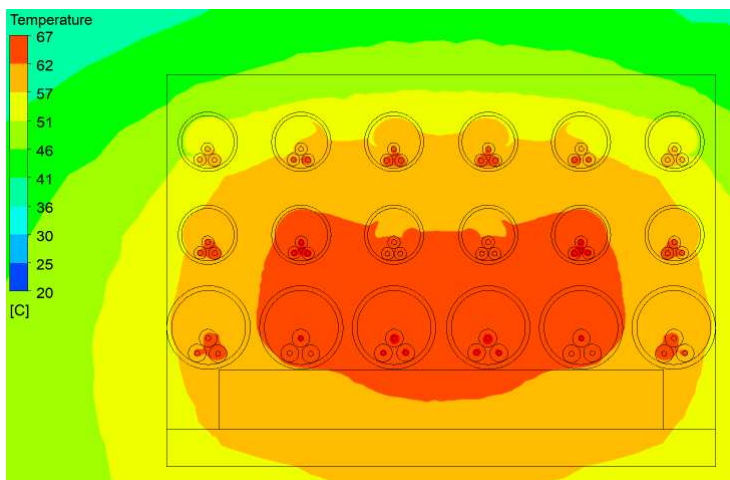
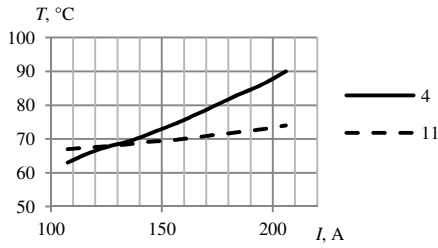


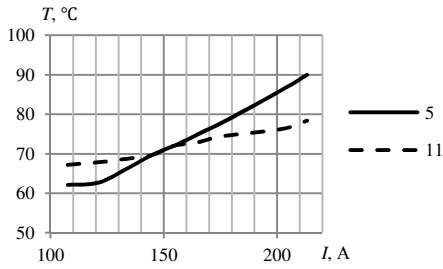
Рис. 2. Температурное поле кабельного канала с учетом излучения

На рис. 3 представлены графики изменения температуры линии номер 11 при возрастании нагрузки на соседних линиях.

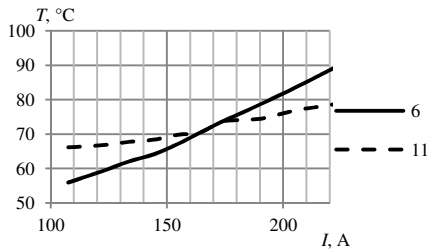
Начальная температура линии 11 составляла $68\text{ }^{\circ}\text{C}$. Как видно из графиков, при возрастании нагрузки на соседних линиях температура достигает критического значения на линиях с изменяющейся нагрузкой быстрее, чем на линии 11. Следовательно, увеличение нагрузки в пределах допустимого рабочего режима на окружающих линиях не приведет к разогреву линии 11 сверх рабочих температур. Однако изменение загрузки линий оказывает влияние на общий температурный режим кабельного канала, что приводит к ограничению значений длительно допустимых токов.



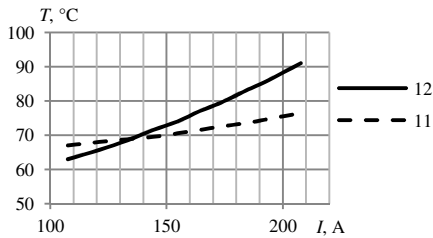
a



б

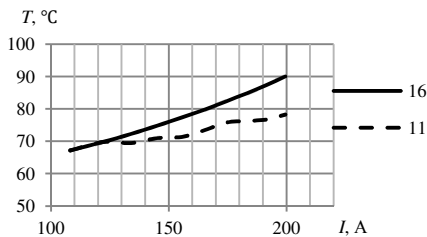


в

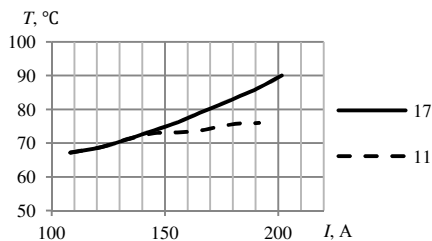


г

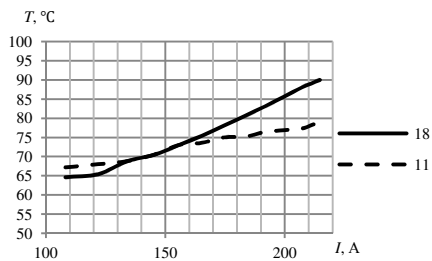
Рис. 3. Изменение температуры линии номер 11 при увеличении нагрузки на линиях: *a* – номер 4; *б* – номер 5; *в* – номер 6; *г* – номер 12



δ



e



$ж$

Рис. 3. Изменение температуры линии номер 11 при увеличении нагрузки на линиях: δ – номер 16; e – номер 17; $ж$ – номер 18 (окончание рисунка)

Температурный режим всего кабельного канала зависит от нагрузок кабельных линий. При изменении рабочих токов меняется тепловое поле канала, что оказывает влияние на эксплуатацию всех линий. При оценке допустимости прогнозируемых рабочих режимов целесообразно исследовать изменение температур остальных кабельных линий, используя математические модели.

Библиографический список

1. Определение эксплуатационных характеристик кабелей, проложенных в кабельном канале / А.Г. Щербинин, Н.М. Труфанова, Е.Ю. Навалихина, В.Г. Савченко // Электротехника. – 2011. – № 11. – С. 16–19.

2. Труфанова Н.М., Кухарчук И.Б., Феофилова Н.В. Расчет теплового поля кабельного канала с учетом тепловых потерь в экранах кабелей // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2018. – № 28. – С. 179–193.

3. Baazzim, M.S., Al-Saud M.S., El-Kady M.A. Comparison of Finite-Element and IEC Methods for Cable Thermal Analysis under Various Operating Environments // International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering. – 2014. – Vol. 8. – No. 3. – P. 484–489.

Сведения об авторах

Феофилова Наталья Владимировна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: natasha_feofilova@mail.ru

Кухарчук Ирина Борисовна – старший преподаватель кафедры «Конструирование и технологии в электротехнике» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: kuharchuk_ib@mail.ru

Труфанова Наталия Михайловна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Конструирование и технологии в электротехнике» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: ktei@pstu.ru

About the authors

Feofilova Natal'ia Vladimirovna – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: natasha_feofilova@mail.ru

Kuharchuk Irina Borisovna – Senior Lecturer Department of designing and technology in electrical equipment Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: kuharchuk_ib@mail.ru

Trufanova Nataliya Mikhailovna – Doctor of Technical Sciences, Professor, head of the Department of designing and technology in electrical equipment Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: ktei@pstu.ru

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА СТРОИТЕЛЬНОГО БАШЕННОГО КРАНА И ИССЛЕДОВАНИЕ НА НЕЙ РЕЖИМОВ ЕГО РАБОТЫ

Е.А. Елтышев, В.А. Трефилов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Представлены некоторые результаты исследования подъемного механизма асинхронного электропривода строительного башенного крана в режиме подъема груза. Исследование проводилось на математической модели двигателя в среде Simulink пакета MatLab.

Ключевые слова: электропривод, асинхронный двигатель, башенный кран, режим подъема, подъемный механизм.

DESIGN OF THE MODEL OF THE ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE OF THE LIFTING MECHANISM OF THE CONSTRUCTION TOWER CRANE, AND RESEARCH OF THE OPERATION MODES ON THE MODEL

E.A. Eltyshev, V.A. Trefilov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article presents some results of a study of the lifting mechanism of an asynchronous electric drive of a construction tower crane in the load lifting mode. The study was conducted on a mathematical model of the engine in the Simulink environment of the MatLab package.

Keywords: electric drive, induction motor, tower crane, lifting mode, lifting mechanism.

Современное промышленное производство связано с применением разнообразных грузоподъемных механизмов и машин, обеспечивающих ритмичность и непрерывность производственных процессов. Правильный выбор грузоподъемного оборудования является основным фактором для нормальной работы и высокой эффективности производства.

Башенный кран – ведущая машина на стройке, которая определяет темпы строительства и выполнение работ в установленные сроки.

Массовость применения и весьма тяжелые режимы работы электропривода (ЭП) крановых механизмов определяют жесткие требования в отношении простоты эксплуатации и высокой надежности их работы. Поэтому при проектировании ЭП кранов стремятся использовать максимально простые системы ЭП и их схем управления, даже за счет некоторого снижения требований к динамическим свойствам приводов, а также к их статическим характеристикам [1]. В связи с этим наиболее массовое применение на кранах находят асинхронные двигатели (АД) с фазным ротором, с кулачковыми или магнитными контроллерами, где используется реостатное регулирование в цепи ротора АД [2]. В данной работе для исследования был выбран башенный кран КБ-408.21, в котором в качестве электропривода подъемного механизма используется асинхронный двигатель с фазным ротором – 4МТН225L6, паспортные данные АД представлены в табл. 1.

Таблица 1

Паспортные данные двигателя 4МТН225L6

Наименование параметра	Обозначение	Значение	Единица измерения
Номинальная мощность на валу	P_n	55000	Вт
Номинальная частота вращения	n_n	970	Об/мин
Коэффициент мощности	$\cos \varphi$	0,9	-
Номинальный ток статора	I_{1n}	105	А
Число полюсов	p	3	-
Момент инерции двигателя	$J_{дв}$	1,02	кг · м ²
Кратность максимального момента к номинальному моменту	λ	2,9	-
Число фаз	m	3	-
Номинальная частота	f_n	50	Гц
Линейное напряжение питания двигателя	U_n	380	В
Коэффициент полезного действия	η	88	%

В процессе работы были рассчитаны параметры T – образной схемы замещения исследуемого АД по его паспортным данным, эти параметры можно наблюдать в табл. 2. Также была составлена модель асинхронного электропривода подъемного механизма башенного крана. На этой модели был исследован АД в режиме подъема груза, а именно, были сняты временные характеристики момента, скорости, и токов.

Параметры схемы замещения двигателя 4МТН225L6

Наименования параметра	Обозначение	Значение	Единица измерения
Активное сопротивление обмотки статора	R_1	0,07	Ом
Активное сопротивление приведенной обмотки ротора	R_2'	0,069	Ом
Индуктивность обмотки статора	L_{ls}	$4,79 \cdot 10^{-4}$	Гн
Индуктивность приведенной обмотки ротора	L'_{lr}	$6,549 \cdot 10^{-4}$	Гн
Индуктивность цепи намагничивания	L_m	0,045	Гн

Имитационная модель асинхронного ЭП подъемного механизма для режима подъема груза изображена на рис. 1. В этой модели асинхронного ЭП, используется способ реостатного регулирования скоростью вращения ротора АД, тем самым управляется и скорость перемещения груза (рис. 5). На вход подается момент сопротивления груза, равный 250 Н·м. В моменты переключения добавочного сопротивления (Resistance block) [3], т.е. в моменты времени изменения сопротивления в цепи ротора скачком изменяются и все исследуемые характеристики машины, такие как: скорость вращения ротора, изображенная на рис. 2, электромагнитный момент и угловая скорость, изображенные на рис. 3 и токи статора, изображенные на рис. 4.

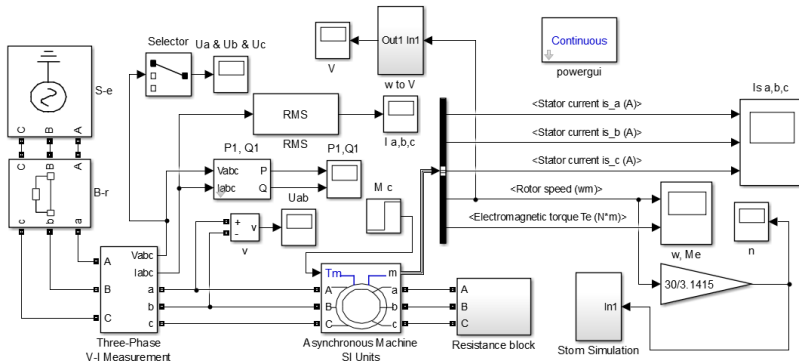


Рис. 1. Имитационная модель асинхронного ЭП подъемного механизма для режима подъема

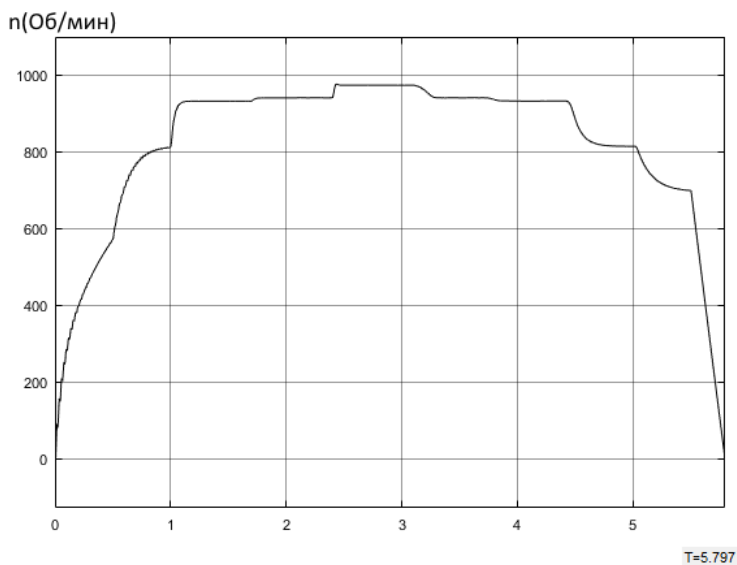


Рис. 2. Временная зависимость скорости вращения ротора асинхронной машины для режима подъема

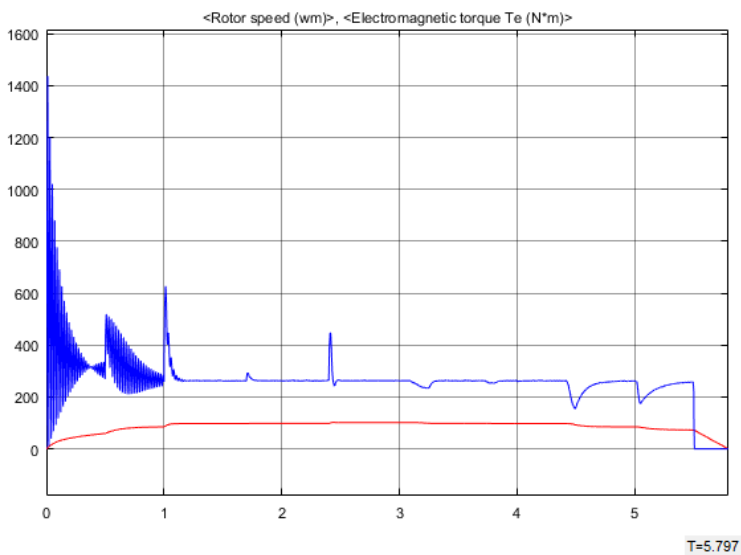


Рис. 3. Временные зависимости электромагнитного момента и угловой скорости для режима подъема

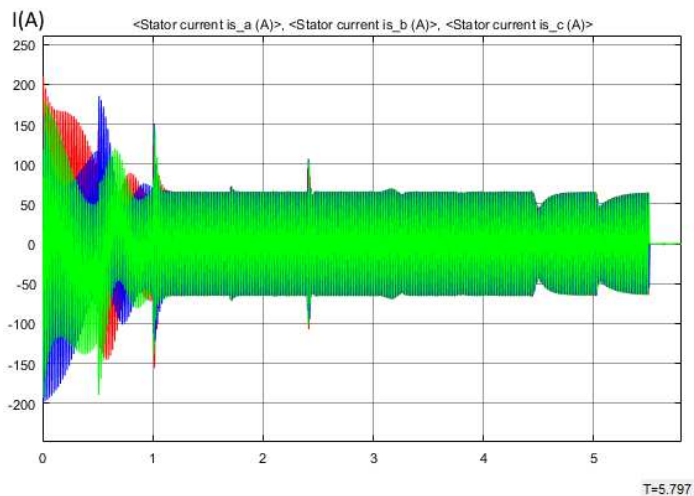


Рис. 4. График изменения токов статора асинхронной машины для режима подъема

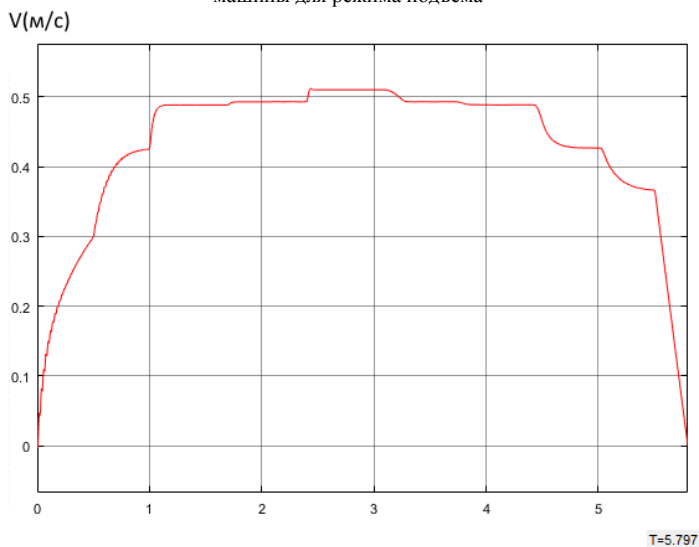


Рис. 5. Временная зависимость скорости перемещения груза при его подъеме

В процессе работы были рассчитаны параметры схемы замещения исследуемого АД по его паспортным данным. В работе представлена модель асинхронного электропривода, построенная в среде

Simulink пакета MatLab. На этой модели была исследована работа асинхронного электропривода в режиме подъема груза, т.е. были сняты временные зависимости момента, скорости, и токов двигателя. По результатам исследования можно сделать вывод, что выполняются основные требования, предъявляемые к электроприводу: регулирование скорости перемещения груза, ограничение ускорений, регулирование момента приводного двигателя.

Данная работа позволяет на конкретном примере ЭП рассмотреть специфику работы АД в зависимости от режима работы исследуемого электропривода, и выработать комплексное понимание взаимосвязи между всеми элементами системы подъемного механизма башенного крана.

Библиографический список

1. Башенные краны / Л.А. Невзоров, А.А. Зарецкий, Л.М. Волин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1979.
2. Бордюков Д.Е., Орлов А.Н. Грузоподъемные машины: учеб. пособие. – СПб., 1995.
3. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink. – СПб.: Питер, 2007. – 288 с.

Сведения об авторах

Елтышев Евгений Алексеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: zhenyayoltisheff@yandex.ru

Трефилов Владимир Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: tvapnipu@mail.ru

About the authors

Eltyshev Evgeniy Alekseevich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: zhenyayoltisheff@yandex.ru

Trefilov Vladimir Alekseevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Electrotechnical and Electromechanical department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: tvapnipu@mail.ru

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАСХОДАХ И ТИПАХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Н.М. Труфанова, Н.А. Костарев, А.А. Рыков, Л.И. Зорихина
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Получено распределение температуры в нефтяной скважине при промывке горячим теплоносителем, подаваемым в затрубное пространство с помощью агрегата депарафинизации скважин (АДП). Получены температурные зависимости при различной производительности агрегата и типах теплоносителя. Задача решена путем реализации математической модели турбулентного теплопереноса в нефтяной скважине, методом конечных объемов в среде конечно-элементного анализа ANSYS Fluent. Дана оценка эффективности тепловой депарафинизации нефтяной скважины горячим теплоносителем.

Ключевые слова: депарафинизация, АСПО, АДП, промывка, теплоперенос, нефтяная скважина.

ANALYSIS OF EFFICIENCY OF HEAT TREATMENT OF AN OIL WELL AT VARIOUS FLOW RATES AND TYPES OF HEAT TRANSFER AGENT

N.M. Trufanova, N.A. Kostarev, A.A. Rykov, L.I. Zorikhina
Perm National Research Polytechnic University, Perm

In this article, the temperature distribution in an oil well when flushing with hot coolant supplied to the annulus using a well dewaxing unit is obtained. Temperature dependences for various unit capacities and coolant types are obtained. The problem by implementing a mathematical model of turbulent heat and mass transfer in an oil well using the finite volume method in the ANSYS Fluent finite element analysis environment is solved. An assessment of the effectiveness of thermal dewaxing of an oil well with a hot coolant is given.

Keywords: dewaxing, ARPD, flushing, heat and mass transfer, oil well.

Проблема образования асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) при добыче тяжелых нефтей является одной из самых актуальных для нефтедобывающей отрасли. Парафиновые отложения значительно снижают эффективность работы скважины вплоть до ее полного выхода из строя, а также увеличивают износ оборудования [1].

Для нормального функционирования скважины необходимо осуществлять обработку скважины для удаления АСПО. Одним из способов тепловой обработки скважины является закачка горячего теплоносителя в затрубное пространство. Практический интерес имеет оценка эффективности удаления АСПО, которая зависит от производительности агрегата депарафинизации скважин и типа теплоносителя [2].

Рассматривается участок нефтяной скважины длиной 1500 м от электроцентробежного насоса до устья. Продольное сечение рассматриваемой скважины представлено на рис. 1.

Были сделаны следующие допущения: задача осесимметричная, стационарная, течение турбулентное, теплофизические свойства твердых материалов не зависят от температуры, бесконечный массив земли заменен ограниченной областью, влияние электроцентробежного насоса на поток нефти не учитывается.

Система дифференциальных уравнений основывается на законах сохранения массы, энергии и движения [1]. Для описания турбулентного переноса используется realizable k-epsilon модель из семейства моделей RANS (уравнения Навье–Стокса, осреднённые по Рейнольдсу).

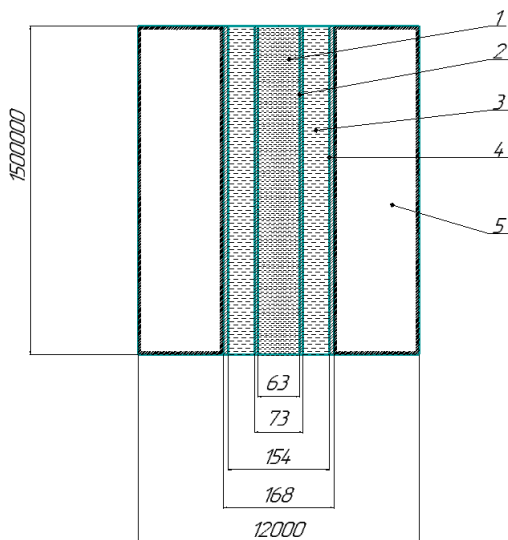


Рис. 1. Продольное сечение нефтяной скважины: 1 – добываемая нефтяная жидкость; 2 – насосно-компрессорная труба; 3 – затрубное пространство; 4 – обсадная колонна; 5 – грунт, окружающий скважину

Система дифференциальных уравнений замыкалась следующими граничными условиями: на входе в насосную трубу задавалась эпюра скоростей для нефти, соответствующая дебиту скважины, равному $10 \text{ м}^3/\text{сут}$ и температура нефти на уровне насоса равная $35 \text{ }^\circ\text{C}$; эпюра скоростей течения теплоносителя, соответствующая заданному расходу $70 \text{ м}^3/\text{сут}$ и температура теплоносителя $120 \text{ }^\circ\text{C}$ для нефти и $90 \text{ }^\circ\text{C}$ для воды; на устье скважины задается условие конвективного теплообмена. На поверхности, ограничивающей область земли, задается распределение температуры, соответствующее геотерме с геотермическим градиентом $0,206 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ м}$. На границе раздела разнородных сред задавалось условие идеального теплового контакта. Для скоростей в центре затрубного пространства и НКТ – условие максимума скорости, а на стенках – условия прилипания и непроницаемости.

Дифференциальные уравнения тепломассопереноса в нефтяной скважине могут быть решены аналитически или численно [3–5]. Задача решалась численно, методом конечных объемов в программном продукте ANSYS Fluent.

В результате моделирования были получены распределения температур по глубине скважины при различных типах и расходах теплоносителя. Полученные данные представлены на рис. 2–3 и в табл. 1.

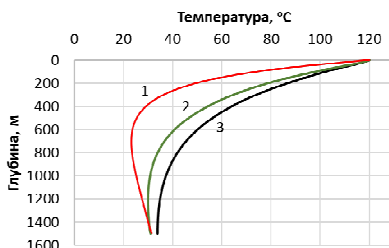


Рис. 2. Распределение температуры теплоносителя (нефть $120 \text{ }^\circ\text{C}$) по глубине:
 1 – $Q = 0,32 \text{ кг/с}$; 2 – $Q = 0,64 \text{ кг/с}$;
 3 – $Q = 0,96 \text{ кг/с}$

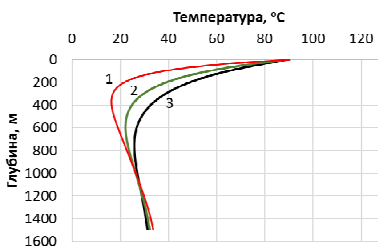


Рис. 3. Распределение температуры теплоносителя (вода $90 \text{ }^\circ\text{C}$) по глубине:
 1 – $Q = 0,32 \text{ кг/с}$; 2 – $Q = 0,64 \text{ кг/с}$;
 3 – $Q = 0,96 \text{ кг/с}$

Из полученных результатов видно, что наиболее эффективней прогрев скважины происходит при использовании нефти в качестве теплоносителя. Так при промывке горячей нефтью с расходом $0,96 \text{ кг/с}$ участок, на котором происходит полное удаление парафина,

равен 607 м. Именно на этом участке температура на стенке насосно-компрессорной трубы не опускается ниже 40 °С. Увеличение расхода приводит к повышению эффективности промывки, однако после определенного значения величина участка, очищенного от парафина, изменяется незначительно. При промывке водой величина участка, на котором происходит полное удаление АСПО, не превышает 265 м.

Результаты моделирования

Параметр	Результаты					
	Нефть, 120 °С			Вода, 90 °С		
	$Q = 0,32$, кг/с	$Q = 0,64$, кг/с	$Q = 0,96$, кг/с	$Q = 0,32$, кг/с	$Q = 0,64$, кг/с	$Q = 0,96$, кг/с
Температура на устье, °С	90	98	88	67	75	79
Температура на входе в насос, °С	31,2	30,7	33,8	33,7	32,1	31,3
Участок, очищенный от АСПО, м	208	510	607	95	163	265

Разработанная модель позволяет рассчитать температурное поле скважины при промывке горячим теплоносителем. Это дает возможность оценить эффективность тепловой обработки при различных технологических параметрах работы агрегата депарафинизации скважин и разработать необходимый режим, при котором происходит полное удаление АСПО со скважинного оборудования. Данный подход позволяет оценить необходимое количество теплоносителя (тип, температура, расход) для полной очистки парафиновых отложений и заранее определить энергоэффективный режим работы агрегата для депарафинизации скважин горячим теплоносителем.

Библиографический список

1. Kostarev N.A., Trufanova N.M. Simulation and automation of thermal processes in oil well // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 327. – 6 p.
2. Каменщиков Ф.А. Тепловая депарафинизация скважин. – М., Иж.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005.
3. Kovrigin L.A., Kukharchuk I.B. Automatic control system for removal of paraffin deposits in oil well in permafrost region by thermal method // Chem. Eng. Res. and Des. – 2016. – Vol. 115. – Part A. – P. 116.

4. Мусакаев Н.Г. Математическое исследование температурной обстановки в скважине при наличии источника электрообогрева // Изв. высш. уч. заведений. Нефть и газ. – 2010. – № 6. – С. 43.

5. Костарев Н.А., Труфанова Н.М. Управление тепловыми процессами в нефтяной скважине с помощью греющего кабеля // Электротехника. – 2017. – № 11. – С. 60.

Сведения об авторах

Труфанова Наталия Михайловна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструирование и технологии в электротехнике» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: trufanova@mail.ru

Костарев Никита Александрович – аспирант, ассистент кафедры «Конструирование и технологии в электротехнике» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: nikostarev@gmail.com

Рыков Александр Андреевич – аспирант кафедры «Конструирование и технологии в электротехнике» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь.

Зорихина Людмила Ивановна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь.

About the authors

Trufanova Natalia Mikhailovna – Doctor of Technical Sciences, Professor, head of the Design and Technology in Electrical Engineering department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: trufanova@pstu.ru

Kostarev Nikita Alexandrovich – Graduate student, Assistant of the Design and Technology in Electrical Engineering department Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: nikostarev@gmail.com

Rykov Alexander Andreevich – Graduate Student of the department "Design and Technologies in Electrical Engineering" Perm National Research Polytechnic University, Perm.

Zorikhina Lyudmila Ivanovna – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm.

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО СИНХРОННОГО КОМПЕНСАТОРА В ВЕТРО-ДИЗЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Н.Г. Семенова, М.М. Абдрашитов

Оренбургский государственный университет, Оренбург

Рассмотрены аспекты применения СТАТКОМ с устройствами накопления энергии и демпфирующей нагрузки в ветро-дизельном комплексе.

Ключевые слова: энергосбережение, ветро-дизельный комплекс, СТАТКОМ.

APPLICATION OF A STATCOM IN WIND-DIESEL SYSTEM

N.G. Semenova, M.M. Abdrashitov

Orenburg State University, Orenburg

In this article the aspects of an application of a StatCom with energy storage and dump load devices in win-diesel system are considered.

Keywords: energy saving, wind-diesel system, StatCom.

Развитие энергетики является одним из важных факторов развития экономики государства в целом. Современная стратегия и государственные программы развития энергетики особо выделяют такие задачи, как повышение энергоэффективности, энергосбережения, обеспечения доступности и надежности электроснабжения в отдаленных и изолированных районах. Один из способов достижения данных задач – значительное увеличение доли возобновляемых источников энергии в общем энергобалансе страны и их использование с большой степенью замещения в отдаленных и изолированных энергосистемах.

К зонам изолированного энергоснабжения относят территории Крайнего Севера и приравненные к ним. Ввиду высокой стоимости топлива и его доставки, ограниченной транспортной доступности, ограниченной сезонной навигации происходит значительное удорожание электроэнергии в данных регионах.

Анализ эффективности использования ВИЭ показал, что в автономных системах энергоснабжения целесообразно использовать ветро-дизельные электростанции (ВДЭС) в прибрежных зонах, а также на территориях, обладающих высоким ветроэнергетическим потен-

циалом. ВДЭС позволит сократить использование дизельного топлива на 10–53 % (в зависимости от схемы замещения дизельного топлива ВДЭС) и увеличит срок эксплуатации ДЭС в 2–3 раза [1].

Вырабатываемая ветровыми турбинами электроэнергия имеет флуктуационный характер и зависит не только от скорости ветра, но и от плотности воздуха и турбулентности потока. Кроме того, значительная часть современных промышленных ветровых турбин оснащена асинхронными генераторами по причине простоты конструкции, небольших габаритов и массы при большей мощности, надежности, высоком КПД. При этом можно выделить такие недостатки асинхронных генераторов, как «мягкая» внешняя характеристика и потребление значительной реактивной мощности. Таким образом, использование ветровой энергии в изолированной энергосистеме сопряжено с необходимостью быстрого и эффективного управления для поддержания требуемых частоты и напряжения.

В научной литературе рассматриваются различные схемы ветродизельных комплексов, но наибольшее распространение получили модульные структуры, в которых традиционные дизель-генераторные установки дополняются ветровыми турбинами, устройствами компенсации реактивной мощности, устройствами накопления энергии и устройствами демпфирования нагрузки. Подобная структура особо актуальна для модернизации уже существующих ДЭС, так как не требует значительного переустройства электростанции, ограничиваясь лишь подключением дополнительных компонентов.

Статический синхронный компенсатор, или СТАТКОМ, является шунтирующим устройством. СТАТКОМ не использует конденсаторные или реакторные группы для производства реактивной мощности, как это делает статический компенсатор реактивной мощности (SVC). В СТАТКОМ конденсаторная группа используется для поддержания постоянного напряжения контура постоянного тока для работы преобразователя напряжения [2]. Управляемый инвертор напряжения (УИН) на базе IGBT-транзисторов в составе СТАТКОМ позволяет в широких пределах регулировать выходной ток, изменять его значение, фазу и форму.

Особенности устройства СТАТКОМ способствуют его применению не только для компенсации реактивной мощности, но и для симметрирования активной мощности, улучшения гармонического состава, подавления фликера, тем самым улучшая качество электро-

энергии во всей изолированной энергосистеме. Наличие в составе УИН и контура постоянного тока позволяет провести дооснащение СТАТКОМ устройствами накопления энергии и демпфирования нагрузки, подключаемых к контуру постоянного тока через преобразователи постоянного тока. Особо стоит отметить эффективность использования преобразователя постоянного тока для устройства демпфирования нагрузки. В качестве демпфирующей зачастую используется резистивная нагрузка, а именно группы ТЭНов. Использование широтно-импульсной модуляции позволяет осуществлять регулирование нагрузки в диапазоне 0–100 % с малой дискретностью, в то время как при подключении ТЭНов на переменном токе дискретность регулирования определяется номиналом отдельных групп ТЭНов.

Ветро-дизельный комплекс имеет, как правило, два основных режима: «только дизель» и «дизель-ветер». При большой степени замещения возможен и третий режим – «только ветер». Рассмотрим применение СТАТКОМ с устройствами накопления энергии и демпфирующей нагрузки во всех трех режимах.

В режиме «только дизель» энергоснабжение осуществляется только от дизель-генератора при отсутствии ветра. В этом режиме СТАТКОМ может применяться для компенсации реактивной мощности, при этом снижая удельное потребление топлива дизель-генератора путем генерации только активной мощности без необходимости генерации реактивной. Устройство накопления энергии позволяет, в свою очередь, не только использовать накопленную энергию для частичного замещения активной мощности, вырабатываемой дизель-генератором, но вместе с устройством демпфирования нагрузки осуществлять балансирование нагрузки в энергосистеме.

В режиме «дизель-ветер» электроснабжение осуществляется как от дизель-генератора, так и от ветровых турбин. Данный режим характеризуется недостаточной скоростью ветра, и соответственно, генерацией ветровых турбин, недостаточной для текущей нагрузки. Кроме того, оптимальная нагрузка для дизель-генератора лежит в пределах 30–80 % от номинальной мощности, меньшая нагрузка приводит к увеличению удельного потребления топлива и высокому износу оборудования. СТАТКОМ, как эффективный компенсатор реактивной мощности, генерирует реактивную мощность, требуемую и для ветровых турбин, и для других потребителей сети, также сни-

жая удельное потребление топлива дизель-генератора. Устройства накопления энергии и демпфирования нагрузки в режиме «дизель-ветер» позволяют стабилизировать выходную мощность ветровых турбин путем накопления энергии или ее утилизации при выходной мощности ветровых турбин больше требуемой, или использования накопленной энергии для плавного повышения нагрузки дизель-генератора при провалах выходной мощности ветровых турбин.

В режиме «только ветер» электроснабжение осуществляется только от ветровых турбин. Этот режим характеризуется высокой скоростью ветра и генерацией ветровыми турбинами их номинальной мощности, и свойственен только комплексам с высокой степенью замещения: от 100 % и более. В этом режиме СТАТКОМ при отсутствии синхронного генератора дизель-генератора выступает уже в качестве основного регулятора напряжения путем балансирования реактивной мощности в сети. Устройства накопления энергии и демпфирования нагрузки при этом позволяют регулировать частоту сети путем балансирования активной мощности.

Вывод: СТАТКОМ с устройствами накопления энергии и демпфирования нагрузки выступает в качестве многофункционального комплексного устройства, на базе которого можно осуществить эффективное управление ветро-дизельным комплексом без глубокой модернизации или адаптации ветровых турбин и дизель-генераторов.

Библиографический список

1. Касина В. И. Проблемы энергоснабжения изолированных территорий России и их решение с помощью ВИЭ // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н.И. (1945–2015) – Даниловских чтений (Екатеринбург, 11–15 декабря 2017 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2017. – С. 791–795.

2. Integration of a StatCom and battery energy storage [Электронный ресурс] / Z. Yang, C. Shen, L. Zhang, M.L. Crow, S. Atcitty // IEEE transactions on power systems. – Vol. 16, No. 2. – May 2001. – URL: https://www.researchgate.net/publication/3212701_Integration_of_a_StatCom_and_Battery_Energy_Storage (дата обращения: 14.05.2019).

Сведения об авторах

Семенова Наталья Геннадьевна – кандидат технических наук, доктор педагогических наук, профессор кафедры «Автоматизированный электропривод, электромеханика и электротехника» Оренбургского государственного университета, Оренбург, e-mail: tomsk@house.osu.ru

Абдрашитов Марсель Мустахимович – магистрант Оренбургского государственного университета, Оренбург, e-mail: newm21@yandex.ru

About the authors

Semenova Natalya Gennadyevna – Ph.D. in Technical Sciences, Doctor of Pedagogical Sciences, professor of the department “Automated electric drive, electromechanics and electrical engineering” Orenburg State University, Orenburg, e-mail: tomsk@house.osu.ru

Abdrashitov Marcel Mustakhimovich – Master Student Orenburg State University, Orenburg, e-mail: newm21@yandex.ru

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА НА ТРАНСПОРТЕ И В ЭНЕРГЕТИКЕ

В.В. Тиунов, П.В. Лыкасов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Приводится краткий анализ работы транспортных и энергетических объектов, альтернативно использующих классическое и водородное топливо.

Ключевые слова: водородное топливо, получение, использование, транспорт и энергетика, инновационные проекты, характеристика, перспективы.

ANALYSIS OF THE HYDROGEN FUEL PROBLEMS HARNESSING FOR TRANSPORT AND ENERGETICS OBJECTS

V.V. Tiunov, P.V. Lykasov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article deals with the short analysis of the transport and energetics objects alternatively using classical and hydrogen fuel.

Keywords: hydrogen fuel, production, harnessing, transport and energetics objects, innovational projects, description, prospects.

Одна из важнейших проблем в экономике государства – это проблема его энергетической обеспеченности, которая влияет на множество доминирующих показателей страны. В настоящее время осуществляется интенсивный поиск более экологически чистых источников энергии. И в последние годы стал широко рассматриваться очень эффективный энергоресурс – водород [1].

Чтобы проиллюстрировать переход от углеводородного классического топлива к водородному рассмотрим некоторые вопросы теоретических основ водородной энергетики, и определим ряд возможных преимуществ водорода перед другим энергоресурсным сырьём.

Водород – элемент, который считается наиболее распространённым на нашей планете. Именно на основе водорода и существует водородная энергетика. На данный момент применяются три способа добычи водорода: электролиз, химический, термохимический [1]. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки [1],

анализ которых не является предметом рассмотрения в данной работе. Детальнее остановимся на практических вопросах использования водорода на транспорте и в силовой энергетике.

Современные двигатели внутреннего сгорания (ДВС) могут работать на водороде. Но, традиционные ДВС пока не очень хорошо адаптированы к этому топливу [2], возникает проблема широкого производства и коммерческого газораспределения водорода, а также его хранения на самом транспортном объекте. Гораздо более успешной технологией является применение водородных топливных элементов [2], которые напоминают традиционные гальванические элементы с одной лишь разницей: вещество для реакции не хранится в элементе, а постоянно поставляется извне. Просачиваясь через пористый анод, водород теряет электроны, которые уходят в электрическую цепь, а сквозь мембрану проходят катионы водорода. Далее на катоде кислород «ловит» протон и внешний электрон, в результате чего образуется вода [2]. Этот процесс схематично показан на рис. 1. На данный момент существует множество типов топливных элементов [2]. В табл. 1 представим анализ только основных из них, а далее кратко рассмотрим современное применение на практике водородных ДВС, которые уже достаточно широко применяется в автомобильной отрасли. Среди компаний, уже производящих такие автомобили – Toyota, Honda и Hyundai. Разработкой автомобилей на водородном топливе занимаются также Daimler, Audi, BMW, Ford, Nissan и другие. В настоящее время в связи с конкурентной закрытостью опубликовано не очень много работ, детально рассматривающих конструктивное устройство этих разработок и их параметры, поэтому продолжим общий теоретический и практический анализ применения водородной энергетики.

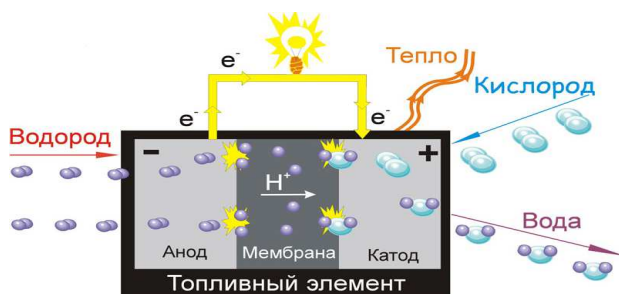


Рис. 1. Водородный топливный элемент

Таблица 1

Типы топливных элементов

Тип топливного элемента	Характеристика топливного элемента
Топливный элемент на фосфорной кислоте	Электролитом данного топливного элемента является бумажная матрица, насыщаемая фосфорной кислотой, проводящая протоны
Топливный элемент на расплаве карбоната	Использует расплавленную смесь лития или калия для проведения ионов карбоната от катода к аноду. Рабочая температура около 650 °С, что позволяет использовать топливо напрямую, без какой-либо дополнительной его подготовки
Топливный элемент на твердых оксидах	В качестве электролита используется твердый керамический материал, который проводит атомы кислорода от катода к аноду при чрезвычайно высокой температуре – свыше 1000 °С
Топливный элемент на протонообменной мембране	В качестве электролита используется твердая полимерная мембрана, которая проводит водородные ионы с анода на катод

В автотранспорте водород может использоваться в качестве топлива в достаточно обычном ДВС. Данный элемент хранится на автомобиле в жидкой форме при температуре не выше 20 К. Бак для хранения водорода двухслойный. Между слоями в вакууме расположены 70 слоёв специальной пены, то есть технология сложная и дорогая. Также в этом случае снижается мощность двигателя до 82 % в сравнении с бензиновым вариантом. Но если внести изменения в систему зажигания, мощность двигателя можно увеличить до 117 % [3]. Исследуем характеристики такого двигателя на примере автомобиля «BMW Hydrogen 7» (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики автомобилей на разном топливе

Характеристика	Водородное топливо	Углеводородное топливо
Объём баллона/бензобака	Объём баллона для хранения водорода – 8 кг	Объём бензобака – 74 л
Возможность проехать при полном баллоне/бензобаке, км	200–300	480
крутящий момент, Н·м	337	337
мощность двигателя, кВт	170	194

Анализируя табл. 2, видно, что мощность двигателя при использовании углеводородного топлива больше в 1,14 раза, чем при использовании водородного. Но следует принять во внимание тот факт, что если увеличить потребление водорода двигателем, то его мощность при работе на водородном топливе можно поднять, и он не будет уступать бензиновому ДВС.

Для автомобилей данного типа с водородными ДВС планируется и ведётся строительство *водородных шоссе* [3]. Водородное шоссе – зарубежное название проектов строительства автомобильных дорог с сетью водородных заправочных станций вдоль всей трассы движения. Водородные заправочные станции, в отличие от бензиновых и газовых, как правило, сами производят топливо, т.е. водород. Их можно разделить на 3 типа: мобильные, стационарные и домашние. Мобильные заправочные станции производят до 20 кг водорода в день, стационарные 50–1250 кг водорода, а домашние – до 2500 кг. Если учесть, что по европейской статистике [4] средний пробег легкового автомобиля составляет 19200 км в год, а на 96 км пути потребляется примерно 1 кг водорода, то одному автомобилю потребуется около 200 кг водорода в год, т.е. 0,55 кг в день [4], по массе значительно меньше, чем бензина или дизельного топлива. И это существенное преимущество применения водородных ДВС. Одним из наиболее успешных проектов водородного шоссе является норвежское водородное шоссе «HyNor» [4] между городами Осло и Ставангер. Его маршрут показан на рис. 2, а длина составляет 580 км.

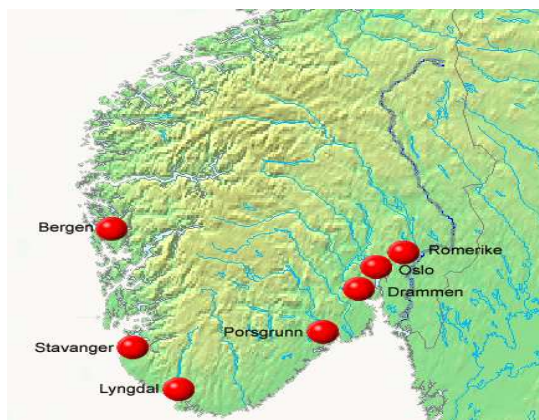


Рис. 2. Карта норвежского проекта «HyNor»

Разработка водородного транспорта в сочетании с новой инфраструктурой водородных шоссе является глобальным проектом будущего, который уже реализуется в настоящее время.

Рассмотрим теперь аспекты применения водородного топлива на электростанциях. Сравним характеристики ключевого элемента паротурбинной тепловой электростанции (ПТЭС) – парогенератора при работе на водородном и на углеводородном топливе. Суть работы ПТЭС заключается в том, что тепловая энергия используется в парогенераторе для получения водяного пара высокого давления, приводящего во вращение ротор паровой турбины, соединённый с ротором электрического генератора, выдающего электроэнергию. Сравнительные характеристики парогенераторов на классическом и водородном топливе представлены в табл. 3. Анализ этих данных показывает, что паротурбинные установки на водородной основе имеют значительные преимущества перед классическими. Но следует учесть факт, что образующийся пар имеет значительно более высокую температуру. Поэтому необходимо в водородно-кислородный парогенератор впрыскивать воду (её расход может быть более 60 % от воды пара), и, соответственно, в парогенераторе присутствуют потери тепла, которые, однако, невелики и поэтому КПД данного генератора может быть близок к 100 % [5]. Однако, водород – это взрывоопасное вещество, и необходимы дополнительные защитные элементы, усложняющие установку. Общий КПД из-за этого будет ниже.

Таким образом, анализ показывает, что водородная энергетика имеет большие перспективы, и ее исследование и применение необходимо продолжать.

Таблица 3

Сравнительные характеристики парогенераторов

Рассматриваемый параметр парогенератора	Водородно-кислородный парогенератор	Традиционный парогенератор (использующий нефть, газ или уголь)
Способ передачи тепла	Смещение	Через стенки
Максимальный КПД	99,1 %	90–94 %
Объёмная мощность, МВт/м ³	Более 2000	Менее 0,2
Выбросы при работе в окружающую среду	Практически нет вредных выбросов	Углекислый газ, оксиды азота и серы, и др.

Библиографический список

1. PProAtom [Электронный ресурс] // Водородная энергетика – афера века. – URL: <http://www.proatom.ru> (дата обращения: 03.04.2020).
2. ECONET [Электронный ресурс] // Топливные элементы. – URL: <https://econet.ru> (дата обращения: 05.04.2020).
3. UNUSAUTO [Электронный ресурс] // Водородный транспорт – URL: <http://unusauto.ru> (дата обращения: 07.04.2020).
4. National renewable energy laboratory [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nrel.gov/> (дата обращения: 03.04.2020).
5. Тепловые установки [Электронный ресурс]. – URL: <https://helpiks.org> (дата обращения: 30.03.2020).

Сведения об авторах

Тиунов Василий Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: tiuvas@mail.ru

Лыкасов Павел Владимирович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: lykasov.pavel@mail.ru

About the authors

Tiunov Vasilii Vasilievich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Electrical Engineering and Electro-mechanics department, Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: tiuvas@mail.ru

Lykasov Pavel Vladimirovich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: lykasov.pavel@mail.ru

Секция 4

**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ.
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

МЕТОД ЗАЩИТЫ АВТОРСКОГО ПРАВА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ BLOCKCHAIN С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМАРТКОНТРАКТА ETHERIUM

В.А. Чалин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

На практике реализован метод позволяющий сократить временные и финансовые издержки для подтверждения факта принадлежности интеллектуальных прав. Метод разработан на основе технологии Blockchain с использованием смартконтракта сети Ethereum.

Ключевые слова: блокчейн, транзакция, смартконтракт, Ethereum, хеширование.

COPYRIGHT PROTECTION BASED ON BLOCKCHAIN TECHNOLOGY USING ETHERIUM SMART CONTRACT

V.A. Chalin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

In this work, a method is implemented in practice that allows reducing time and financial costs to confirm the fact of intellectual property. The method was developed on the basis of Blockchain technology using the Ethereum smart contract.

Keywords: blockchain, smartcontract, transaction, ethereum, hash.

Защита авторских прав определяется как совокупность мер, направленных на восстановление или признание авторских и смежных прав и защиту интересов их обладателей при их нарушении или оспаривании.

Актуальность проблемы защиты авторских прав состоит в том, что не все возможности защиты авторских прав, заложенные в законодательстве Российской Федерации, применяются на практике, особенно это касается защиты авторского права в сети Internet. Кроме того, законодательство Российской Федерации и вовсе не предусматривает ответственность за нарушение авторского права в Internet. На сегодняшний день не существует цифрового решения проблемы, доказать свое авторство в той или иной работе в большинстве случаев не представляется возможным [1].

Цель данной работы – разработать метод защиты авторского права используя блокчейн-технологии. Для этого были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать технологию, выявить положительные и отрицательные стороны.

2. Выяснить возможность разработки смартконтракта для фиксации данных об авторстве.

Для того чтобы рассмотреть возможность применения блокчейн-технологии, необходимо определить само понятие. Блокчейн – это выстроенная по определённым правилам непрерывная последовательная цепочка блоков, содержащих информацию. Блокчейн как вечный цифровой распределённый журнал экономических транзакций, который может быть запрограммирован для записи не только финансовых операций в качестве криптовалюты, но и практически всего, что имеет ценность. Рассматривая технологию в качестве ключа к достижению поставленной цели, необходимо упомянуть преимущества блокчейна [2]:

– децентрализация. Отсутствует главный сервер хранения данных. Все записи хранятся у каждого участника системы;

– полная прозрачность. Любой участник может отследить все транзакции, проходившие в системе;

– конфиденциальность. Все данные хранятся в зашифрованном виде. Пользователь может отследить все транзакции, но не может идентифицировать получателя или отправителя информации, если он не знает номера кошелька. Для проведения операций требуется уникальный ключ доступа;

– компромисс. Данные, которые добавляются в систему, проверяются другими участниками.

Структура связи блоков внутри выстроенной цепи реализована таким образом, что каждый последующий сгенерированный блок содержит данные о последнем сгенерированном.

В сети блокчейна все взаимосвязи между нодами и клиентами подтверждаются с помощью смартконтрактов (smartcontracts).

Согласно определению Ника Сабо [3], смарт-контракт – это набор описанных в цифровой форме обещаний, включающий набор протоколов, по которым стороны выполняют свои обещания.

Реальное практическое применение смарт-контрактам нашлось с появлением технологии «блокчейн». Децентрализованные системы

на основе блокчейна – та среда, в которой выполнение смарт-контракта не зависит от третьего лица, а его код нельзя произвольно изменить. Вне такой среды смарт-контракт будет просто программным кодом.

Для того, чтобы наглядно рассмотреть метод применимости в рамках рассматриваемой нами задачи, представим условного персонажа Колю, который изобрел уникальное технологическое решение для модернизации некоего агрегата. Сегодня регистрация патента стоит от 40 000 руб. куда входит стоимость проверки работоспособности изобретения, подготовки, подачи документов и оплаты ряда пошлин [4]. Для бюджета Коли сумма велика и, вероятнее всего, он просто откажется от воплощения своей идеи в жизнь.

Воспользовавшись преимуществами смартконтрактов, Коля может сделать уникальную запись о своем изобретении внутри блокчейна Ethereum. Созданная запись будет подтверждать принадлежность документа только Коле, более того, сгенерированные данные будут содержать информацию о дате регистрации, что означает первоисточник информации.

Схема работы метода показана на рис. 1.

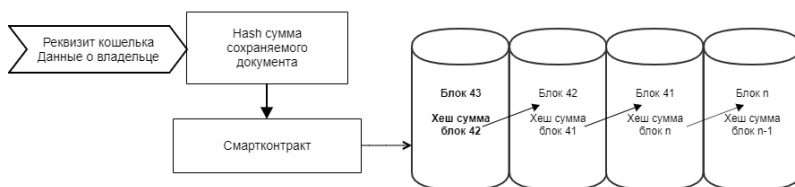


Рис. 1. Принцип работы метода защиты авторского права

```

!<-- BEGIN AUTHOR PUBLIC KEY ---->
0хеBCf5E2061d497e87701eA73a1D1d59D3A677CF8
!<-- END AUTHOR PUBLIC KEY ---->

!<-- BEGIN AUTHOR NAME ---->
Чалин Владислав Александрович / Chalin Vladislav Aleksandrovich
!<-- END AUTHOR PUBLIC KEY ---->

pragma solidity ^0.4.21;

//This version now needs to be edited

```

Рис. 2. Реквизит документа с данными владельца

На начальном этапе для дальнейшей идентификации владельца документа в шапку добавляются данные о владельце и принадлежащем ему криптовалютном кошельке (рис. 2), который, в свою очередь, позже будет использоваться для оплаты генерации блока (комиссии сети) и подписи смартконтракта. Для регистрации документа в сети «блокчейн» используется криптокошелек, поддерживающий стандарт токенов ERC-20. В нашем случае это Metamask, позволяющий подписывать скомпилированные смартконтракты.

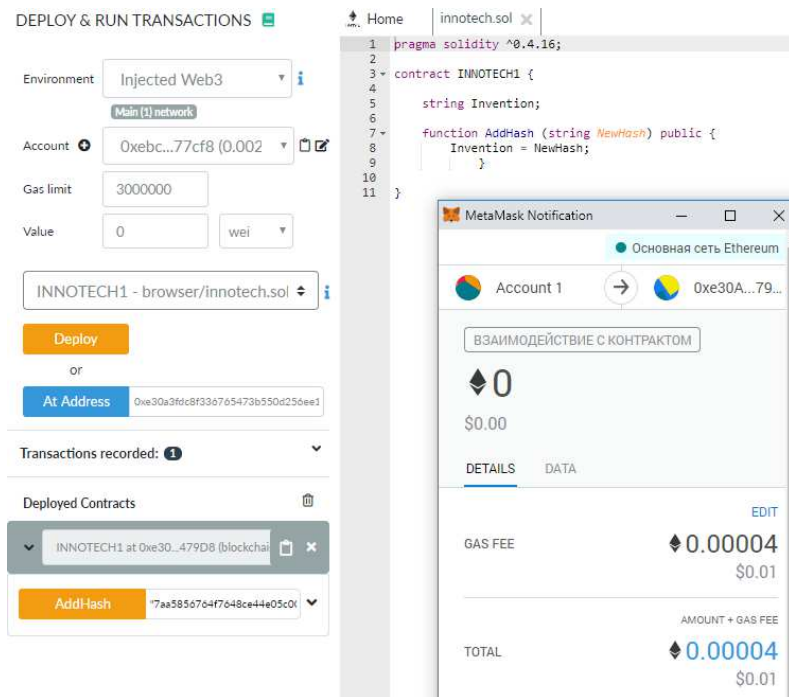


Рис. 3. Формирование транзакции с вложенной хэш-суммой

Следующим шагом является получение хэш-суммы сформированного документа, для получения хэш-суммы MD5 достаточно воспользоваться любым онлайн-генератором. Преимущество использования хэш-суммы заключается в невозможности какого-либо изменения документа в дальнейшем. Любая замена даже одного символа приведет к изменению всей хэш-суммы. Полученным хэшем документа, в нашем случае это – 7aa5856764f7648ce44e05c00474c8b8,

мы подписываем скомпилированный смартконтракт. Для написания смартконтракта использовался язык программирования Solidity, для компиляции IDE Remix Ethereum. Подключение к основной сети Ethereum, подписание, и формирование транзакции продемонстрировано на рис. 3.

Из предыдущего скриншота видно, что нематериальное подтверждение авторского права в нашем случае стоило 0,01 \$, что несоизмеримо мало по сравнению с вышеописанными суммами.

Мы можем убедиться в регистрации хэш-суммы сформированного документа в одной из транзакций, которая навсегда доступна по адресу <https://etherscan.io/tx/0xf2ef6e4cf68a4a15a5d3b37be5fb749a239c87183e1764a75adb3b706deefe3>. Детально размещение хэш-функции показано на рис. 4.

Gas Used by Transaction:	24,899 (62.41%)		
Gas Price:	0.000000001 Ether (1 Gwei)		
Nonce	0	Position	78
Input Data:	0x7aa5856764f7648ce44e85c00474c8b5		
	View Input As		

Рис. 4. Зарегистрированная хэш-сумма внутри Blockchain

В ходе исследуемой работы был на практике реализован метод защиты авторского права с использованием технологии «блокчейн» и смартконтракта Ethereum. Рассмотренный метод позволяет авторам произведений науки, литературы или искусства, сокращая временные и финансовые издержки, зафиксировать факт принадлежности интеллектуальных прав.

Библиографический список

1. Что такое Блокчейн (Blockchain)? Технология распределенного реестра простыми словами [Электронный ресурс]. – URL: <https://mining-cryptocurrency.ru/blockchain/> (дата обращения: 24.11.2019).

2. Что такое смарт-контракты, где можно их применять и при чём тут блокчейн [Электронный ресурс]. – URL: <https://tproger.ru/blogs/smart-contracts/> (дата обращения: 24.11.2019).

3. Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature.html> (дата обращения: 24.11.2019).

4. Регистрация и депонирование произведения – объекта интеллектуальной собственности [Электронный ресурс]. – URL: https://www.copyright.ru/ru/documents/rinok/tseni_i_stoimost_uslug (дата обращения: 24.11.2019).

Сведения об авторе

Чалин Владислав Александрович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: chalin2008@yandex.ru

About the autor

Chalin Vladislav Aleksandrovich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: chalin2008@yandex.ru

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧНЫХ РЕСУРСОВ И СВЯЗАННЫХ С НИМИ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.И. Шлыков, А.С. Шабуров

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Современные информационные системы находятся в уязвимом состоянии в связи с реализацией угроз при отсутствии учета бизнес-рисков. В статье приводится описание модели определения критических ресурсов информационной системы. Эта вероятностная модель, представленная в виде неориентированного графа, позволяет также выявить связанные с ними риски информационной безопасности в соответствии с ИСО/МЭК 27005. В рамках разработки модель подвергается описанию принципов её функционирования, аспекты которого будут рассмотрены в последующих публикациях.

Ключевые слова: риск информационной безопасности, бизнес-процесс, бизнес-ресурсы, критические ресурсы, модель определения рисков.

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR DETERMINING CRITICAL RESOURCES AND THE RELATED RISKS OF INFORMATION SECURITY

A.I. Shlykov, A.S. Shaburov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

Modern information systems are in a vulnerable state due to the implementation of threats in the absence of accounting for business risks. The article describes the model for determining the critical resources of an information system. This probabilistic model that presented as a graph also allows to identify information security risks associated with them in accordance with ISO/IEC 27005. As a part of the development, the model is subjected to the description of the functioning principles, aspects of which will be considered in subsequent publications.

Keywords: information security risk, business process, business resources, critical resources, risk identification model.

В современном мире предприятия малого и среднего бизнеса находится в уязвимой позиции – их корпоративные системы привлекают злоумышленников, а ущерб от реализации угрозы может быть значительным. Такие предприятия не уделяют внимания оценке собственных ресурсов и рисков, с ними связанных. Согласно отчетам Eset и Anti-Malware [1], это происходит ввиду неграмотного моделирования бизнес-процессов на предприятии и их низким уровнем

обеспечения безопасности информации. Современные методы решения представлены в виде экспертных методов оценки, зависящих от качества оценивающего, его знаний информационной системы, а также умений внедрять в бизнес-процессы алгоритмы информационной безопасности. Но не все компании могут позволить профессиональных экспертов, что также не исключает ошибки при моделировании процессов. Рассматриваемая проблема актуальна и волнует обширную сферу бизнеса России (20 % ВВП), необходимость её решения определила тематику работы.

Оценка бизнес-рисков компании используется для учёта потенциальных воздействий событий информационной безопасности на приоритетные ресурсы системы, которые влияют на её эксплуатацию [2]. В работе используется оценка критичности бизнес-процессов и связанные с ней свойства, необходимые для устранения негативных последствий. Для оценки риска информационной безопасности нужно понимать, что он направлен на бизнес-процессы компании. В области бизнес-аналитики организация моделируется как конгломерат бизнес-процессов [2]. Этот подход представлен в доверенных источниках [3]. Проектирование модели выполняется вручную экспертом или внешним бизнес-консультантом, обладающим опытом проведения анализа. Упростив модель функционирования компании [3], можно построить типовую модель бизнес-процесса (рис. 1).

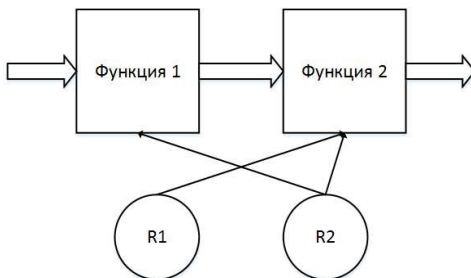


Рис. 1. Типовая модель бизнес-процесса

В данной модели R1 и R2 представляют собой ресурсы компании, взаимодействующие с бизнес-функциями (Функция 1 и Функция 2) для получения результата [4].

Очевидно, что такой метод проектирования тесно связан с информационной безопасностью, и при отсутствии учёта этого аспекта экспертом модель бизнес-процесса будет содержать риски. Это является

угрозой для эффективной работы компании и её системы информационной безопасности. Для решения поставленной проблемы в работе описывается модель зависимости, отражающая критичные для компании бизнес-процессы. В информационной безопасности недостаточно описать бизнес-процессы, нужно оценить их взаимодействие друг с другом, с субъектами и бизнес-функциями, таким образом определив критичные (для которых актуальны угрозы безопасности информации). Как было сказано, компания (M_n) моделируется как совокупность бизнес-процессов. Бизнес-процесс (O_k) может зависеть от одной или нескольких бизнес-функций (F_j), и ресурсов (R_i) [3].

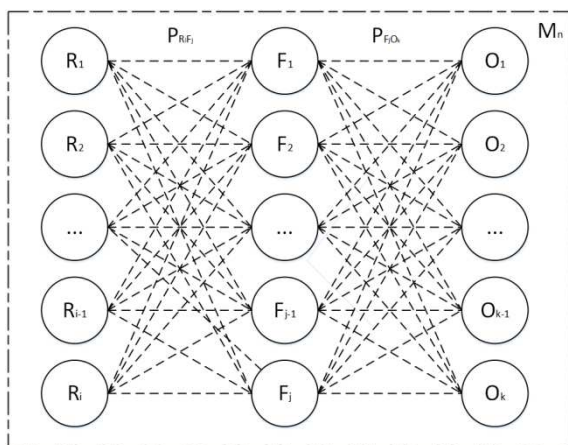


Рис. 2. Модель определения критичных бизнес-процессов компании

Это недостаток экспертного метода оценки, поскольку, моделируя бизнес-функцию «предоставить доступ к данным», эксперт может идентифицировать веб-интерфейс в качестве устройства, предназначенного для работы с клиентом. На самом деле, веб-интерфейс представляет собой лишь этап обеспечения доступа к данным. При этом не учитываются различные центральные серверы баз данных, вычислительные кластеры и устройства резервного копирования. Более того, при взаимодействии нескольких экспертов по безопасности, мнение каждого относительно критичности ресурса компании может не совпадать. Поэтому необходимо предоставить модель зависимости ресурсов, которая будет автоматически анализировать зависимости ресурсов, функций и субъектов, идентифицировать критичные ресурсы, учитывая аспект информационной безопасности.

На рис. 2 показан график зависимости бизнес-процессов от объектов в компании, состоящей из бизнес-процессов, требующих выполнения функций, предоставляемых ресурсами.

Модель определения критичных бизнес-процессов компании M_n – это неориентированный граф в виде пары векторов вершин и ребер. Ребра являются случайными переменными и определяются как вероятность выполнения бизнес-ресурсами R_i функций F_j для осуществления бизнес-процессов O_k компании. Зависимости представлены распределениями вероятностей P , моделирующими вероятность отказа. Например, вероятность $P_{R1F1} = P_{F1O1}$ того, что бизнес-функция F_1 (рис. 2) «доступ к данным клиента» приведет к сбою при необходимом для выполнения ресурсе R_1 «клиент-данные-интерфейс», составит 90 %. Так, значения вероятностей семантизируются (например, «в 9 из 10 случаев данные на веб-интерфейсе были недоступны») и могут быть подтверждены экспертом или при эксплуатации. В общем случае вероятность отказа функционирования модели бизнес-процессов будет вычисляться как:

$$P(M_n) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^t P_{R_i F_j} \cdot P_{F_j O_k}. \quad (1)$$

Формула (1) означает, что суммарная вероятность отказа модели будет равна сумме всех возможных отказов ресурсов, функций и процессов. Модель позволяет проверять вероятные данные вместо эмпирических. В предыдущем примере $P(M_n) = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81$, что говорит о неэффективности системы.

Модель можно интегрировать в процесс оценки риска информационной безопасности, который закреплен в ГОСТе [4]. В соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005–2010 риск информационной безопасности – возможность того, что угроза сможет воспользоваться уязвимостью актива или группы активов и тем самым нанесет ущерб организации. Уязвимостью будем считать неисполнение бизнес-функции [4]. А оценка риска – процесс нахождения, составления перечня и описания элементов риска. Поскольку в предложенной модели вычисляется вероятность отказа бизнес-процессов при невыполнении ресурсами собственных бизнес-функций по формуле (1), то, по определению, это и будет вероятностная оценка риска информационной безопасности. Учитывая, что проведена количественная оценка ценности ресурса компании [4], благодаря модели можно оценить риск информационной безопасности. Модель возможно использовать для идентификации рисков информационной безопасности, связанных с возможным невыполнением критичной бизнес-функции.

Таким образом, предложенная модель позволяет эффективно идентифицировать критичные для компании бизнес-ресурсы, а также связанные с ними риски информационной безопасности. Несмотря на то, что модель является рабочей, такая оценка критичности и рисков может быть неточной, поэтому необходимо учитывать переходные воздействия. Задача нахождения взаимодействий ресурсов и встраивания их в предложенную модель будет решена в дальнейших публикациях.

Библиографический список

1. Анализ рынка ИБ в России. Ч. 1 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Market_Analysis/analysis-information-security-market-russia-part-1 (дата обращения: 17.05.2019).
2. Баранова Е.К. Методики анализа и оценки рисков ИБ // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. – № 1(9). – С. 73–79.
3. Информационная безопасность и бизнес-процессы компании [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/informatsionnaya-bezopasnost-i-biznes-protsessy-kompanii> (дата обращения: 15.01.2019).
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности.

Сведения об авторах

Шльков Алексей Игоревич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: thekingofthedas@gmail.com

Шабуров Андрей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: shans@at.pstu.ru

About the authors

Shlykov Alexey Igorevich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: thekingofthedas@gmail.com

Shaburov Andrey Sergeevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation and Telemechanics Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: shans@at.pstu.ru

МОДЕЛЬ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНОГО СРЕДСТВА СКАНИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ КОНТЕЙНЕРОВ В ИНФРАСТРУКТУРЕ KUBERNETES

С.П. Хиков

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Приводится описание разработанной модели выбора эффективного средства сканирования изображений контейнеров в инфраструктуре, основанной на Kubernetes.

Ключевые слова: Kubernetes, средство защиты информации, виртуализация на уровне операционной системы.

MODEL FOR SELECTION AN EFFECTIVE MEAN OF SCANNING CONTAINERS IMAGES IN KUBERNETES INFRASTRUCTURE

S.P. Khikov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article describes the developed model for select an effective mean of scanning container images in an infrastructure based on Kubernetes.

Keywords: Kubernetes, information security tool, OS-level virtualization.

Сегодня Kubernetes является лидером в области управления контейнерами по данным исследования Sysdig [1], и доля его использования, по сравнению с другими системами, растет. Kubernetes позволяет автоматизировать развертывание, масштабирование, управление контейнерами, также запускать их на множестве хостов и выполнять балансировку нагрузки [2].

Виртуализация на уровне операционной системы – метод виртуализации, при котором ядро операционной системы хоста используется для создания независимых параллельно работающих операционных сред, называемые контейнерами [3]. Контейнер представляет собой средство инкапсуляции приложения вместе с его зависимостями.

Изображение (образ) контейнера содержит все необходимое для запуска приложения: код, среду выполнения, системные инструмен-

ты, системные библиотеки и настройки. Изображения контейнеров становятся контейнерами во время выполнения.

Изображения контейнеров могут содержать уязвимости. Это подтверждают проведенные исследования. Так в статье [4] было проанализировано содержимое изображений, доступных для загрузки из внешнего репозитория (Docker Hub), с точки зрения безопасности. Результаты показали, что 36% официальных изображений содержат высокоприоритетные CVE-уязвимости. В другой работе [5] авторы также анализировали изображения из Docker Hub с использованием фреймворка DIVA (Docker Image Vulnerability Analysis). Исследование показало, что в 350 тыс. изображений, официальных и неофициальных, содержится в среднем более 180 уязвимостей. Кроме того, многие из них не обновлялись в течение продолжительного периода.

Если запустить контейнер, содержащий вредоносный код или уязвимости, то потенциально этим может воспользоваться злоумышленник и завладеть контейнером, или причинить иной ущерб, а механизмы безопасности Kubernetes не смогут защитить систему [6].

Для того, чтобы этого избежать, используют определенные средства защиты информации – средства сканирования изображений контейнеров. Они позволяют проводить анализ программного обеспечения, которое содержится в изображении, и идентифицировать известные уязвимости.

К текущему моменту времени на рынке появились различные средства сканирования контейнеров как от крупных фирм (Red Hat Inc., Aqua Security Software Ltd., Sysdig Inc. и других), так и от небольших. Однако подобрать эффективное средство непросто, поскольку при выборе нужно учитывать различные их параметры, а на электронных страницах продуктов они не указаны.

Для того чтобы это сделать, была разработана модель выбора средств сканирования, которая позволяет определить наиболее эффективное из них. Под эффективностью средства будем понимать степень достижения максимальных показателей при проведении сканирования. То есть чем ближе показатели к максимальным, тем эффективнее средство.

Модель разрабатывалась на основе модели многокритериального выбора лучшей альтернативы при определенности, относящейся к теории принятия решений [7]. Она выглядит следующим образом.

Дано:

– множество альтернатив X , состоящее из n средств сканирования изображений контейнеров:

$$X = \{x_1, \dots, x_n\}, \quad (1)$$

– множество критериев оценки эффективности Z , состоящее из $m = 3$ характеристик:

$$Z = \{z_1, \dots, z_m\}, \quad (2)$$

а именно:

– количество найденных уязвимостей – главный критерий, который отражает предназначение средств сканирования;

– потребляемые ресурсы. Выбран в качестве критерия из-за того, что средство не должно мешать работе системы и отнимать много ее ресурсов;

– время, затраченное на сканирование. Выбран в качестве критерия из-за того, что могут предъявляться требования к скорости проверки контейнеров, так как это сказывается на времени их ввода в эксплуатацию;

– альтернативы x_k ($k = 1, \dots, n$) обладают m критериями – Z_1, \dots, Z_m ;

– каждому i -му ($i = 1, \dots, m$) критерию z_i альтернативы x соответствует критериальная оценка $z_i = f_i(x)$ – локальный критерий (локальные критерии или заранее известны, или могут быть получены по результатам экспериментов);

– каждой альтернативе x соответствует в m -мерном критериальном пространстве Z решение (точка) Z :

$$z = (z_1, \dots, z_m) = (f_1(x), \dots, f_m(x)) \in R^m \quad (3)$$

– отображение множества X в критериальное пространство Z порождает в этом пространстве множество решений Z_x , являющееся образом множества X :

$$X \xrightarrow{(f_1(x), \dots, f_m(x))} Z_x \subset Z = R^m \quad (4)$$

Решая задачу выбора, требуется выбрать одну из возможных альтернатив (средство сканирования) x^* , где $x^* \in X$, в качестве наилучшего решения, при этом учитывая наше представление об эффективности.

Математически представление об эффективности можно трактовать с помощью принципов оптимальности. Для нашего случая был выбран принцип идеальной точки. Он выражает желание найти решение, ближайшее (в пространстве параметров) к идеальной точке z^I [7], то есть средство, у которого характеристики лучше по всем критериям в сравнении с другими альтернативами.

Идеальную точку выбрали, как вектор максимальных значений каждого из критериев в отдельности:

$$z^I = (z_1^I, \dots, z_m^I)^T = \left(\max_{x \in X} f_1(x), \dots, \max_{x \in X} f_m(x) \right)^T \quad (5)$$

Тогда лучшей альтернативой будет считаться та, для которой выполняется условие:

$$x^* = \arg \min_{x \in X} F(x) = \arg \min_{x \in X} \sum_{i=1}^m \mathcal{Y}_i^2 (z_i^I - f_i(x))^2 \quad (6)$$

где $F(x)$ – целевая функция; \mathcal{Y}_i – относительная важность критерия i -го критерия.

С помощью разработанной модели можно подобрать эффективное средство сканирования изображений контейнеров. При необходимости в нее возможно вносить корректировки, а именно:

- изменять количество рассматриваемых средств сканирования изображений контейнеров;
- добавлять (изменять) критерии оценки эффективности;
- влиять на важность критерии оценки эффективности, изменяя параметр «относительная важность критерия» в пределах от 0 до 1;
- изменять принцип оптимальности, если не согласны с предложенным представлением об эффективности.

Это делает разработанную модель гибкой и универсальной.

Библиографический список

1. Carter E. 2018 Docker Usage Report [Электронный ресурс] // Sysdig blog, 2018. – URL: <https://sysdig.com/blog/2018-docker-usage-report/> (дата обращения: 20.12.2019).

2. What is Kubernetes? // Kubernetes system website. – URL: <https://kubernetes.io/docs/concepts/overview/what-is-kubernetes/> (дата обращения: 20.12.2019).

3. Колесов А.А. Виртуализация операционных систем и приложений // PC Week/RE. – 2008. – № 10.

4. Gummaraju J., Desikan T., Turner Y. Over 30 % of official images in Docker Hub contain high priority security vulnerabilities [Электронный ресурс] // BanyanOps blog, 2015. – URL: <https://blog.banyansecurity.io/blog/over-30-of-official-images-in-docker-hub-contain-high-priority-security-vulnerabilities> (дата обращения: 20.12.2019).

5. Shu R., Gu X., Enck W. A study of security vulnerabilities on Docker Hub. Proceedings of the Seventh ACM on Conference on Data and Application Security and Privacy. – USA, New York: ACM, 2017. – P. 269–280.

6. Сайфан Д. Осваиваем Kubernetes. Оркестрация контейнерных архитектур. – СПб.: Питер, 2019. – 400 с.

7. Рыков А.С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2009. – 608 с.

Сведения об авторах

Хиков Семен Павлович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: Feg200@yandex.ru

About the author

Khikov Semen Pavlovich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: Feg200@yandex.ru

ВЫБОР БИОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ НЕЯВНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ

П.Д. Субботина, И.И. Безукладников
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрена технология неявной аутентификации. Проанализированы и выбраны биометрические характеристики для построения системы неявной аутентификации.

Ключевые слова: биометрические характеристики, неявная аутентификация.

SELECTION OF BIOMETRIC CHARACTERISTICS FOR CONSTRUCTION OF SYSTEMS OF FRICTIONLESS AUTHENTICATION

P.D. Subbotina, I.I. Bezukladnikov
Perm National Research Polytechnic University, Perm

In this article the frictionless authentication technology is considered. We analyzed and selected biometric characteristics to build an implicit authentication system.

Keywords: biometrics characteristics, frictionless authentication.

Вопросы защиты информации от несанкционированного доступа всегда были и остаются актуальными. Обычные решения для контроля доступа полагаются на аутентификацию для проверки личности пользователя при входе в систему, но ничего не предлагают для решения проблемы, чтобы аутентифицированный пользователь действительно был тем же человеком, который впоследствии использует систему. Без постоянного мониторинга несанкционированные лица имеют возможность взломать исходную сессию пользователя. Неявная аутентификация пытается исправить эту проблему безопасности. Биометрия является привлекательным решением для неявной аутентификации, поскольку она ненавязчива, но все же очень точна. Это позволит быстро обнаружить и заблокировать злоумышленника, а авторизованному пользователю продолжить свою работу.

Схема интеграции методов неявной аутентификации в общий процесс аутентификации пользователей представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема интеграции методов неявной аутентификации в общий процесс аутентификации пользователей

Биометрические характеристики, такие как походка, лицо, нажатие клавиши или голос, измеряются датчиками и аксессуарами. Затем система неявной аутентификации определяет, соответствуют ли эти биометрические признаки законному пользователю или нет. Если значения функции соответствуют эталону, система продолжит обработку новых входящих данных. Однако если система неявной аутентификации выдает отрицательный ответ, система аутентификации попросит пользователя подтвердить свою личность, используя пароль, графический ключ, отпечаток пальца и т.д. Если пользователь сможет подтвердить личность, устройство продолжит работу; в противном случае оно будет заблокировано [1].

При построении системы неявной аутентификации необходимо использовать несколько факторов, т.к. при использовании только одного, возрастает вероятность ложных отказов/срабатываний. А также многофакторные системы менее уязвимы для обмана, поскольку злоумышленнику будет трудно одновременно подделать множество биометрических признаков.

Биометрические характеристики делятся на два типа: физиологические и поведенческие [2].

В таблице приведен сравнительный анализ основных биометрических характеристик по важным для построения системы аутентификации параметрам [3–6].

Сравнение биометрических характеристик

Биометрическая характеристика	Сложность скрытой проверки	Стоимость	Надежность
Физиологические характеристики			
Отпечатки пальцев	Средняя	Средняя	Средняя
Сетчатка глаза	Высокая	Высокая	Высокая
Распознавание черт лица	Средняя	Средняя	Низкая
Поведенческие характеристики			
Клавиатурный почерк	Низкая	Низкая	Средняя
Мимика	Средняя	Средняя	Средняя
Особенности работы с мышью	Низкая	Низкая	Низкая
Голос	Низкая	Низкая	Средняя

Для неявной аутентификации применимы поведенческие характеристики, так как при их использовании пользователю не потребуется совершать каких-либо дополнительных действий (не нужно считать отпечаток пальца или радужку глаза), они просты в реализации, имеют низкую стоимость.

Самыми оптимальными для построения системы неявной аутентификации характеристиками являются клавиатурный почерк, признаки лица, получаемые со стандартной веб-камеры. Стоимость системы разграничения доступа на основе такой технологии будет на порядок ниже, так как защита строится на основе стандартного оборудования компьютера. Информативность этих признаков зависит от длительности наблюдения: чем дольше осуществлялся скрытый мониторинг пользователя компьютерной системы, тем больше информации имеется для его идентификации.

Система неявной аутентификации будет быстрее вычислять злоумышленника, так как в отличие от стандартных методов аутентификации (например, ввод пароля) проверка выполняется непрерывно, а не только при входе.

Системы и сервисы, в которых применяется неявная аутентификация, являются перспективными для разработчиков, так как они намного привлекательнее для пользователя и быстрее реагируют на злоумышленника, чем традиционные методы аутентификации.

Библиографический список

1. Preuveneers D., Joosen W. Smartauth: Dynamic context fingerprinting for continuous user authentication // Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on Applied Computing. – New York: ACM. – 2015. – С. 2185–2191.

2. Аутентификация. Теория и практика обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам: учебное пособие для вузов / А.А. Афанасьев, Л.Т. Веденьев, А.А. Воронцов [и др.] / под ред. А.А. Шелупанова, С.Л. Груздева, Ю.С. Нахаева. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009.

3. Ponen J. Keystroke Dynamics [Электронный ресурс] // Lapreeranta University of Technology. – 2008. – URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/44d1/0159b662f7551e4a8b7de1f00a786ec17da9.pdf> (дата обращения: 26.12.2018).

4. Скубицкий А.В. Анализ применимости метода реконструкции динамических систем в системах биометрической идентификации по клавиатурному почерку // Инфокоммуникационные технологии. – 2008. – Т. 6. – № 1.

5. Болл Руд М. Руководство по биометрии. – М.: Техносфера, 2007. – 368 с.

6. Sigmund M. Spectral Analysis of Speech under Stress // Int. Journal of Computer Science and Network Security. – 2007. – Vol. 7. – P. 170–172.

Сведения об авторах

Субботина Полина Дмитриевна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: polyuch@gmail.com

Безукладников Игорь Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: corrector@at.pstu.ru

About the authors

Subbotina Polina Dmitrievna – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: polyuch@gmail.com

Bezukladnikov Igor Igorevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor Department of Automation and Telemechanics Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: corrector@at.pstu.ru

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АУТЕНТИФИКАЦИИ И АВТОРИЗАЦИИ В MESH-СЕТЯХ

А.Н. Каменских, К.В. Филимонов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Развитие телекоммуникационных технологий и значительный рост количества устройств неминуемо влечёт к появлению децентрализованных mesh сетей. Они используются для повышения отказоустойчивости информационной системы, обеспечения связи с труднодоступными регионами, решения проблемы «узкого горлышка» при большом количестве клиентов и др. Одной из немаловажных проблем является проблема безопасности в mesh сетях, а конкретно – вопросы авторизации/аутентификации. Каким образом в условиях автономных/децентрализованных системах добиться наилучшего распределения ресурсов и внимания? Как не допустить наличие уязвимых участков сети? В рамках данной работы будут рассмотрены основные механизмы обеспечения аутентификации и защищённого туннельного соединения на базе VPN клиента TINC.

Ключевые слова: информационная безопасность, mesh-сети, аутентификация, доверие.

METHODS OF PROVIDING AUTHENTICATION AND AUTHORISATION IN MESH NETWORKS

A.N. Kamenskikh, K.V. Filimonov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

Both the development of network technologies and significant increase in device quantity was led in appearance of decentralized network such as mesh technology. Mesh networks is used to increase reliability of information system through providing of fault-tolerance. Moreover, mesh network can be used to decrease influence of "bottleneck". The new technology also has problems with information security. One of the biggest problem is authentication. The big question is how in decentralized network provide authentication of hosts without central server? In addition, well know rule "the security of system is equal to security of weakest node". This is another big problem of mesh networks. In this paper, the problems in security of mesh networks will be investigated. The first step is to develop laboratory stand based on VPN client "TINC" is proposed.

Keywords: information security, mesh network, authentication, trustiness.

Большую часть времени информационные технологии и интернет развивались по централизованной модели (рис 1). Этому способствовало несколько причин:

1. Интернет как государственный проект.
2. Относительная простота управления.

Тем не менее, со значительным ростом числа передаваемой информации и мощности компьютерных вычислений старые методы и протоколы уже не в силах сдерживать нагрузку. Как результат, появляются децентрализованные mesh-сети (рис. 2).

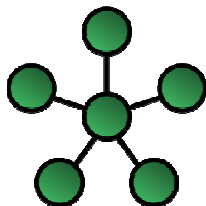


Рис. 1. Централизованная модель

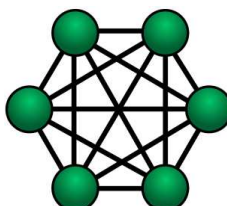


Рис. 2. Децентрализованная модель

Mesh-сеть – тип сетевой топологии, в котором узлы (ноды) связывается друг с другом напрямую, динамически и без иерархических связей, причём связь составляется с наибольшим количеством узлов. Отсутствие зависимости от одного единственного узла позволяет всем нодам принимать участие в распределении информации. Mesh сети самоорганизуются, самонастраиваются, что положительно сказывается на стоимости развёртывания. Возможность самоорганизации позволяет повысить отказоустойчивость всей системы. Переход от одной модели сети к другой сильно влияет на используемые методы и способы обеспечения безопасности всей инфраструктуры. Изменяется количество точек отказа, повышается суммарное количество внимания на поддержание работоспособности всех узлов, появляется проблема доверия. Как раз об этом мы поговорим подробнее. Говоря о доверии, стоит ввести несколько очень важных определений [1–3].

Аутентификации – процедура проверки подлинности. К примеру, проверка того, что введённый пользователем пароль совпадает с хранящимся в базе данных, или же сопоставление цифрового отпечатка.

Идентификация – присвоение идентификатора субъекту или объекту, или сопоставление предоставленного идентификатора с уже существующими. Например, идентификация по штрих-коду или создание идентификатора для новых сотрудников.

Авторизация – это процедура определения прав/привилегий доступа. Пример, предоставление пользователю права на чтение или предоставление администратору права на редактирование.

Аутентификация является важнейшим процессом в информационной безопасности, поскольку успешное прохождение контроля означат, что субъект получит некоторое количество прав доступа в систему. Само собой, даже в межличностных отношениях гораздо проще вести дела с человеком, если ты полностью уверен, что этот человек – тот, за кого себя выдаёт. Именно поэтому мы должны уделять особое внимание этой процедуре.

В централизованных сетях проблема доверия к узлам решена с внедрением центров сертификации (CA). Это значит, что ответственность ложится на некоторое ограниченное количество серверов. Доверие в данном случае, определяется статусом сервера и честным словом. Однако в сфере IT нам запрещено просто полагаться на доверие. В таком случае, возникает ещё одна проблема «контролёра». На текущий момент эта проблема ещё не решена.

В децентрализованных сетях мы не можем доверять центрам сертификации по определению. Следовательно, мы должны предпринимать иные методы аутентификации. Известные решения:

DKEM – протокол, основанный на обмене ключами с привязкой к личности, но без привязки к центрам сертификации при генерации приватных ключей. Вместо этого данная задача «ложится на плечи» ряда узлов mesh-сети. Участники сами генерируют приватные ключи друг для друга [1].

MobiSEC – расширяет возможности стандарта E802.11i, используя возможности mesh-роутеров; после подключения к точке доступа в качестве клиента, новый mesh маршрутизаторы аутентифицируются на центральном сервере и получают временный ключ, который используется как для подтверждения их учетных данных соседним узлам, так и для шифрования всего трафика, передаваемого по беспроводным магистральным линиям [2].

DSA-Mesh – полностью распределенная архитектура безопасности, которая предоставляет управление доступом для mesh-роутеров и, в том числе, схему распределения ключей шифрования на втором уровне модели OSI с целью обеспечения безопасности и конфиденциальности всех коммуникаций, возникающих внутри сети [3].

Для обеспечения эффективной маршрутизации в mesh-сетях используется протокол распределённых хеш-таблиц (DHT). Таблица ключ-значение – этот протокол легко масштабируется, так как отпадает необходимость в переносе карты сети на все узлы. Также mesh-сети

используют технологии «узел к узлу» (P2P), разделение ресурсов между друг другом, что отлично позволяет балансировать нагрузку.

В ходе данной работы мы будем использовать mesh-протокол *Yggdrassil*. *Yggdrassil* – это ранняя реализация полноценной *IPv6* сети с шифрованием типа «точка-точка». Она легковесная, саморазвёртываемая и кроссплатформенная; позволяет коммуницировать с помощью *IPv6* протокола с другими узлами *Yggdrassil* сети. Эта сеть не требует от вас наличия выделенного *IPv6* адреса, так как может работать поверх интернета. Мы выбрали *Yggdrassil*, так как не менее известный проект *CJDNS* на сегодняшний день развивается уже не так быстро, кроме того, в рамках данного проекта продвигались идеи о централизации. *Yggdrassil* является ответвлением *CJDN* и активно поддерживается сообществом. В качестве приложения мы будем использовать легковесный и открытый VPN клиент *TINC*, в котором уже встроены механизмы маршрутизации в mesh-сетях. Технология частных сетей очень полезна при проектировании изолированных сегментов сети. В качестве инфраструктуры будет использовано несколько маломощных роутеров с открытой прошивкой *OpenWRT*, в который уже интегрированы модули mesh-сетей. Технические характеристики:

1. D-Link DIR-300, B5, ver 1.2.1, 350 MHz, 4 MB Flash, 32 MB RAM, b/g/m
2. D-Link DIR-620, B1, ver 0.0.3,
3. D-Link DIR-300, A1, ver 2.0.4,
4. D-Link DIR-300A, A1, ver 2.5.5,
5. D-Link DIR-300A, A1, ver 2.5.5,
6. TP-Link TL-WR740(RU), ver 4.2.5,

Узлы будут соединены друг с другом максимально возможным количеством вариантов, затем мы будем тестировать отказоустойчивость путём исключения элементов из логической сети. На сегодняшний момент существует ясное понимание того, что внедрение децентрализованных систем необходимо для развития информационных технологий. Но тем не менее, нужно прекрасно понимать важность информационной безопасности в информационных технологиях. Нашей следующей задачей является реализация одного из вышеперечисленных протоколов с использованием инфраструктуры.

Библиографический список

1. Altop D.K., Bingöl M.A., Levi A., Savaş, E. (2017). DKEM: Secure and efficient distributed key establishment protocol for wireless mesh networks. *Ad Hoc Networks*, 54, 53-68. DOI: 10.1016/j.adhoc.2016.10.001

2. Martignon F., Paris S., Capone A. (2008). Sp 1-100. MobiSEC: A novel security architecture for wireless mesh networks. DOI: 10.1145/1454586.1454593

3. Martignon F., Paris S., Capone A. (2011). Sp 1-100. DSA-mesh: a distributed security architecture for Wireless Mesh Networks DOI: 10.1002/sec.181

Сведения об авторах

Каменских Антон Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: antoshkinoinfo@yandex.ru

Филимонов Кирилл Вадимович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: filimonov_kirill@protonmail.com

About the authors

Kamenskikh Anton Nikolaevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor Department of Automation and remote control, Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: antoshkinoinfo@yandex.ru

Filimonov Kirill Vadimovic – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: filimonov_kirill@protonmail.com

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ РАДИОИНТЕРФЕЙСА 5G NEW RADIO

А.В. Никитин, С.А. Тюрин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрен способ расчета пропускной способности базовой станции для сетей пятого поколения и описаны параметры, влияющие на пропускную способность.

Ключевые слова: мобильные сети, 5G, радиointерфейс, пропускная способность, базовая станция.

THROUGHPUT RADIO INTERFACE 5G NEW RADIO

A.V. Nikitin, S.A. Tyurin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article discusses a method for calculating the throughput of a base station for 5G NR networks and describes the parameters that affect throughput.

Keywords: mobile networks, 5G, radio interface, throughput, base station.

5G NR – это технология радиодоступа для стандартов мобильных сетей пятого поколения. В настоящий момент происходит активное тестовое внедрение технологии по всему миру [1], даже с учетом того, что стандарт 5G NR еще не завершен, а выпуск 16-го релиза запланирован на конец 2019 г.

Коммерческое использование 5G в России запланировано на 2022 год [2], в связи с этим российские предприятия должны активно заниматься разработкой и внедрением новой технологии.

Однако в российском научном сообществе отсутствуют материалы, посвященные планированию и внедрению 5G NR. Поэтому возникает необходимость рассмотреть планирование мобильных сетей пятого поколения.

Целью данной статьи является демонстрация расчета пропускной способности базовой станции (БС) сети 5G NR. Для этого требуется: 1) рассмотреть технические особенности 5G NR, от которых зависит пропускная способность БС; 2) проанализировать формулу расчета скорости передачи данных в спецификации 3GPP 38.306 [3].

Сети 5G позволяют значительно расширить функциональность мобильных сетей по сравнению с сетями предыдущих поколений. Существует три основных направления применения сетей пятого поколения: 1) увеличение пропускной способности; 2) уменьшение задержки и повышение надежности межмашинных соединений; 3) обеспечения подключения большого количества низкоскоростных устройств. Все это достигается за счет увеличения спектра частот, использования более высокого порядка модуляции и модифицированной технологии мультиплексирования, а также поднесущих с различной шириной спектра и массивных MIMO-антенн.

В спецификациях 38 серии 3GPP обозначены два блока частот FR1 и FR2 [4]. Полосы частот в блоке FR1 (450–7 125 МГц) предусмотрены для передачи традиционного трафика сотовой связи. Более высокие частоты в блоке FR2 (24 250–52 600 МГц) ориентированы на малый радиус действия и высокую скорость передачи данных. Для разделения канала нисходящего (DL) и восходящего (UL) направлений применяется частотный (FDD) и временной (TDD) дуплекс – в зависимости от используемой несущей.

В 5G NR используются следующие виды модуляции – $\pi/2$ -BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM. Более высокий порядок модуляции позволяет повысить скорость передачи данных.

Основа системы радиодоступа сети 5G NR – технология мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). В нисходящем направлении от БС к абонентскому терминалу используется простой метод CP-OFDM (Cyclic Prefix OFDM), при котором каждый пользовательский канал на определенном временном интервале состоит из совокупности параллельно излучаемых сигналов на множестве поднесущих частот. В восходящем направлении от абонентского терминала к БС возможны два варианта – CP-OFDM и DFT-s-OFDM [5]. Циклический префикс (CP) в OFDM предназначен для уменьшения влияния разброса задержки и межсимвольных помех. Благодаря CP создается буфер, который защищает OFDM-сигнал от межсимвольных помех, но это способствует уменьшению скорости передачи данных.

Использование масштабируемого показателя (μ) для OFDM позволяет больше не иметь фиксированного значения 15 кГц для разнесения поднесущих. Разнесение поднесущих определяется формулой $2^\mu \cdot 15$ кГц. Масштабируемое разнесение поднесущих позволяет

варьировать длительность слота для повышения надежности, пропускной способности и уменьшения задержек на разных уровнях обслуживания [6].

Нововведение 5G – массивные MIMO антенны (massive MIMO). В массивной системе MIMO с большими антенными решетками сигнал может регулироваться как по азимуту, так и по вертикали, что позволяет обеспечить лучшую фокусировку энергии (Beamforming) и точность направления на конкретное терминальное устройство, тем самым уменьшая межсотовые помехи и поддерживая пространственное мультиплексирование с большим количеством абонентских устройств [7].

В спецификации 3GPP TS 38.306 «NR; User Equipment (UE) radio access capabilities» приведена формула расчета пропускной способности абонентского оборудования (1). Пропускная способность ячейки зависит от тех же параметров, что и пропускная способность абонентского оборудования. В случае, когда абонентское устройство использует все физические ресурсные блоки ячейки, мы можем применить формулу (1) для расчета пропускной способности БС.

На основе технологий, упомянутых выше, произведем расчет пропускной способности базовой станции (BS) для направления DL с частотным дуплексом. В нашем примере примем количество ячеек в БС (C) равным 1.

Далее на основе формулы (1) для данного количества агрегированных несущих в полосе или комбинации полос найдем пропускную способность ячейки:

$$\text{data rate (Mbps)} = 10^{-6} \cdot \sum_{j=1}^J \left(v_{\text{Layers}}^{(j)} \cdot Q_m^{(j)} \cdot f^{(j)} \cdot R_{\text{max}} \cdot \frac{N_{\text{PRB}}^{BW(j), \mu} \cdot 12}{T_s^{\mu}} \cdot (1 - OH^{(j)}) \right), \quad (1)$$

где J – это количество объединенных несущих, позволяет увеличить общую пропускную способность при использовании одновременно нескольких частот (использование каналов с большей шириной). Максимальное количество объединённых несущих в рекомендации 3GPP TS 38 серии равно 16; $v^{(j)}$ – максимальное количество потоков MIMO (8 для DL, 4 для UL); $Q_m^{(j)}$ – порядок модуляции (QPSK-2, 16QAM-4, 64QAM-6, 256QAM-8); $f^{(j)}$ – масштабируемый фактор, применяется к полосе частот для вычисления максимальной скорости передачи данных (может принимать значения 1, 0,8, 0,74, 0,4). Параметр со значением 1 означает, что масштабирование не используется;

$BW^{(j)}$ – полоса пропускания и нумерология; $N_{PRB}^{BW^{(j)},\mu}$ – количество ресурсных блоков для полосы частот и нумерологии; R_{\max} – скорость кодирования; 12 – количество смежных поднесущих частот в одном ресурсном блоке; $OH^{(j)}$ – накладные расходы для каналов управления. Принимает значения 0,14; 0,18; 0,08 или 0,10 в зависимости от использованного блока частот и направления передачи (DL или UL); $T_s^{\mu}=(10^{-3})/(14 \cdot 2^{\mu})$ – средняя длительность символа OFDM в подкадре для значения $\mu(i)$ для нормального циклического префикса.

Взаимосвязь частотно-временных параметров формулы 1 показана на рисунке.

Рассчитаем пропускную способность БС, а также учтем, что по заявлениям разработчиков спецификации скорость передачи данных в направлении DL должна составлять до 20 Гбит/с.

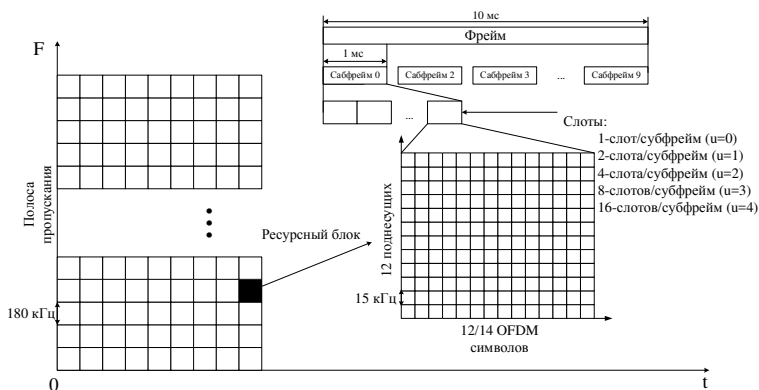


Рис. Фреймовая структура и ресурсная сетка в 5G NR

Чтобы это получить, выберем исходные параметры для разных вариантов применения сети 5G NR (таблица), например, для повышения надежности передачи данных будем использовать минимальную скорость кодирования, а для увеличения пропускной способности – максимальную, а также более высокую степень модуляции.

Для увеличения скорости передачи данных целесообразно использовать наибольшее количество потоков MIMO и «узкие» поднесущие, а для уменьшения задержки целесообразно использовать поднесущие с широким спектром при меньшей длительности символа.

Результаты пропускной способности БС

Область применения	eMMB (Enhanced Mobile Broadband) – сверхширокополосная мобильная связь										
Исходные данные	BS	C	J	$v^{(j)}$	$Q_m^{(j)}$	$f^{(j)}$	$N_{PRB}^{BW(j),\mu}$	R_{max}	T_s^{μ}	$OH^{(j)}$	
	1	1	4	4	6	1	270	0.925	0.00007	0.14	
Скорость БС	3 535 Mbps										
Область применения	URLLC (UltraReliable and Low-Latency Connection) - сверхнадежная межмашинная связь с низкими задержками										
Исходные данные	BS	C	J	$v^{(j)}$	$Q_m^{(j)}$	$f^{(j)}$	$N_{PRB}^{BW(j),\mu}$	R_{max}	T_s^{μ}	$OH^{(j)}$	
	1	1	1	8	2	1	65	0.117	0.000018	0.14	
Скорость БС	70 Mbps										
Область применения	mMTC (Massive Machine-Type Connections) – массовая межмашинная связь										
Исходные данные	BS	C	J	$v^{(j)}$	$Q_m^{(j)}$	$f^{(j)}$	$N_{PRB}^{BW(j),\mu}$	R_{max}	T_s^{μ}	$OH^{(j)}$	
	1	1	2	2	2	1	133	0.663	0.000036	0.14	
Скорость БС	202 Mbps										

Полученные значения совпадают со значениями, заявленными разработчиками. Значение пропускной способности БС необходимо оценивать не только количественно, но и качественно, в зависимости от того, на какую услугу ориентирована сеть, в этом и заключается основной подход к планированию сетей пятого поколения.

В данной работе приведен расчет пропускной способности БС сетей 5G NR, рассмотренный пример будет полезен специалистам в области мобильной связи, а также учащимся направлений в области телекоммуникаций. Дальнейшая работа в этом направлении заключается в рассмотрении остальных параметров планирования беспроводных сетей применительно к мобильным сетям пятого поколения: радиочастотное планирование, энергетический расчет, расчет оборудования ядра сети.

Библиографический список

1. Развитие сетей 5G в мире [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Развитие_сетей_5G_в_мире (дата обращения: 28.09.2019).
2. Развитие сетей 5G в России [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Развитие_сетей_5G_в_России (дата обращения: 28.09.2019).
3. NR; User Equipment (UE) radio access capabilities [Электронный ресурс]. – URL: <http://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3193> (дата обращения: 28.09.2019).

4. 3GPP Specification series [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.3gpp.org/DynaReport/38-series.htm> (дата обращения: 28.09.2019).

5. Структура радиointерфейса сети 5G-NR [Электронный ресурс]. – URL: <http://itechinfo.ru/content/сеть-радиодоступа-5g-часть-2> (дата обращения: 28.09.2019).

6. Проектирование новых средств радиосвязи стандарта 5G New Radio – проблемы и пути решения [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.amerit.nnov.ru/uploads/lib/5992-2707RURU.pdf> (дата обращения: 28.09.2019).

7. Технологии ММО в современных сетях сотовой связи [Электронный ресурс]. – URL: <http://blog.huawei.ru/technology> (дата обращения: 28.09.2019).

Сведения об авторах

Никитин Алексей Владимирович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: alexey92@hotmail.com

Тюрин Сергей Александрович – старший преподаватель кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: tiurinsa@yandex.ru

About the authors

Nikitin Aleksey Vladimirovich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: alexey92@hotmail.com

Tyurin Sergey Aleksandrovich – Senior Lecturer of the Department of the Automatics and Telemechanics Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: tiurinsa@yandex.ru

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ A-GPS ДЛЯ ПРИЕМНИКОВ ФИРМ U-BLOX И MEDIATEK

В.С. Кожевников, С.А. Тюрин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрена технология A-GPS и ее реализация для GPS-приемников фирм U-Blox и MediaTek.

Ключевые слова: приёмник, AssistNow, MTK, U-box.

COMPARISON OF A-GPS TECHNOLOGIES FOR RECEIVERS FROM U-BLOX AND MEDIATEK

V.S. Kozhevnikov, S.A. Tyurin

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article discusses A-GPS technology and its implementation for GPS receivers from U-Blox and MediaTek.

Keywords: receiver, AssistNow, MTK, U-box.

Глобальная спутниковая навигационная система в наше время нашла самое широкое применение, в частности – в навигаторах, где она объединена и привязана к электронным картам. Такая технология позволяет не только определять координаты местонахождения абонента, но и планировать маршрут передвижения в соответствии со способом перемещения и другими исходными требованиями. Многие модели мобильных телефонов оснащаются GPS-приёмником. Сочетание мобильной связи с системой глобального позиционирования GPS привело к созданию новой вспомогательной технологии – A-GPS (Assisted GPS), которая предполагает использование интернета для улучшения качества работы базовой системы позиционирования по двум направлениям [1]. Во-первых, GPS-приемник после включения первым делом определяет местоположение спутников. Иногда обнаружение доступных спутников может быть затруднено и занять длительное время (например, в зданиях, тоннелях). Даже на открытом воздухе в крупных городах с плотной застройкой могут наблюдаться перебои со спутниковым сигналом. При помощи техно-

логии A-GPS информация о месторасположении спутников запрашивается через сеть интернет в специальных дата-центрах. Во-вторых, для повышения производительности в отношении времени запуска, чувствительности и энергопотреблении [1]. Отправка полученных предварительных значений в дата центры и получение готовых координат может существенно ускорить процесс первоначального позиционирования. Кроме этого, доступ к интернету может использоваться для других целей. Это могут быть, например, синхронизация или получение информации об атмосферном состоянии, что может оказать заметное влияние на расчеты [2].

Концепция A-GPS приведена на рис. 1 [2].



Рис. 1. Концепция A-GPS

Существует два режима работы A-GPS [1]:

- A-GPS Online; технология позволяет по наземным каналам связи, получать координаты спутников. При этом не сохраняя эти данные в памяти приёмника или во флеш-памяти. Требуется постоянное скачивание данных с периодичностью 2–4 ч.

- A-GPS Offline; технология позволяет получать по наземным каналам связи координаты спутников. Данный режим требует наличия встроенной памяти в приёмнике либо флеш-накопителя, на который бы производилась загрузка координат спутников на несколько дней, а впоследствии происходила при необходимости загрузка в сам приёмник координат в конкретный момент времени.

Мы рассмотрели сходства и отличия приёмников, работающих по технологии A-GPS Offline, от двух производителей: U-BLOX

и MediaTek. У каждой компании существует собственное программное обеспечение, которое позволяет загружать данные с сервера и передавать их в приёмник. На рис. 2 изображена модель загрузки данных от сервера A-GPS в GPS-приёмник при помощи ПК, на котором предустановлено программное обеспечение.

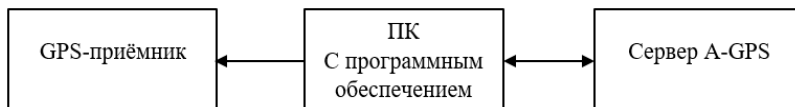


Рис. 2. Модель передачи данных от сервера A-GPS к GPS-приёмнику

Ниже приведены таблицы, в которых сравниваются данные для приёмников, основанных на чипах от компании U-BLOX и MediaTek [3, 4]. В табл. 1 приведено сравнение различных параметров данных для приёмников, использующих GPS совместно с GLONASS.

Таблица 1

Параметры данных U-BLOX и MTK

	AssistNow Offline (U-BLOX)	MediaTek EPO (MTK)
Достоверность данных	До 35 дней	От 6 часов до 30 дней
Частота загрузки данных	Ежедневно или реже	Каждые 6 часов или реже
Размер загрузочных файлов	125 КБ (GPS и GLO 28 дней)	452 КБ (GPS и GLO 28 дней)
Сбор характеристики (время первого определения местоположения)	5–20 сек	5–20 сек
Поиск данных при запуске	Предварительно загруженные данные из локальной памяти	Предварительно загруженные данные из локальной памяти
Протокол сервера	HTTP/HTTPS	HTTP/HTTPS
Адрес сервера	http://alp.u-blox.com/	http://wepodownload.mediatek.com/EPO_GR_3_1.DAT
Протокол передачи в приёмник	UBX Protocol	MTK Binary Protocol
Пользовательский доступ	Требуется регистрация	Требуется регистрация
Программное обеспечение	u-center	EPO Management Tool

В табл. 2, представлены типичные объёмы данных для приёмников с различными периодами действия и использующих GPS совместно с GLONASS.

**Объёмы данных для приёмников использующих GPS
совместно с GLONASS**

Тип сообщения (Группа)	Количество со- общений	Размер сообщения (в байтах)	Размер данных на набор сообщений (в байтах)	Период / Разрешение (дни)	Общий размер данных (в байтах)
UBX-MGA-ANO (GPS+GLONASS)	32 (GPS SVs) + +24 (GLO SVs) = 56	76	4256	1/1	4256
				4 / 1	17024
				14 / 1	59584
EPO (GPS+GLONASS)	32 (GPS SVs) + +24 (GLO SVs) = 56	72	4032 (для 6 час)	1/1	16128
				4/1	64512

На основе вышеизложенных данных можно сделать следующие выводы. Как приёмники, основанные на чипах U-BLOX, так и приёмники, основанные на чипах MTK, передают одинаковое количество сообщений и используют одну группу сообщений (GPS+GLONASS). Концепция передачи данных у рассмотренных компаний одинаковая, но реализация различается – это можно заметить по различию в протоколах загрузки в приёмник. Различие протоколов загрузки свидетельствует о том, что если приёмник использовал для определения местоположение файлы от MTK, то перед реализацией данных от U-BLOX придётся поставить программное обеспечение, предоставляемое фирмой U-BLOX. Кроме того, различие реализации заключается также в несовпадении размеров посылаемых сообщений. Для реализации данных от MediaTek потребуется более объёмная память, чем для данных U-BLOX, так как загрузка файлов для MTK происходит на каждые 6 часов, а для U-BLOX – на каждые сутки. При выборе приёмника стоит учитывать и наличие встроенной флэш-памяти для хранения.

Библиографический список

1. Технологии GPS и A-GPS. – URL: <https://www.mobility.ru/articlereview/gps>
2. João Figueiras, Simone Frattasi. Mobile Positioning and Tracking. – From Conventional to Cooperative Techniques, 2010.
3. GNSS Flash EPO Application Note. – 2017. – 28 с.
4. Multiple GNSS Assistance Services – User Guide / For u-blox GNSS receivers. – 2017. – 29 с.

Сведения об авторах

Кожевников Владислав Сергеевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: vladislavkozhevnickov@yandex.ru

Тюрин Сергей Александрович – старший преподаватель кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: sturin@hiton-p.ru

About the authors

Kozhevnikov Vladislav Sergeevich – Master Student of Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: vladislavkozhevnickov@yandex.ru

Tyurin Sergey Alexandrovich – Senior Lecturer of the Automatics and Telemechanics Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: sturin@hiton-p.ru

СОВРЕМЕННЫЕ НИЗКООРБИТАЛЬНЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

С.В. Гонтовой

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

Рассмотрено современное состояние спутниковых систем связи, детально изучены системы спутниковой связи, построенные на группировках из низкоорбитальных спутников. Также обозначены перспективы на будущее спутниковой связи и наиболее интересные из решений, реализация которых планируется в ближайшие годы.

Ключевые слова: телекоммуникации, спутниковые системы связи, низкоорбитальные спутники, «Iridium».

MODERN LOW-ORBITAL SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS

S.V. Gontovoy

Perm National Research Polytechnic University, Perm

This article discusses the current state of satellite communications systems, explores in detail satellite communications systems built on constellations of low-orbit satellites. Also outlined are the prospects for the future of satellite communications and the most interesting of the solutions that plan to begin their activities in the coming years.

Keywords: telecommunications, satellite communications systems, low orbit satellites, "Iridium".

Телекоммуникации – один из важнейших секторов экономики, который позволяет нормально выполнять свои функции другим отраслям и государству в целом. Телекоммуникационная отрасль во всем мире подвержена постоянному, быстрому развитию. Телекоммуникационные технологии развиваются высокими темпами, возрастает предложение и спрос на высококачественный и разнообразный информационный контент. Спрос появляется даже там, где его ранее не было. Например, в отдалённых регионах, в которых раньше не было даже телефонов, появилась спутниковая связь [1–2].

Спутниковые системы связи представляются одним из преимущественно развивающихся областей обмена информацией. Данный

тип связи свободно применяют в коммерческих, военных и гражданских целях.

Имеется ряд услуг, предоставляемых спутниковыми системами, в их основе лежит передача информации посредством разных ретрансляторов, расположенных на околоземной орбите:

- коммуникация в космосе;
- система глобального геопозиционирования и навигации (GPS);
- персональная спутниковая связь;
- телевизионное вещание;
- телефония и широкополосная передача данных.

Рассмотрим принцип действия спутниковой системы связи.

Системы спутниковой связи и радиовещания – это комплекс оборудования, состоящего из ретрансляторов на орбите и некоторого числа наземных станций. Системы спутниковой связи гарантируют сообщение между пользователями, которые могут находиться в произвольной точке планеты. В общем случае такие системы состоят из трех сегментов: космического (группы космических спутников-ретрансляторов), наземного (наземные станции обслуживания и сопряжения с другими сетями) и пользовательского (терминалы, находящиеся у пользователя). Принцип функционирования спутниковой системы прост – сигнал подается от одной из наземных станций прямо на спутник, с которого он ретранслируется на другие объекты в рамках области покрытия ретранслятора.

Современные системы спутниковой связи принято делить по высоте орбиты спутников космического сегмента: с низкими (до 2000 км), средними (от 2000 до 35786 км), геостационарными (35786 км) и высокими (более 35786 км) орбитами. Чем выше орбита спутников, тем большую область земной поверхности они смогут обслуживать, но временная задержка при передаче сигнала в связи с этим возрастает. В настоящее время системы спутниковой связи организуются на базе низкоорбитального сегмента, что дает возможность достичь более достойного уровня связи, снизить временные задержки сигнала, свести к минимуму размеры оконечных устройств (геостационарные спутники используются с целью теле- и радиовещания). Имеющиеся в настоящее время системы спутниковой связи помимо дуплексной телефонной связи предлагают диапазон добавочных услуг: факсимильная связь, сервис электронных сообщений, служба коротких сообщений, голосовая почта, передача данных. Приведем примеры существующих спутниковых систем:

1) «Гонец» – спутниковая система связи, основным назначением которой является обеспечение связью зон Российской Федерации вне покрытия наземными сетями GSM;

2) «Globalstar» – спутниковая система связи, предназначенная для обеспечения работы спутниковых телефонов и низкоскоростной передачи данных;

3) «Iridium» – единственная система гражданской спутниковой связи, работающая в L-диапазоне (от 1 до 2 ГГц) и покрывающая 100 % поверхности планеты Земля, включая полярные области.

В данной статье мы подробно рассмотрим спутниковую систему связи «Iridium», так как она имеет наибольшее распространение среди всех вышеперечисленных систем [3]. Компания «Iridium» в начале 2019 года завершила замену первого поколения группировки спутников. Выполнив 8 пусков на ракете SpaceX Falcon 9, на орбиту вывели 75 спутников нового поколения «Iridium NEXT». Рабочие орбиты спутников «Iridium NEXT» находятся на низкой околоземной орбите, на высоте 780 км с наклоном 86,4° и периодом обращения около 100 минут, в шести орбитальных плоскостях по 11 аппаратов в каждой. Запасные спутники располагаются на орбите высотой 667 км. Сравнение первого и второго поколений спутников «Iridium» приведено в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение первого и второго поколения спутников «Iridium»

Группировка спутников «Iridium» первого поколения	Группировка «Iridium NEXT»
Телефония: 2,4 Кбит/с	Телефония: 4,8 Кбит/с (HQ) и 2,4 Кбит/с (SQ)
Передача данных короткими пакетами (SBD) Iridium Burst	Передача данных короткими пакетами (SBD) Iridium Burst
Данные LBT (circuit switched data); 2,4 Кбит/с с коммутацией каналов (передача/приём)	Данные LBT (circuit switched data); 2,4 Кбит/с с коммутацией каналов (передача/приём) IP 22-88 Кбит/с (передача/приём)
Широкополосная связь: Iridium OpenPort до 128 Кбит/с	IP Certus Широкополосная связь: 88 Кбит/с (передача/приём) 176 Кбит/с (передача/приём) 352 Кбит/с (передача/приём) 352 Кбит/с (передача) / 704 Кбит/с (приём) 512 Кбит/с (передача) / 1,4 Мбит/с (приём) Потоковая передача данных до 256 Кбит/с
Поддерживает существующие терминалы	Поддерживает существующие и новые терминалы

Вместе с обновлением своей системы связи «Iridium» запустил новую технологическую платформу – Iridium Certus. Это платформа, созданная для разработки различных индивидуализированных приложений, а также единственная во всем мире по-настоящему глобальная широкополосная сеть, предоставляющая доступ в интернет и качественный голосовой сервис. Платформа Iridium Certus предоставляет связь транспортным средствам, поездам, летательным аппаратам и судам в море. Высокая востребованность и огромные перспективы привлекают всё больше новых компаний заняться спутниковыми системами связи. Перечень и основные характеристики продуктов, которые планируется вывести на рынок в ближайшее время, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Системы спутниковой связи ожидаемые в ближайшем будущем

Название	Планируемая дата начала предоставления услуг	Общее количество спутников	Рабочий диапазон радиочастотного спектра	Высота орбиты
«OneWeb»	2020	700	Ка и Ku	800 км и 950 км
«Starlink»	2020	42000	Ка и Ku	от 238 до 580 км
«Сфера»	2022	640	Ка и Ku	870 км

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что на данный момент спутниковые системы связи, построенные на группировках из низкоорбитальных спутников, являются перспективным направлением в области развития телекоммуникаций [4–6].

Существующие на сегодняшний день предложения уже не в силах в полной мере удовлетворить спрос, в связи с чем появляется множество абсолютно новых, во многом превосходящих существующие, низкоорбитальных спутниковых систем связи.

Сейчас ещё рано судить, произойдёт ли кардинальная революция в области спутниковой связи, поэтому остается лишь надеяться, что в будущем проявятся по-настоящему инновационные решения.

Библиографический список

1. Спутниковые системы связи // Связь 2020. – URL: <https://www.sviaz-expo.ru/ru/articles/2016/sputnikovye-sistemy-svyazi/> (дата обращения: 20.12.2019).

2. Лекция: системы телекоммуникаций // StudFiles. – URL: <https://studfile.net/preview/8105185/#4> (дата обращения: 20.12.2019).

3. Iridium Certus // Морская связь – URL: <https://www.marsat.ru/iridium-certus> (дата обращения: 20.12.2019).

4. OneWeb's Satellites Deliver Real-Time HD Streaming from Space // Oneweb. – URL: <https://www.oneweb.world/media-center/onewebs-satellites-deliver-real-time-hd-streaming-from-space> (дата обращения: 20.12.2019).

5. Documents suggest SpaceX may launch 30,000 more Starlink satellites // SPACEFLIGHT NOW. – URL: <https://spaceflightnow.com/2019/10/15/documents-suggest-spacex-may-launch-30000-more-starlink-satellites> (дата обращения: 20.12.2019).

6. В России начали строить завод для сборки спутников системы «Сфера» // РИА Новости. – URL: <https://ria.ru/20191125/1561570779.html> (дата обращения: 20.12.2019).

Сведения об авторе

Гонтовой Семен Викторович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: gontovoyS@yandex.ru

About the authors

Gontovoy Semyon Viktorovich – Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: gontovoyS@yandex.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА НАВИГАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ И СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ

И.Л. Афонин, В.М. Иськив, Ю.П. Михайлюк, А.А. Щекатурин
Севастопольский государственный университет, Севастополь

Описана разработка системы дистанционного мониторинга навигационной обстановки и состояния систем управления судном с использованием канала связи стандарта Wi-Fi. Для достижения данной цели решаются следующие задачи:

- разработка функциональной схемы системы дистанционного мониторинга;
- проведение экспериментальных исследований характеристик каналов связи системы дистанционного мониторинга навигационной обстановки и состояния систем управления судном.

Ключевые слова: дистанционный мониторинг, навигационная обстановка, моделирование структурных схем, цифровая радиоэлектронная система, формирование и передача данных, цифровые телевизионные изображения.

DEVELOPMENT OF SYSTEM OF REMOTE MONITORING OF NAVIGATION SITUATION AND STATE OF SHIP CONTROL SYSTEMS

I.L. Afonin, V.M. Iskiv, Yu.P. Mickhayluck, A.A. Schekaturin
Sevastopol State University, Sevastopol

The aim of the article is to develop a system for remote monitoring of the navigation situation and the state of ship control systems using a Wi-Fi standard communication channel. To achieve this goal, the following tasks are solved:

- development of a functional diagram of a remote monitoring system;
- conducting experimental studies of the characteristics of communication channels of a system for remote monitoring of the navigation situation and the status of ship control systems.

Keywords: remote monitoring, navigation environment, structural modeling, digital electronic system, data generation and transmission, digital television images.

В судостроительной отрасли РФ существует ряд проблем, ограничивающих эффективное освоение рынка научных исследований морской акватории нашей страны, ведущих к отставанию от мировых трендов развития судостроения. В частности, это отсутствие современного электронного оборудования и приборов для повышения

безопасности судоходства, автоматизации процесса управления судами. Настоящая работа представляет собой попытку создания системы, основанной на использовании современных технологий в области судоходства и телекоммуникаций.

Актуальность разработки системы дистанционного мониторинга навигационной обстановки и состояния систем управления судном основывается на анализе общих тенденций развития российской и мировой морской отрасли, тенденциях развития инфокоммуникационных технологий, наличии «дорожной карты» МариНет президентского проекта «Национальная технологическая инициатива».

Система дистанционного мониторинга навигационной обстановки и состояния систем управления судном должна передавать с борта на берег информацию о состоянии судового оборудования, показаниях судовых приборов, а также видеoinформацию о ситуации вокруг судна и звуковую информацию с выносных и внутренних микрофонов. На берегу эта информация должна отображаться в форме, удобной и привычной для восприятия оператором.

На рис. 1 показана разработанная функциональная схема берегового комплекса системы дистанционного мониторинга навигационной обстановки и состояния систем управления судном.

Передача данных осуществляется с использованием канала связи стандарта Wi-Fi.

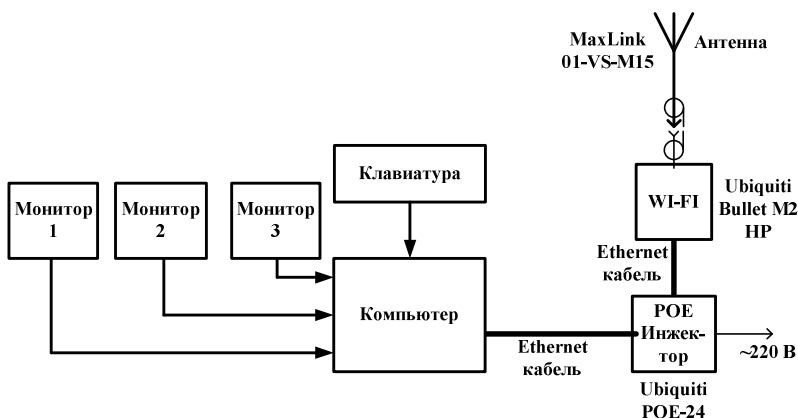


Рис. 1. Функциональная схема берегового комплекса системы дистанционного мониторинга навигационной обстановки и состояния систем управления судном

Обобщенная функциональная схема разработанного бортового комплекса системы дистанционного мониторинга навигационной обстановки и состояния систем управления судном показана на рис. 2.

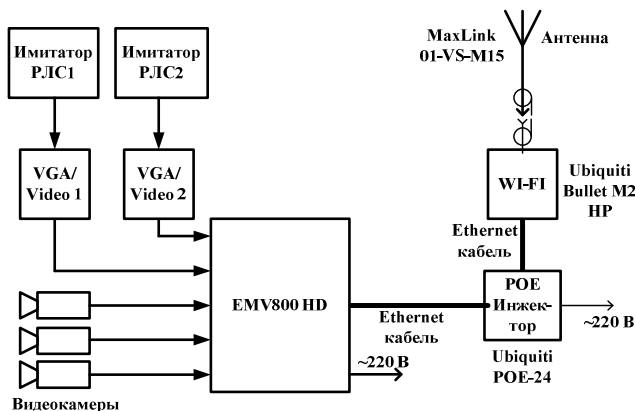


Рис. 2. Обобщенная функциональная схема бортового комплекса

В бортовом комплексе используется восьмиканальный видеорегистратор EMV800 HD [1], который записывает изображение, получаемое от камер формата AHD в максимальном разрешении 1080p, а также стандарта 960H. Данные сохраняются на жёсткий диск видеорегистратора в формате H.264.

С помощью Wi-Fi адаптера Ubiquiti Bullet M2 HP [2] реализованы блоки берегового приёмника и берегового передатчика. В качестве внешнего POE инжектора для Bullet M2 HP используется Ubiquiti POE-24-24W-G [3].

Адаптер Bullet M2 HP работает под управлением программы AirOs. В состав блока формирования сигналов также входят видеоконвертеры VGA-AV (VGA to VIDEO) [4], которые позволяют преобразовывать обычный стандартный сигнал VGA (D-sub), используемый практически во всех мониторах судовых систем радиолокации, навигации, гидролокации и т.д. в видеосигнал Video стандарта PAL или NTSC для регистрации этого сигнала видеорегистратором. Для видеонаблюдения применяются 2Мп IP-камеры в стандартном корпусе Hikvision DS-CD2822F [5].

Антенные системы MaxLink 01-VS-M15 [6] имеют линейную поляризацию, их диаграммы направленности в горизонтальной плоско-

сти изотропные, ширина диаграммы направленности в вертикальной плоскости 7° ; коэффициент усиления антенн 15 dBi.

На основе разработанных функциональных схем изготовлен испытательный стенд бортовой подсистемы и проведен тестовый запуск стенда береговой подсистемы. Получены положительные результаты предварительных испытаний системы.

Результаты экспериментального измерения трафика в канале передачи сигналов системы дистанционного мониторинга навигационной обстановки и состояния систем управления судном для случая статичного и быстроменяющегося изображения показаны на рис. 3.

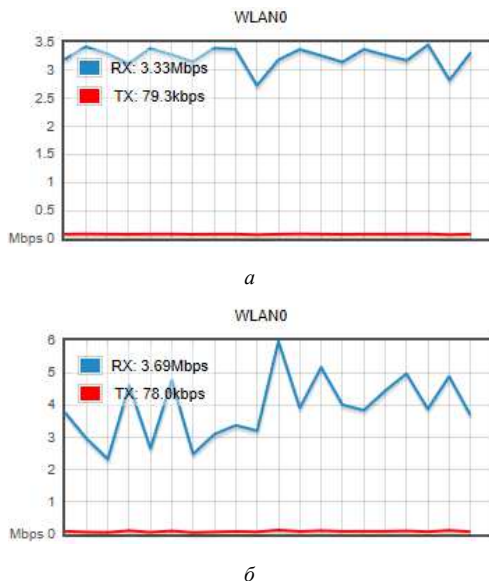


Рис. 3. Результаты измерения трафика средствами программы системы AirOS для случаев: *a* – статичного; *б* – быстроменяющегося изображений

Результаты экспериментальных исследований показали, что величина трафика в канале передачи сигналов системы дистанционного мониторинга навигационной обстановки и состояния систем управления судном не превышает 6 Мбит/с.

Таким образом, разработана система дистанционного мониторинга навигационной обстановки и состояния систем управления

судном с использованием канала связи диапазона Wi-Fi. Результаты экспериментального исследования макета системы мониторинга подтвердили работоспособность предложенных решений.

Библиографический список

1. EverFocus EMV-800FHD [Электронный ресурс]. – URL: <https://everfocus.ru/product/emv-800fhd/> (дата обращения: 02.07.2019).
2. Обзор Bullet M2 HP [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ubnt.ru/review/obzor-bullet-m2-hp-miniaturnaya-moshh.htm> (дата обращения: 02.07.2019).
3. Power over Ethernet Adapters [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ui.com/accessories/poe-adapters/> (дата обращения: 02.07.2019).
4. Преобразование Video в VGA или монитор как телевизор [Электронный ресурс]. – URL: <https://mysku.ru/blog/china-stores/21999.html> (дата обращения: 04.07.2019).
5. Hikvision DS-CD2822F [Электронный ресурс]. – URL: https://hikvision.ru/product/ds_2cd2822f_b (дата обращения: 07.07.2019).
6. Антенна MaxLink 2,4GHz 15dBi [Электронный ресурс]. – URL: https://wifimag.ru/cat/maxlink/antenny_2_4_ggts_vsenapravlennye_2/ (дата обращения: 02.07.2019).

Сведения об авторах

Афонин Игорь Леонидович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Радиоэлектроника и телекоммуникации» Севастопольского государственного университета, Севастополь, e-mail: igor_afonin@inbox.ru

Иськив Владимир Михайлович – старший преподаватель кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» Севастопольского государственного университета, Севастополь, e-mail: v.iskiv@gmail.com

Михайлюк Юрий Петрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электронная техника» Севастопольского государственного университета, Севастополь, e-mail: YPMikhaylyuk@sevsu.ru

Щекатурин Андрей Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» Севастопольского государственного университета, Севастополь, e-mail: pulson2011@gmail.com

About the authors

Afonin Igor Leonidovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Radio Electronics and Telecommunications department Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: igor_afonin@inbox.ru

Iskiv Vladimir Mikhailovich – Senior Lecturer of the Radio Electronics and Telecommunications department Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: v.iskiv@gmail.com

Mickhayluck Yuriy Petrovich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Electronic Engineering department Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: YPMikhaylyuk@sevsu.ru

Schekaturin Andrey Alekseevich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Radio Electronics and Telecommunications department, Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: pulson2011@gmail.com

ПРОТОКОЛЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В БЕСПРОВОДНЫХ MESH-СЕТЯХ

М.А. Матлин, А.В. Гаврилов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь

В современном мире всё большую популярность набирают устройства, поддерживающие стандарт передачи IEEE 802.11s (Wi-Fi Mesh). При передаче информации между такими устройствами применяются специальные протоколы маршрутизации, направляющие потоки трафика в нужном направлении. Для получения наибольшей производительности таких устройств необходимо знать особенности протоколов передачи и уметь выбирать подходящий протокол маршрутизации для различных конфигураций сетей.

Ключевые слова: Mesh-сеть, Wi-Fi, протокол маршрутизации, беспроводная сеть.

DYNAMIC ROUTING PROTOCOLS IN WIRELESS MESH NETWORKS

M.A. Matlin, A.V. Gavrilov

Perm National Research Polytechnic University, Perm

In modern world, devices that support the IEEE 802.11s (Wi-Fi Mesh) transmission standard are gaining more and more popularity. When transmitting information between such devices, special routing protocols are used that direct traffic flows in the right direction. To get the best performance from such devices, you need to know the features of the transmission protocols and be able to choose the appropriate routing protocol for various network configurations.

Keywords: Mesh network, Wi-Fi, routing protocol, wireless network.

С развитием технологий увеличивается количество устройств, использующих беспроводную передачу данных. Некоторые из них обладают возможностью организовывать беспроводные Mesh-сети используя различные технологии (Wi-Fi IEEE 802.11s, Bluetooth IEEE 802.15.1, ZigBee IEEE 802.15.4, WirelessHART и др.). Особенностью данных сетей является возможность каждого узла быть источником трафика, его получателем или выполнять функцию маршрутизации. Для правильной передачи такого трафика и используются протоколы маршрутизации.

Можно поделить протоколы динамической маршрутизации, использующиеся в Mesh-сетях, на три группы по принципу их работы:

1. Реактивные;
2. Проактивные;
3. Гибридные.

Реактивные протоколы маршрутизации ищут маршруты непосредственно при необходимости передачи информации. Если передачи информации не требуется, маршрута не существует. Но как только такая потребность возникает, узел-источник посылает специальный пакет, уведомляющий другие узлы сети о необходимости построения маршрута между узлом-получателем и узлом-отправителем. После формирования такого маршрута производится передача данных. Когда передача данных окончена, данный маршрут может оставаться активным в течение небольшого промежутка времени, как правило, несколько секунд, либо удаляться сразу, в зависимости от конкретного протокола маршрутизации.

Среди реактивных протоколов можно выделить несколько наиболее известных:

1. AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) – протокол, работающий по принципу дистанционно-векторного алгоритма маршрутизации и использующий в своей работе таблицы маршрутизации, позволяющие сохранять маршрут после окончания передачи в течение небольшого промежутка времени. При необходимости отправки данных, строит маршрут с наименьшим количеством промежуточных узлов. В случае разрушения маршрута процесс построения повторяется [1]. Также стоит отметить, что данный протокол имеет значительную задержку перед началом отправки данных из-за особенностей его работы, что является недостатком. Достоинствами данного протокола являются его простота и низкая требовательность к вычислительным ресурсам оборудования, а также отсутствие дополнительного трафика при передаче данных по уже установленному маршруту.

2. DSR (Dynamic Source Routing) – протокол, использующий явную маршрутизацию. При необходимости передачи информации узел-отправитель устраивает широковещательную рассылку специального пакета, который передаётся по сети, пока не будет установлен маршрут. После установления маршрута узел-получатель уведомляет узел-отправитель о готовности маршрута, и передача информации начинается [2]. Данный протокол не использует таблицы

маршрутизации, передавая весь маршрут в одном пакете данных. Достоинствами данного протокола являются отсутствие постоянных сообщений для обновления таблицы маршрутизации и отсутствие необходимости учёта участков сети, не участвующих в передаче информации. Недостаток данного протокола – задержка при передаче данных из-за необходимости построения маршрута, что негативно влияет на применимость данного протокола в сетях с высокой подвижностью узлов.

Таким образом, можно заметить, что оба протокола обладают схожими достоинствами и недостатками. Оба протокола имеют задержку перед отправкой, что негативно влияет на время доставки пакета и может помешать использованию в сетях с высокой подвижностью узлов. Однако в сетях с малоподвижными узлами данные протоколы будут хорошо работать, давая преимущество в отсутствии постоянного трафика для поддержания маршрутов.

Проактивные протоколы маршрутизации – протоколы, использующие таблицу маршрутизации в каждом узле сети. Таким образом, все узлы обладают информацией о топологии сети и всех её узлах. Однако для поддержания актуальной информации, время от времени узлы обмениваются маршрутной информацией между друг другом, что создаёт дополнительный служебный трафик в сети.

Среди проактивных протоколов можно выделить протокол OLSR (Optimized Link-State Routing). Этот протокол маршрутизации использует сообщения приветствия и контроля [3]. Для построения таблицы маршрутизации используются сообщения приветствия (hello). В данных сообщениях передаётся адрес узла отправителя и список всех его соседей. Также данные сообщения помогают контролировать, доступен ли определённый узел, либо нужно считать его неактивным. После определения соседей, находящихся в одном или двух шагах, узел начинает отсылать сообщения приветствия на MPR-узел. Спустя время производится широковещательная рассылка от MPR-узлов всем узлам данных обо всей топологии сети. Таким образом, наиболее выгодно использовать данный протокол в сетях с высокой плотностью узлов. Достоинством данного протокола является низкая, по сравнению с реактивными протоколами, задержка в сети при передаче пакета. Из недостатков стоит отметить необходимость использования части пропускной способности сети для поддержания данных в таблицах маршрутизации.

Третий тип протоколов – гибридные. Данные протоколы сочетают в себе особенности как реактивных, так и активных протоколов. Например, протокол HWMP, являющийся стандартным протоколом для сетей IEEE 802.11s, может работать как в реактивном, так и в проактивном режимах [4]. В реактивном режиме каждый узел определяет оптимальный маршрут до получателя, посылая специальный запрос непосредственно перед передачей данных. В проактивном режиме выбирается корневой узел, который периодически посылает запросы и производит обновление маршрутной информации во всех узлах сети [5]. Таким образом, данный протокол является наиболее универсальным, т.к. может использоваться как реактивный, так и проактивный, в зависимости от параметров сети. Недостатком является сложность развёртывания сети под управлением данного протокола.

Подводя итог, были рассмотрены три типа протоколов маршрутизации. Каждый из типов имеет свои сильные и слабые стороны. Поэтому можно сказать, что все три группы могут быть использованы в сетях. Реактивные протоколы подходят для сетей с малоподвижными узлами, с небольшой пропускной способностью и без требований к задержкам при передаче. Проактивные протоколы подходят для сетей с большим количеством узлов при необходимости уменьшения времени задержки при передаче данных, но с большой пропускной способностью, способной выдерживать поддержку таблиц маршрутизации. Гибридные протоколы маршрутизации более универсальные, поэтому могут использоваться в любых типах сетей, но они сложнее в развёртывании сети.

Библиографический список

1. RFC 3561 – Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing [Электронный ресурс]. – URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc3561> (дата обращения: 21.12.2019).
2. RFC 4728 – The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4 [Электронный ресурс]. – URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc4728> (дата обращения: 22.12.2019).
3. RFC 3626 – Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) [Электронный ресурс]. – URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc3626> (дата обращения: 22.12.2019).

4. 802.11s_Tutorial_r5 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ieee802.org/802_tutorials/06-November/802.11s_Tutorial_r5.pdf (дата обращения: 22.12.2019).

5. Руднев А.Н., Комолов М.В. Маршрутизация в распределенных беспроводных информационных системах обеспечения безопасности в зонах аварий на основе mesh-сетей // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2010. – Т. 6, № 4. – С. 40–43.

Сведения об авторах

Матлин Максим Александрович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: maxmatlin@gmail.com

Гаврилов Алексей Викторович – старший преподаватель кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: gaval74@mail.ru

About the authors

Matlin Maxim Alexandrovich – Master Student Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: maxmatlin@gmail.com

Gavrilov Alexey Viktorovich – Senior Lecturer Department of the Automatic and Telemechanics Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: gaval74@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ	3
Терехов А.Р. Визуализация алгоритмов сортировки	4
Карасик Н.Я., Колбасова Г.С., Семенов А.С. Новые информационные технологии в подготовке специалистов радиосвязи	7
Клейман Л.А., Фрейман В.И. Реконfigurирование встроенной системы тестового диагностирования элементов информационно-управляющих систем	13
Даденкова А.П., Тюрин С.А. Протоколы домашней автоматизации	19
Толмачев Г.А. Автоматическое формирование индивидуального плана преподавателей на основе нагрузки преподавателей	26
Карулин А.А., Тарутин А.В. Автоматизация управления медицинским лазерным скальпелем	29
Давиденко П.В., Давиденко Л.М. Проектирование и реализация информационной базы данных для отслеживания финансовых потоков	37
Рыгикова В.О., Пурнак И.В. Технология интеллектуального анализа данных	42
Полевщиков И.С. Моделирование и информационная поддержка жизненного цикла тестовой документации	47
Секция 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ	53
Чегодаев А.А. Оптимизация обработки файлов на основе критерия качества обслуживания	54
Синицына В.В., Широков А.А. Модернизация пароконденсатной системы, применяемой при производстве бумаги.....	61
Останина А.Е., Широков А.А. Вибрационная диагностика штангового глубинного насоса с применением искусственных нейронных сетей	66
Косачев А.Д., Широков А.А. Модернизация системы вентиляции офисного здания	71

Носов А.Н., Чабанов Е.А. Применение микропроцессорных систем на судах речного флота Российской Федерации	77
Зяблицева М.А. Перспективы автоматизации обслуживания посетителей на предприятиях общественного питания г. Магнитогорска	81
Александрова А.С., Чувызгалов Д.Г. Определение взаимосвязанных параметров технологических объектов методом корреляционного анализа	86
Юрков Д.А., Сокольчик П.Ю. Автоматизация подбора парадигмы нейросетевых моделей связи выходных показателей качества с входными показателями и технологическими параметрами	91
Завизион Т.В., Орехов М.С. Разработка математической модели насосной установки внешней откачки	95
Юрков Д.А., Попова Е.А. Орехов М.С. Разработка имитационной модели электронасоса на микроконтроллере ArduinoUNO и интеграция с промышленным контроллером овен ПЛК 110-32	99
Федоров Д.И., Широков А.А. Автоматизация технологических процессов жилого дома	104
Зиануров А.Ш., Вялых И.А. Автоматизация процедуры калибровки поточного анализатора	109
Платонов Д.А., Орехов М.С. Создание исследовательской лабораторной установки по изучению алгоритмов управления тепловыми объектами	114
Юрков Д.А., Дмитриев М.А., Орехов М.С. Разработка имитационной модели объекта управления на микроконтроллере Arduino UNO	118
Братчиков М.А., Братчиков В.А., Вялых И.А. Разработка системы мониторинга с целью снижения числа сигнализаций на АРМ	122
Тетюева А.В., Белокопытова А.Е., Сокольчик П.Ю. Разработка учебного стенда для изучения характеристик аналоговых сигналов	128
Секция 3. ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ. ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЕ	131
Бобин К.В., Хаустова Е.В. Использование мини-ТЭЦ в теплоснабжении	132

Сажин И.Ю., Локтеев С.А., Килин Г.А. Перспективы использования синхронных аксиальных генераторов переменного тока в зеленой энергетике	137
Кухарчук А.В., Билоус О.А. К вопросу об участии бытового климатического электрооборудования в механизмах реагирования на спрос	142
Шапошников В.В., Токарев Р.О., Коротаев А.Д. Построение динамограммы на полированном штоке станка-качалки через потребляемую мощность двигателя	147
Попов И.А., Субботин Е.В. Компонентный анализ резиновой изоляции нефтепогружных кабелей	153
Токарев Р.О., Шапошников В.В., Любимов Э.В. Расчет стоимости подключения к сети линии электропередач индивидуальных потребителей южной части пермского края (район Чернушки)	159
Маджидов А.Ш., Джавахян А.З. Сравнение методов определения энергоэффективности асинхронных двигателей	163
Митрошин М.А., Шкред М.А., Пономарев И.А. Анализ рентабельности использования солнечных коллекторов для отопления и ГВС частного дома в Уральском регионе	168
Малькова Я.Ю., Уфа Р.А. Определение оптимального места и мощности возобновляемых источников энергии	172
Ромодин А.В., Валинурова З.Ф. Организация энергетического менеджмента в Пермском национальном исследовательском политехническом университете	177
Лесюкова В.В., Корсак Е.П. Экотопливо: энергия водорода ...	184
Самосюк Н.А., Царик О.Г. Повышение эффективности потребления топливно-энергетических ресурсов на промышленных предприятиях республики Беларусь	192
Гилев Д.В., Файзуллин А.Э., Елтышев Д.К. Анализ методов оценки потерь электроэнергии в электрических сетях ...	198
Рачкин М.А., Коротаев А.Д. Реконструкция системы оперативного постоянного тока ПАО «Русгидро»-«Камская ГЭС»	204
Феофилова Н.В., Кухарчук И.Б., Труфанова Н.М. Исследование взаимного влияния кабельных линий на температурный режим	209

Елтышев Е.А., Трефилов В.А. Разработка модели асинхронного электропривода подъемного механизма строительного башенного крана и исследование на ней режимов его работы	215
Труфанова Н.М., Костарев Н.А., Рыков А.А., Зорихина Л.И. Анализ эффективности тепловой обработки нефтяной скважины при различных расходах и типах теплоносителя	221
Семенова Н.Г., Абдрашитов М.М. Применение статического синхронного компенсатора в ветро-дизельном комплексе	226
Тиунов В.В., Лыкасов П.В. Анализ проблем использования водородного топлива на транспорте и в энергетике	231
Секция 4. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	237
Чалин В.А. Метод защиты авторского права на основе технологии BLOCKCHAIN с использованием смартконтракта ETHERIUM	238
Шлыков А.И., Шабуров А.С. Разработка модели определения критичных ресурсов и связанных с ними рисков информационной безопасности	244
Хиков С.П. Модель выбора эффективного средства сканирования изображений контейнеров в инфраструктуре KUBERNETES	249
Субботина П.Д., Безукладников И.И. Выбор биометрических характеристик для построения систем неявной аутентификации	254
Каменских А.Н., Филимонов К.В. Методы обеспечения аутентификации и авторизации в MESH-сетях	258
Никитин А.В., Тюрин С.А. Пропускная способность радиоинтерфейса 5G NEW RADIO	263
Кожевников В.С., Тюрин С.А. Сравнение технологий A-GPS для приемников фирм U-BLOX и MEDIATEK	269
Гонтовой С.В. Современные низкоорбитальные спутниковые системы связи	274
Афонин И.Л., Иськив В.М., Михайлюк Ю.П., Щекатурин А.А. Разработка системы дистанционного мониторинга навигационной обстановки и состояния систем управления судном	279
Матлин М.А., Гаврилов А.В. Протоколы динамической маршрутизации в беспроводных MESH-сетях	285

Научное издание

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕОРИЯ,
ИНСТРУМЕНТЫ, ПРАКТИКА**

Материалы XI Международной
интернет-конференции молодых ученых,
аспирантов, студентов
(15 ноября – 31 декабря 2019 г.)

Корректор Иванова М.А.

Подписано в печать 14.07.2020.
Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 18,37.
Тираж 100 экз. Заказ 70/2020.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.