

Министерство образования и науки Российской Федерации
Министерство образования и науки Республики Татарстан
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Сборник материалов
III Поволжской научно-практической конференции
7 – 8 декабря 2017 г.

В двух томах

Том 1

Казань
2017

УДК 621.313
ББК 31.261
П75

Рецензенты:

доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «КГЭУ» В.Г. Макаров,
доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «КГЭУ» Р.С. Кашаев

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор), Э.В. Шамсутдинов,
О.В. Козелков, Н.Д. Чичирова, Г.У. Матушанский

**П75 Приборостроение и автоматизированный электропривод
в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном
хозяйстве:** сборник материалов III Поволжской научно-
практической конференции (Казань, 7–8 декабря 2017 г.): в 2 т.
Т. 1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – 332 с.

ISBN 978-5-89873-494-7 (т. 1)

ISBN 978-5-89873-496-1

Опубликованы материалы III Поволжской научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» по следующим научным направлениям:

1. Приборостроение и управление объектами мехатронных и робототехнических систем в ТЭК и ЖКХ.
2. Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.
3. Инновационные технологии в ТЭК и ЖКХ.
4. Актуальные вопросы инженерного образования.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.313
ББК 31.261

ISBN 978-5-89873-494-7 (т. 1)
ISBN 978-5-89873-496-1

© Казанский государственный энергетический
университет, 2017

Секция 1

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

Председатель

О.В. Козелков – к.т.н., заведующий кафедрой ПМ ФГБОУ ВО «КГЭУ»

Секретарь

О.В. Цветкова – м.т.т., инженер кафедры ПМ ФГБОУ ВО «КГЭУ»

УДК 681.883.65

ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ

В.Н. Букреев¹, В.Б. Подгорная², А.А. Узрюмов³

АО «ОКБ «Икар», г. Краснодар

E-mail: ¹bukval@mail.ru, ²okbikar@mail.ru, ³a-bickford@mail.ru

Аннотация. Описаны основные направления проектирования учебно-тренировочных средств для теоретической и практической подготовки специалистов с помощью учебных компьютерных материалов, обучающих программ и технологических тренажёров. Описаны принципы организации работы с учебно-тренировочными средствами с применением программ функционирования и систем тестового контроля.

Ключевые слова: учебные компьютерные материалы, обучающие программы, имитаторы, компьютерные средства обучения, технологические тренажёры, комплексная подготовка.

При проектировании учебно-тренировочных средств для комплексной теоретической и практической подготовки специалистов, эксплуатирующих реальные объекты, основными являются работы по конструированию технологических тренажёров и компьютерных средств обучения.

Принципы конструирования технологических тренажеров

Технологическим тренажером называется программно-аппаратный комплекс, позволяющий имитировать реальные процессы, происходящие в технологическом объекте, в том числе процесс управления этим объектом, а также позволяющий контролировать процесс обучения. Тренажеры предназначены для формирования и совершенствования у обучаемых профессиональных навыков и умений, необходимых им для управления материальным объектом, путем многократного выполнения обучаемыми действий, свойственных управлению реальным объектом.

С точки зрения имитации поведения технологического объекта тренажеры могут строиться на основе статической или динамической модели в зависимости от поставленных задач обучения.

Статическая модель предполагает описание различных состояний объекта при отсутствии внешних возмущений. Такая модель не описывает процесса перехода объекта из одного состояния в другое. Примером применения тренажеров на основе статической модели может служить задача изучения технологических схем и последовательности операций при выполнении переключений в этих схемах. Другим примером является приобретение навыков выявления причин неисправности оборудования или устройств, исходя из их послеаварийного состояния.

Динамическая модель, в свою очередь, позволяет имитировать на тренажере процесс работы технологического объекта во времени, в том числе имитировать поведения объекта в случае каких-либо технологических нарушений, неисправности оборудования или иных внешних возмущений, не связанных непосредственно с действиями оператора.

Разрабатываемые АО «ОКБ «Икар» комплексные тренажеры (далее КТ), имитирующие процессы работы реальной аппаратуры во времени, с учетом предусмотренных учебными задачами внешних воздействий целесообразно рассматривать как технологические тренажеры, функционирующие в формате динамической модели.

Принципы конструирования компьютерных средств обучения

Компьютерное средство обучения (далее КСО) – это программное средство (программный комплекс), предназначенный для решения определенных задач учебного процесса, имеющий предметное содержание и ориентированный на взаимодействие с обучаемым.

Средства, применяемые при обучении, но имеющие другое основное назначение и не реализующие педагогические функции (текстовые и графические редакторы, компиляторы и системы программирования, системы автоматизированного проектирования (САПР), экспертные системы и т. п.) не относятся к КСО.

По мере развития технологии КСО создавались их разновидности, которые традиционно выделялись по следующим признакам. Во-первых, КСО строились как электронные аналоги учебно-методических пособий на бумажных носителях. Во-вторых, в КСО воплощались функции технических, но не компьютерных учебных средств: физических тренажеров и лабораторных установок. В-третьих, КСО соотносились с видами учебных занятий и мероприятий, на поддержку которых они ориентировались. Наконец, в-четвертых, КСО ассоциировались с решаемыми с их помощью педагогическими задачами. Последнему аспекту соответствуют автоматизированные восстановительные курсы, системы контроля знаний и т.п.

На практике разные виды КСО часто применяются в комплексе, что требует знания возможностей их взаимодействия и особенностей совместного использования.

К вспомогательным средствам относятся КСО, способствующие решению задач теоретической, технологической или практической подготовки, но в самостоятельном качестве недостаточные для достижения соответствующих целей.

В зависимости от использования телекоммуникационных технологий КСО подразделяются на локальные, работающие на базе автономных вычислительных систем, и сетевые, функционирующие в рамках вычислительных сетей (локальных или глобальных). В сетевых КСО помимо модулей, обеспечивающих взаимодействие с обучаемыми, реализуются компоненты, поддерживающие деятельность преподавателей (инструкторов) при проведении учебно-тренировочных занятий.

Комплект УТС, разработанный и разрабатываемый АО «ОКБ «Икар» включает спектр программных продуктов, которые можно классифицировать как КСО, а именно:

1. Учебные компьютерные материалы (далее – УКМ), входящие в комплект учебного программного обеспечения по изучению систем реальных объектов, организованные в форме электронного учебника.

2. Обучающие программы (далее – ОП), входящие в комплект учебного программного обеспечения по изучению систем реального объекта, которые можно классифицировать как программное обеспечение интеллектуальной тренажерно-обучающей системы, включающей такие виды КСО как виртуальный тренажер, компьютерные справочники, мультимедийные средства.

КСО устанавливается и эксплуатируется в классе, оснащенном минимальным набором вычислительной техники, объединенной в локальную вычислительную сеть (далее – ЛВС).

В общем случае структурная схема класса КСО приведена на рис. 1.

В плане использования телекоммуникационных технологий УКМ можно рассматривать как локальные КСО, работающие на базе автономных вычислительных систем, ОП – как сетевые КСО, функционирующую в рамках вычислительных сетей с выделенным рабочим местом руководителя занятия.

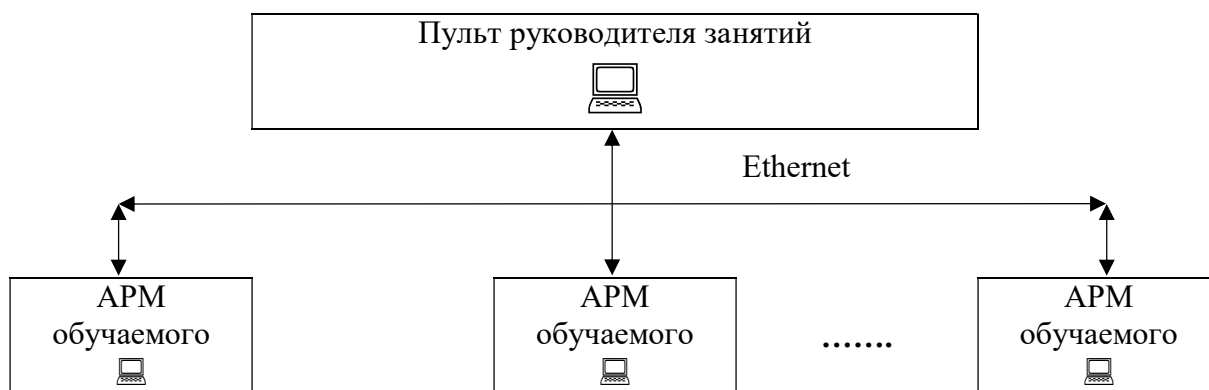


Рис. 1. Структурная схема класса КСО

Принципы проектирования программного обеспечения (ПО) технологических тренажеров

Разрабатываемые АО «ОКБ «Икар» комплексные тренажеры имеют единую структурную схему, приведенную на рис. 2.

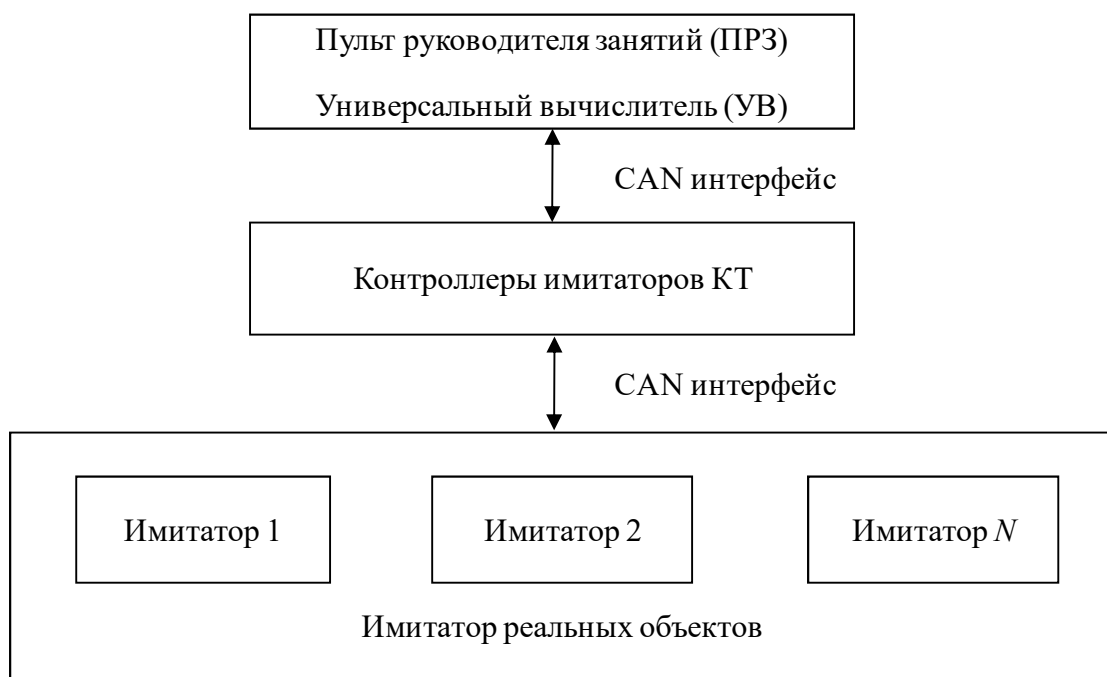


Рис. 2. Структурная схема комплексного тренажёра

Специфика тренажеров отражена в меняющихся составах имитаторов реальных объектов, однако принципы взаимодействия уровней и управления отдельными технологическими элементами едины для данной группы.

Для обеспечения в полном объеме заданных функций технологических КТ предлагается структура комплекта программного обеспечения (ПО), изображенная на рис. 3. Данная структура применима для построения ПО каждого КТ рассматриваемой группы.



Рис. 3. Структурная схема комплекта программного обеспечения КТ

Комплект ПО включает:

1) системное программное обеспечение (СПО) – лицензионное ПО, предназначенное для обеспечения программного интерфейса, позволяющего использовать аппаратные ресурсы вычислителей, входящего в состав ПРЗ тренажеров группы; создает программную среду для функционирования ПСЗ и ППО.

2) инструментальное программное обеспечение (ИПО) – предназначено для разработки прикладного программного обеспечения;

3) программные средства защиты (ПСЗ) – предназначены для защиты ПО от несанкционированного проникновения и разрушения;

4) прикладное программное обеспечение (ППО) – предназначено для решения задач тренажерами группы, используется при работе объекта и обеспечивает функционирование и взаимодействие его составных частей.

АО ОКБ «Икар» использует следующие, самостоятельно функционирующие программные компоненты ППО:

– СТК применяется для проверки исправности аппаратной части тренажера;

– ПФ применяется для программного сопровождения процессов подготовки и проведения тренировки на аппаратуре имитаторов тренажера.

Предлагаемый подход к построению прикладного ПО ориентируется на выделение в нем (в ПО) двух уровней управления:

1-й уровень – на основе УВ, входящего в состав ПРЗ изделия, с устройствами визуального отображения информации, на верхнем уровне;

2-й уровень – на основе микропроцессоров, встроенных в контроллеры, входящие в составные части изделия, на нижнем уровне.

Контроллеры получают данные о состоянии и параметрах объекта от модулей ввода аналоговой и дискретной информации и выполняют всю предварительную обработку аналоговых и дискретных сигналов, а также решают задачи логического управления и регулирования.

УВ решает общие задачи управления и обработки данных, получаемых от контроллеров или в виде команд оператора, а также осуществляют визуализацию всей числовой и графической информации.

Связь верхнего и нижнего уровней управления обеспечивается компонентами ПО, реализованными на основе единой системы представления, обработки, передачи и хранения информации.

Связь верхнего и нижнего уровней управления реализуется посредством CAN-интерфейса.

Принципы проектирования СТК технологических тренажеров

СТК является самостоятельно функционирующим компонентом прикладного ПО и предназначена для тестирования имитаторов, входящих в состав технологических тренажеров.

СТК каждого тренажера группы уникальна в части номенклатуры тестируемой аппаратуры, вида экранных форм, моделирующих стойки и панели имитаторов тренажера и обрабатываемых кодов органов управления.

В то же время, архитектура ПО для каждого СТК, механизмы взаимодействия с органами управления, структура БД и пользовательский графический интерфейс максимально унифицированы с СТК ранее разработанных изделий.

Взаимодействие СТК и аппаратуры тренажера осуществляется при помощи CAN-интерфейса в виде информационных кадров определенного формата.

Предусмотрены автоматический и ручной режимы тестирования.

Автоматическое тестирование происходит по заранее определённом алгоритму, а при ручном – оператор управляет видами тестовых воздействий и их порядком вручную.

Отображение результатов диагностики должно выполняться независимо от режима функционирования системы.

Принципы проектирования ПФ технологических тренажеров

Обработка навыков эксплуатации аппаратуры реальных объектов с использованием технологических комплексных тренажеров обеспечивается программными компонентами «Программа функционирования» (далее ПФ).

ПФ должна обеспечивать реализацию алгоритмов имитации функционирования реальных объектов, управление техническими средствами тренажеров, а также содержать средства подготовки и проведения тренировки. Перед началом работы ПФ производит тестирование целостности критически важных файлов.

Основным принципом программной поддержки проведения тренировки является то, что процедуры тренировки осуществляются, как правило, на основе сценария.

Сценарий составляется руководителем занятия. При этом, определяются набор используемой аппаратуры, участники тренировки, учебные задачи (вводные), время, нормативы и параметры их выполнения.

Управление ходом тренировки и ее контроль осуществляется с ПРЗ.

Принципы проектирования ПО виртуального тренажера

Комплект обучающих программ (далее ОП) в совокупности с вычислительной техникой учебного класса образует виртуальный тренажер – тренажер, в составе которого модель объекта, рабочее место обучаемых и инструктора реализуются на базе компьютерных средств.

ОП предназначены для дотренажерной подготовки операторов, выполняющих операторские действия на аппаратуре реального объекта, с целью закрепления знаний по порядку и правильности действий при использовании технических средств.

Программные модели аппаратуры, генерируемые программным обеспечением ОП, обеспечивают виртуальную имитацию действий операторов, эксплуатирующих аппаратуру реальных объектов.

Виртуальному тренажеру целесообразно иметь как минимум два режима работы: «режим Обучения» и «режим Тренировки». В режиме обучения пользователь может при помощи мультимедийных учебных средств детально ознакомиться со всеми этапами работы.

В режиме тренировки обучаемому предлагается воспроизвести ранее изученную последовательность действий при возникающих ситуациях на виртуальном аппарате, при этом существует система контроля, следящая

за правильностью действий пользователя. В случае ошибки выводятся подсказки, предупреждения. Возможность моделирования подобных нештатных ситуаций – одно из достоинств виртуальных тренажеров, так как на физическом (часто дорогостоящем) оборудовании подобные действия обучаемого не допускаются.

Основными функциями ОП являются:

- имитация средствами графического интерфейса внешнего вида аппаратуры (виртуальные панели, пульта, органы управления и индикации);
- имитация в реальном режиме времени воздействий на органы управления виртуальных панелей и моделирование реакций виртуальных панелей на действия оператора в соответствии с алгоритмами работы ШТ;
- организация и управление учебно-тренировочным процессом (учебная демонстрация, подготовка сценариев и учебных заданий, запуск, контроль и завершение тренировки и т.д.).

Организация тренажа базируется на определении учебных задач (УЗ). Постановка УЗ включает:

- описание целей, которые должен достичь обучаемый;
- описание ограничений, которые необходимо при этом учесть;
- характеристику исходной ситуации.

В ОП технология представления информации о подготовке и проведении тренировки и всех сопутствующих процедурах должна быть реализована на принципах полноты и достаточности отображаемой информации, удобства для пользователя, унификации графического интерфейса с графическими интерфейсами ПО ранее разработанных комплексов.

Для обеспечения в полном объеме функций виртуального тренажера, заданных в ТЗ, предлагается структура комплекта ПО, изображенная на рис. 4.

Отличие от комплекта ПО КТ заключается в том, что в состав прикладного ПО входят ППРЗ, ПАРМ и ПКПЗ.

Исходя из требуемого функционала виртуального имитатора, предлагается разработать следующие, самостоятельно функционирующие, но взаимодействующие в формате клиент-серверной технологии программные компоненты ОП:

- программа пульта руководителя занятий (далее ППРЗ);
- программа автоматизированного рабочего места обучаемого (далее – ПАРМ);
- программный комплекс проверки знаний (далее ПКПЗ).



Рис. 4. Структурная схема комплекта ПО обучающих программ

ППРЗ представляет собой программный компонент, обеспечивающий функционирование рабочего места руководителя занятия, с помощью которого можно выполнять учебные демонстрации, подготавливать сценарии, запускать и управлять ходом тренировок обучаемых на виртуальных панелях аппаратуры комплекса.

ПАРМ представляет собой программный компонент, обеспечивающий функционирование рабочего места, на котором обучаемый может выполнять задания руководителя занятия, обучаться работе на аппаратуре, выполнять практические задания.

ПКПЗ представляет собой экзаменационное ПО, компоненты ПКПЗ предполагается устанавливать и использовать на ПЭВМ учебного класса, причем одна из ПЭВМ выделена в качестве главной, (как правило, ПРЗ) и используется преподавателем (инструктором), а несколько являются автоматизированными рабочими местами обучаемых.

В обозначенной паре ППРЗ играет роль сервера, к которому подключаются одно или несколько ПАРМ (в зависимости от количества АРМ в учебном классе). Соответственно, ППРЗ может выполнять часть функций в локальном и сетевом режимах, а ПАРМ – только в сетевом.

В качестве операционной системы используется многозадачная сетевая операционная система Windows.

Межпрограммное взаимодействие реализовано по технологии Ethernet с использованием механизмов брокера объектных запросов CORBA.

Принципы проектирования ППРЗ виртуального тренажера

Подготовка сценариев демонстрационных занятий и тренировок, выполняемых с использованием виртуальных тренажеров, а также их запуск, контроль выполнения, завершение и анализ результатов обеспечивается программным компонентом ППРЗ.

ППРЗ является программным компонентом ОП, функционирующим локально либо в сетевом взаимодействии с ПАРМ.

ППРЗ предназначена для программной поддержки процессов подготовки и проведения преподавателем демонстрационных и тренировочных учебных занятий на ПРЗ.

Основным принципом программной поддержки проведения тренировки является то, что процедуры тренировки осуществляются с использованием сценариев.

При разработке сценариев тренировки на виртуальных тренажерах используются каталоги учебных задач, разработанных для каждого тренажера на основании исходных данных о работе имитируемой аппаратуры реальных объектов.

Действия обучаемого на виртуальных тренажерах, события, происходящие в процессе тренировки, должны отображаться в той или иной форме в рабочем окне ППРЗ, а также сохраняться в журнале событий, и быть доступными для последующего изучения и обработки.

Принципы проектирования ПАРМ

ПАРМ является программным компонентом ОП, функционирующим в сетевом взаимодействии с ППРЗ. ПАРМ предназначен для программной поддержки процесса обучения и тренировки на рабочем месте обучаемого.

ПАРМ должна обеспечивать максимально возможное соответствие виртуальных стендов и пультов моделируемым реальным объектам по цвету, количеству, расположению и алгоритмам функционирования органов управления, индикации, табло, транспарантов находящихся на виртуальных панелях и, по возможности, соответствие габаритных размеров моделей реальным приборам и устройствам.

В качестве аналога ручного воздействия на органы управления реального объекта используется воздействие на графические объекты манипулятором мышью в интерактивном режиме.

Результатом воздействия обучаемого на органы управления и индикации виртуального тренажера является изменение состояния органа управления или индикации, фиксируемое визуально.

Результатом воздействия на генераторы звуковых сигналов является генерация звука заданной частоты, тональности, длительности, фиксируемого акустически.

Все управляющие воздействия, пришедшие с ППРЗ, должны немедленно вызывать соответствующие изменения в графическом интерфейсе ПАРМ.

Принципы проектирования ПКПЗ

Программный комплекс проверки знаний реализован в виде четырех программных компонентов: «Инструктор», «Конструктор», «Журнал» и «Экзаменуемый», объединенных общей базой данных.

ПК «Инструктор» устанавливается на ПЭВМ ПРЗ и предназначен для выбора, запуска и управления ходом выполнения тестового задания.

ПК «Конструктор» устанавливается на ПЭВМ ПРЗ и предназначен для пополнения и редактирования базы вопросов-ответов, справочников и формирования сценариев проведения тестовых занятий.

ПК «Журнал» устанавливается на ПЭВМ ПРЗ и предназначен для просмотра результатов тестирования, проведения статистического анализа и печати отчетов.

ПК «Экзаменуемый» устанавливается на ПЭВМ АРМ обучаемых и предназначен для получения и выполнения обучаемыми тестового задания на своем рабочем месте.

В процессе работы ПКПЗ использует отдельное программное средство «База вопросов-ответов». Изначально база поставляется пустой. В ПКПЗ заложен механизм ее пополнения и редактирования, что позволяет Заказчику наполнить базу вопросами с учетом профильной тематики.

Принципы проектирования УКМ

Разрабатываемые учебные компьютерные материалы построены по принципу электронного учебника.

Электронный учебник представляет собой структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных, предназначенный для предоставления в интерактивном режиме справочной и описательной информации об эксплуатационных и ремонтных процедурах, связанных с конкретной единицей реального объекта.

Базовой информационной единицей электронного учебника является статья, имеющая название. Содержание электронного учебника имеет иерархическую структуру, соответствующую оглавлению книги. Блок, представляющий информацию о содержании (перечень глав, разделов, подразделов и т.д.), является обязательным компонентом электронного учебника и служит для перехода к указанным структурным единицам. Доступ к блоку содержания обеспечивается из любого фрагмента (кадра) и режима электронного учебника.

Для электронного учебника характерно отсутствие жесткой фиксации материала (последовательностей кадров), проработка которых обязательна для дальнейшего продвижения по учебнику. В этом плане электронный учебник предоставляет преподавателю и обучаемым определенную степень свободы в выборе состава и порядка рассмотрения материала, а также темпа и глубины его изучения.

Базовой операцией при создании УКМ является определение набора тематических разделов. В идеале это должен быть короткий список (не более одного или двух экранов) тем, объединенных общим принципом классификации.

Обычно тематические разделы организуются в виде иерархической системы. Это позволяет пользователю легко перемещаться от общих тем к более специфическим. Тем не менее, каждый раздел должен содержать достаточное количество ссылок для перехода к другим темам без необходимости подниматься на самый верхний уровень иерархии.

Хотя определение достаточного набора тематических разделов и бывает желательным, выполнить это требование удастся не всегда. В этих случаях может возникнуть необходимость добавления к справочной системе выпадающих списков. Выпадающие списки могут содержать описания используемых терминов.

Выпадающие списки можно использовать для получения дополнительной информации, не покидая текущий раздел.

Информация отображается в окнах программы-просмотрщика, разработанной АО «ОКБ «Икар», ограничивающей перемещения по гиперссылкам не далее 2-го вложения во избежание «серфинга», и обеспечивающая возврат к изучаемому материалу.

С целью исключения несанкционированного распространения информация хранится в архивированном виде (архиватор разработки АО «ОКБ «Икар»), а в просмотрщике запрещено копирование текста.

Кроме того, предусмотрено разграничение доступа к информации как за счёт системы паролей, так и за счёт использования ключевых дисков, без которых запуск программы невозможен.

Список литературы

1. Кватрани Т. Rational Rose 2000 и UML Визуальное моделирование. М.: ДМК Пресс, 2001.
2. Кинг Д. Создание эффективного программного обеспечения. М.: Мир, 2001.
3. Коутс Р., Влейминк И. Интерфейс «человек-оператор». М.: Мир, 1990.
4. Мандел Т. Разработка пользовательского интерфейса. М.: ДМК Пресс, 2001.

УДК 647.6

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ЖКХ: ПРОГНОЗЫ И РЕАЛИИ

О.А. Игнатьева¹, В.А. Игнатьева², А.Р. Батталова¹

¹ ФГАОУ ВО КФУ (ИУЭиФ), ² НО ГФ РТ, г. Казань

Аннотация. Организация жилищно-коммунального хозяйства является одной из важнейших структур города, неспособность функционирующей системы организаций жилищно-коммунального хозяйства выполнять свои функции может остановить деятельность и функционирование не только района, но и города в целом. Можно сказать, что ЖКХ является основным звеном для развития российской инфраструктуры в целом и отдельных городов в частности.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, инфраструктура города, городское управление, сектор услуг, управляющая компания, товарищество собственников жилья.

Жилищно-коммунальное хозяйство или, иными словами, жилищно-коммунальный сектор представляет собой сложную и многоуровневую систему городского управления, деятельность которого направлена на обеспечение населения данной области, района услугами технического характера, санитарные услуги, ремонтные и профилактические работы, предоставление таких важных ресурсов, как газ, электричество, тепло-снабжение, водоснабжение. Жилищно-коммунальные хозяйства, по сути являющиеся коммерческими организациями, преследуют цель получения прибыли, но в то же время тарифы и сборы за содержание и содержание жилья не могут быть начислены сверх установленных стандартов. В то же время в системе отношений участвует несколько сторон: это управляющая компания, арендаторы, организации – поставщики услуг, такие как тепло-снабжение, водоснабжение, электроэнергия. По мнению А.М. Ивакиной, если мы рассмотрим организацию жилищно-коммунального хозяйства,

мы сможем определить две основные стороны - во-первых, это коммерческая деятельность, дающая возможность получить прибыль, с другой стороны, организации жилищно-коммунального хозяйства берут на себя огромную ответственность в области снабжения население с ресурсами и поддержание жилищного фонда в надлежащей форме и состоянии. Организации сектора ЖКХ часто терпят убытки и оплачивают судебные издержки за материальный ущерб, причиненный ветхим жильем. Таким образом, организация жилищно-коммунального хозяйства является одной из важнейших структур города, неспособность функционирующей системы организаций жилищно-коммунального хозяйства выполнять свои функции может остановить деятельность и функционирование не только района, но и города в целом. Можно сказать, что ЖКХ является основным звеном для развития российской инфраструктуры в целом и отдельных городов в частности [1].

Основные рекомендуемые меры включают систему саморегулирования и аудита. Задачей государства по реформированию жилищно-коммунального хозяйства является регулирование процесса взаимодействия всех участников рынка: домовладельцев и их ассоциаций, управляющих компаний, поставщиков услуг, государственных органов и органов местного самоуправления. Все эти звенья должны будут взаимодействовать организованно, только тогда рынок жилищно-коммунального хозяйства будет развиваться. Развитие и совершенствование системы саморегулирования позволит эффективно использовать механизмы государственного управления, освобождая государственные органы от необходимости осуществлять функции комплексного контроля. Это поможет снизить нагрузку на коррупцию на бизнес и значительно сократить число должностных лиц, что, соответственно, снизит бюджетную нагрузку на их обслуживание. Европа и США уже давно знакомы с преимуществами саморегулирования. Сейчас Россия уже строит систему саморегулирования предпринимательской и профессиональной деятельности, где действует Закон «О саморегулируемых организациях». Саморегулирование постепенно внедряется во все сферы экономики. В конце концов, саморегулирование является незаменимым элементом рыночной экономики. Кроме того, в начале этого года генеральный директор ЗАО «Руспромаудит» О.М. ИONOVA предупредила о предстоящем новом Законе об аудите, в соответствии с которым все предприятия ЖКХ получат статус социально значимых и будут подлежать обязательному аудиту. Подводя итог выше изложенному, следует отметить, что на данном этапе реформирования жилищно-коммунального хозяйства возникла необходимость вести историю функционирования

каждого имущества. То, что сформированная система «прозрачности объекта недвижимости» может, в первую очередь, помочь владельцам понять истинное состояние общей собственности объекта недвижимости и принять правильное решение, а управляющим организациям – своевременно с целью правильного обслуживания. Качество жизни зависит от качества условий жилья граждан. Хорошие условия являются предпосылкой и следствием благосостояния людей и эффективного функционирования экономики страны в целом [2].

В 2015 году Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ) провел инициативное общероссийское исследование о том, какие проблемы сегодня наиболее волнуют россиян. В 138 населенных пунктах в 46 регионах, территориях и республиках России было опрошено 1600 человек. Статистическая погрешность не превышает 3,4%. Результаты опроса показывают, что низкий уровень жизни (53%) и ситуация в секторе жилищно-коммунального хозяйства (51%) лидируют в рейтинге проблем страны. Хотя уровень беспокойства о ситуации в жилищно-коммунальном хозяйстве и жилищно-коммунальном управлении за последний месяц несколько снизился – с 56% до 51%, следует отметить, что эта проблема в течение года была одной из трех самых важных и острых проблемы для россиян.

В то же время, как следует из другого опроса, опрос руководителей муниципалитетов, проведенный Социологической лабораторией Ассоциации городов Сибири и Дальнего Востока (АСДГ), среди основных элементов существующей системы жилищно-коммунального хозяйства, сначала необходимо улучшить качество услуг (52,3%) и возобновить инженерные коммуникации (47,7%).

На одной из многочисленных сессий Президиума Госсовета было установлено, что основными проблемами отопительного сезона по-прежнему являются ухудшение коммунальной инфраструктуры, отсутствие четких, управляемых и понятных стандартов предоставления услуг управляющими компаниями, неадекватное ценообразование при формировании стоимости услуг.

Президент неоднократно отмечал, что почти во всех регионах негативно оценивается работа большинства управляющих компаний. Проблема устранения «плохой работы управляющих компаний» волнует не только население страны, но, по мнению руководителей муниципальных служб, нуждается в улучшении в первую очередь [3].

Управляющие компании предоставляют низкокачественные услуги жителям без ориентированного на клиента подхода. Многие из них были сформированы на базе бывших муниципальных предприятий и продолжают работать по-старому, т. е.:

– как правило, используется система вознаграждения во время бонуса: зарплата плюс бонус. В этом случае премия, чаще всего, не зависит от качества выполняемой работы, но воспринимается как должное и получена сотрудником независимо от достижения целей компании или показателей структурного подразделения;

– нет мотивации выполнять сверхзадачи, бонусы, дополнительные выплаты за рацпредложения и т. д.;

– нет клиентской ориентации. Жилец воспринимается не как клиент, который нанял управляющую компанию, а как агрессор, раздражитель. Нет никакой уверенности, что эта отрасль стала самостоятельным бизнесом с довольно жесткой конкуренцией. Ответы не подготовлены, отложены, потеряны. Жалобы граждан часто остаются без ответа. На телефонные звонки часто не отвечают, или грубо ответят. Не существует сайта о деятельности Управляющей компании и т.д.;

– нет управления поставкой материалов, нет инвентарного контроля. Материальные ресурсы приобретаются без планирования необходимости их на шесть месяцев вперед, долгое время хранятся на складе и постепенно вырабатываются. Но такая политика «замораживает» оборотный капитал компании. Необходимо работать с колес, баланс на складе должен стремиться к нулю;

– уровень автоматизации рабочего документооборота и процессов низкий. Документы (в том числе обращения жителей) могут перемещаться из папки в папку в течение нескольких недель, а иногда и теряться;

– нет работы с должниками;

– нет плана развития персонала (обучение, тренинги, семинары);

– качество выполняемой работы не контролируется.

Как видно из вышеперечисленного, управляющая компания несет прямую ответственность за предоставление ресурса непосредственно клиенту. Поэтому, даже если РСО предоставляет услугу высокого качества, а управляющая компания этого не делает, конечный пользователь получит услугу низкого качества. Что касается качества, управляющая компания является «узким местом».

Эта ситуация неблагоприятна как для жителей, так и для управляющих компаний, поскольку это может привести к ряду негативных последствий:

– ухудшение отношений с организациями, занимающимися поставками ресурсов;

– сокращение сбора денег на жилищно-коммунальные услуги. Часть населения не оплачивает услуги низкого качества. Управляющая компания может испытывать недостатки в наличных средствах, и в результате платежеспособность будет уменьшаться;

– потеря бизнеса. Законодательство Российской Федерации сегодня позволяет жильцам многоквартирных домов выбирать три формы управления домом: ТСЖ, управляющая компания и непосредственное управление.

Если жители не удовлетворены качеством предоставляемых услуг, то у них есть два варианта:

- 1) выбрать другую управляющую компанию;
- 2) изменить форму управления домом на ТСЖ или прямое управление.

Оба варианта приведут к потере бизнеса. Эта ситуация особенно часто происходит в последнее время в жилищном фонде. На рынке ЖКХ сегодня довольно много конкурирующих фирм, есть выбор из большого количества управляющих компаний [4].

Таким образом, организация жилищно-коммунального хозяйства является одной из важнейших структур города, неспособность функционирующей системы организаций жилищно-коммунального хозяйства выполнять свои функции может остановить деятельность и функционирование не только района, но и города в целом. Можно сказать, что ЖКХ является основным звеном для развития российской инфраструктуры в целом и отдельных городов в частности.

Список литературы

1. Ивакина А.М. Современные проблемы жилищно-коммунального хозяйства // Молодой ученый. – 2015. – №8. – С. 537-539.
2. Переверзева Л.В., Казакова А.И., Кирова Н.Ю., Канунникова А.П. Выявление проблем и перспектив развития жилищно-коммунального хозяйства в г. Арсеньеве // Проблемы и перспективы экономики и управления: Материалы II Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июнь 2013 г.). – СПб.: Реноме, 2013. – С. 141–143.
3. Павленков М.Н., Кемайкин Н.К. Современное состояние и проблемы в сфере жилищно-коммунального хозяйства города // Российское предпринимательство. – 2013. – № 19. – С. 32–45.
4. Игнатьева О.А., Батталова А.Р., Васильев В.В. Формирование инноваций в инфраструктуре бизнеса региона: Монография / О.А. Игнатьева, А.Р. Баталова, В.В. Васильев. Казань: КГАУ, 2017. – 95 с.

УДК 622.24.063

УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ПРИВОДОВ ВИБРОСИТА

И.Ю. Кичкарь

АО «ОКБ «Икар», КубГТУ, г. Краснодар

E-mail: kichkar@ya.ru

Аннотация. В настоящей статье описан метод релейного управления системой приводов вибросита в фазовом пространстве.

Ключевые слова: вибросито, управление приводом, траектории колебаний, фазовое пространство.

В настоящее время вопрос устойчивой работы вибросита решается за счет значительного запаса вибрационного момента и регулирование привода вибросита не применяется. Описанный ниже способ может быть применен для управления системой приводов бурового вибросита с линейной или эллиптической траекторией колебаний рамы.

В патенте [1] предлагается способ управления синхронизацией системы приводов вибросита, но он не обеспечивает однородность траекторий виброколебаний по всей длине рамы вибросита, что уменьшает его пропускную способность.

Наиболее близким к описываемому способу является способ управления системой приводов вибросита описанный в патенте [2]. Недостатком этого способа является невысокое качество регулирования, проявляющееся в нестабильности траектории рамы вибросита, и сложность технической реализации изменения значения фазного напряжения трехфазной сети, подводимого к электродвигателям вибровозбудителей. Невысокое качество регулирования объясняется тем, что система приводов является слишком сложным объектом для одноконтурной системы автоматического регулирования даже при пропорционально-интегрально-дифференциальном регуляторе.

Нижеописанный способ позволяет повысить пропускную способность вибросита качеством регулирования вследствие использования релейного управления в фазовом пространстве.

Время оборота первого и второго дебалансов связано с их средними за период угловыми скоростями вращения ω_1 и ω_2 следующими соотношениями:

$$\Delta t_1 = 2\pi/\omega_1; \quad \Delta t_2 = 2\pi/\omega_2, \quad (1)$$

где Δt_1 и Δt_2 – время оборота соответственно первого и второго дебалансов; ω_1 и ω_2 – средние за период угловые скорости вращения соответственно первого и второго дебалансов.

Разность времен оборотов роторов дебалансов $\Delta t = \Delta t_1 - \Delta t_2$ связана с разностью их угловых скоростей $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ следующим образом:

$$\Delta t = \Delta t_1 - \Delta t_2 = \frac{2\pi}{\omega_1} - \frac{2\pi}{\omega_2} = 2\pi \frac{\Delta\omega}{\omega_1(\omega_1 + \Delta\omega)}. \quad (2)$$

В переходных процессах разность $\Delta\omega$ не более одного процента от ω_1 , а последняя изменяется незначительно (в пределах от 149 до 155 с⁻¹) и может быть принята постоянной. Поэтому с достаточной для управления точностью разность угловых скоростей $\Delta\omega$ пропорциональна разности времен оборотов:

$$\Delta t \approx 2\pi \frac{\Delta\omega}{\omega_1^2}. \quad (3)$$

Разность между значением сдвига по фазе углов поворота роторов второго и первого дебалансов заданного конструкции вибростата и его измеренным значением

$$\Delta\alpha = \alpha_K - \alpha_{И}, \quad (4)$$

где α_K – сдвиг по фазе углов поворота роторов второго и первого дебалансов заданного конструкции вибростата; $\alpha_{И}$ – измеренное значение сдвига по фазе углов поворота роторов второго и первого дебалансов.

$\Delta\alpha$ связана с разностью угловых частот $\Delta\omega$ соотношением:

$$\frac{d\Delta\alpha}{dt} = \Delta\omega. \quad (5)$$

Скорость изменения разности угловых частот $\Delta\omega$ роторов второго и первого дебалансов описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$J_{\text{эКВ}} \frac{d\Delta\omega}{dt} = \Delta M_2(\Delta\alpha) - \Delta M_1(\Delta\alpha), \quad (6)$$

где ΔM_1 , ΔM_2 – избыточные моменты приводов соответственно первого и второго дебалансных вибровозбудителей; $J_{\text{эКВ}}$ – эквивалентный момент инерции роторов системы приводов вибростата.

Эти обстоятельства, а именно выражения (5) и (6), позволяют рассматривать движение системы приводов вибростата на фазовой плоскости в координатах $(\Delta\alpha, \Delta\omega)$.

Способ реализован в системе управления системой приводов вибросита, изображенной на рис. 1, состоящей из двух дебалансных вибровозбудителей (ДБВ), образованных соответственно приводными асинхронными короткозамкнутыми электродвигателями 1 и 2 и дебалансами 3 и 4. Датчики 5 и 6 нулевых положений дебалансов подключены к входным портам программируемого контроллера 7. Клавиатура контроллера 8 подключена к входному порту контроллера 7, а цифровой индикатор 9 – к его выходному порту. Управляющие входы бесконтактных пускателей 10 и 11 подключены к портам дискретных выходов контроллера 7.

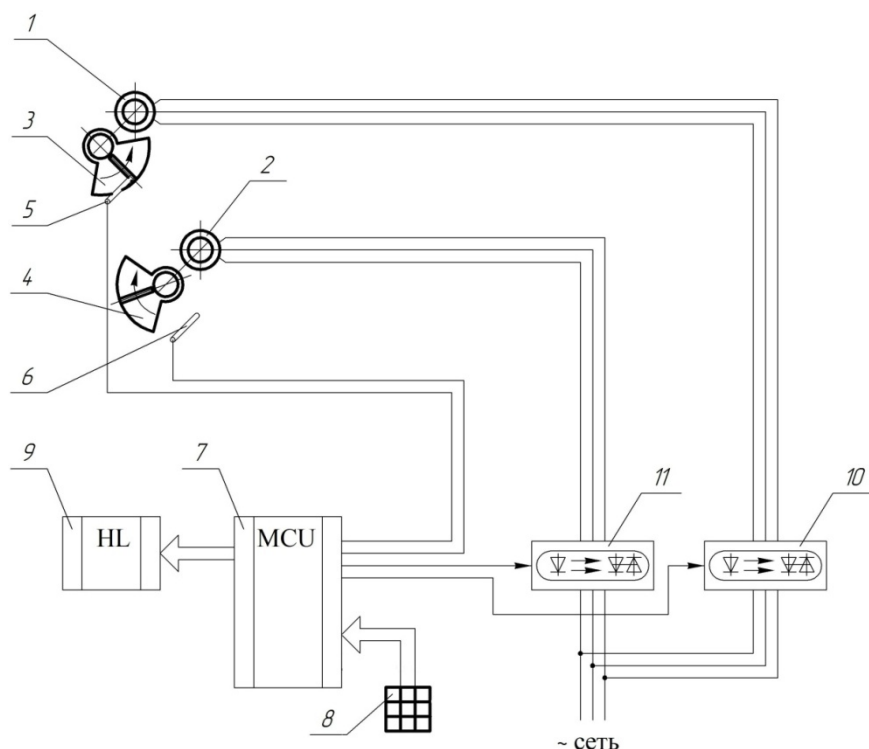


Рис. 1. Принципиальная схема управления системой приводов вибросита

По сигналам датчиков 5 и 6 в программируемом контроллере 7 измеряются времена оборотов роторов первого и второго дебалансных возбудителей Δt_1 , Δt_2 , затем вычисляется разность этих времен Δt . Как видно в формуле (2) эта разность пропорциональна разности угловых частот роторов дебалансов. По сигналам датчиков 5 и 6 в программируемом контроллере 7 измеряется также интервал времени между прохождением роторами второго и первого ДБВ своих нулевых положений $\Delta t_{\text{разн}}$, который затем пересчитывается в измеренный сдвиг по фазе $\alpha_{\text{И}}$ по формуле (1) из прототипа:

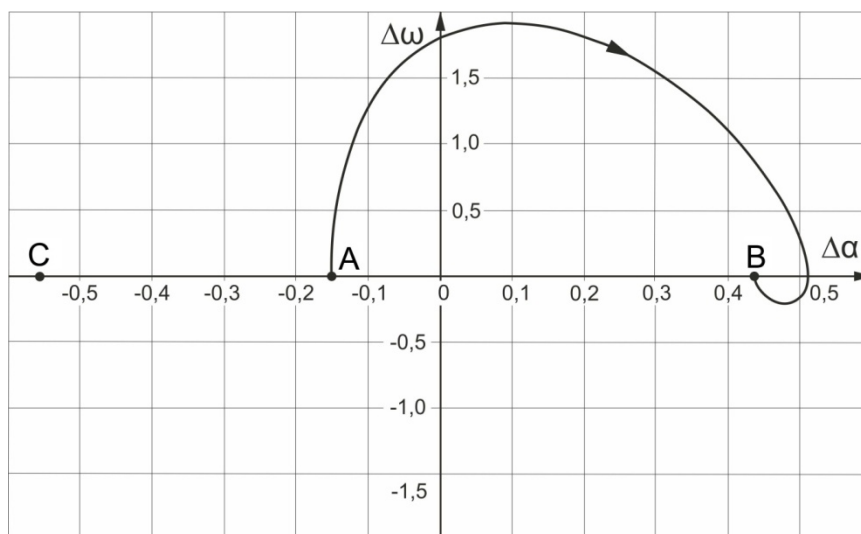
$$\alpha_{\text{И}} = \frac{2\pi}{\Delta t_1} \Delta t_{\text{разн}}. \quad (7)$$

Затем по формуле (4) вычисляется разность сдвигов по фазе $\Delta\alpha$, после чего вычисляется линейная комбинация

$$c = \Delta t + a \cdot \Delta\alpha . \quad (8)$$

Анализ движения системы приводов вибросита можно наглядно производить на фазовой плоскости в координатах $(\Delta\alpha, \Delta\omega)$. При отсутствии управления на фазовой плоскости имеются три устойчивые точки как показано на рис. 2. В точке A включены двигатели обеих ДБВ. Если после выхода вибросита на установившиеся виброколебания выключить один из двигателей ДБВ, то при достаточном значении вибрационного момента продолжится вращение ротора этого ДБВ синхронно с другим ДБВ, но на немного меньшей угловой скорости и при существенно другом сдвиге по фазе между углами поворотов дебалансов. На рис. 2 точка B соответствует выключенному электродвигателю ДБВ, вращающемуся в отрицательном направлении, а точка C – выключенному электродвигателю ДБВ, вращающемуся в положительном направлении. Положение точки A на фазовой плоскости относительно её начала определяется экспериментально.

Цель управления системой приводов вибросита состоит в том, чтобы привести изображающую точку в центр фазовой плоскости и удерживать её там. На рис. 2, *а* показана фазовая траектория перехода из точки A в точку B . На рис. 2, *б* показана фазовая траектория перехода из точки B в точку A , а также линия, соответствующая нулевому значению линейной комбинации $c = \Delta t + a \cdot \Delta\alpha = 0$. Выше этой линии линейная комбинация положительна $c = \Delta t + a \cdot \Delta\alpha > 0$, ниже этой линии линейная комбинация отрицательна $c = \Delta t + a \cdot \Delta\alpha < 0$.



a

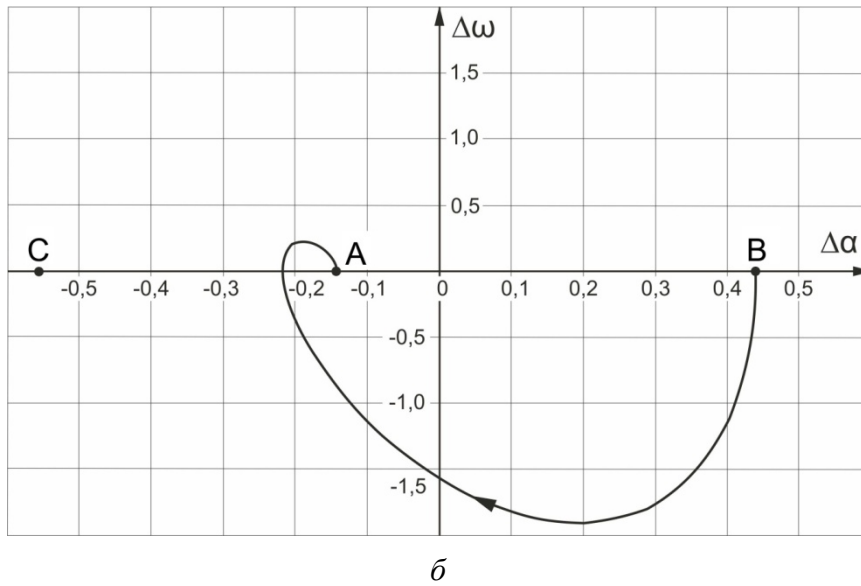


Рис. 2. Фазовая плоскость: *a* – при переходе от точки *A* к точке *B*;
б – от точки *B* к точке *A*

В зависимости от положения точки *A* относительно линии нулевого значения линейной комбинации используются одна из двух стратегий управления.

Если точка *A* расположена в области соответствующей $c < 0$ (рис. 2, *б*), то при $c < 0$ выключают электродвигатель ДБВ, вращающийся в положительном направлении, а при $c > 0$ этот электродвигатель включают. Линия нулевого значения линейной комбинации, по сути, является линией переключения. Результат такого управления показан на рис. 3, где виден скользящий режим по линии переключения. Чрезмерное увеличение коэффициента a в линейной комбинации $c = \Delta t + a \cdot \Delta \alpha$ делает линию переключения более крутой, что приводит к «протыканию» линии переключения как показано на рис. 4. В результате этого ухудшается качество регулирования из-за увеличения длительности переходного процесса.

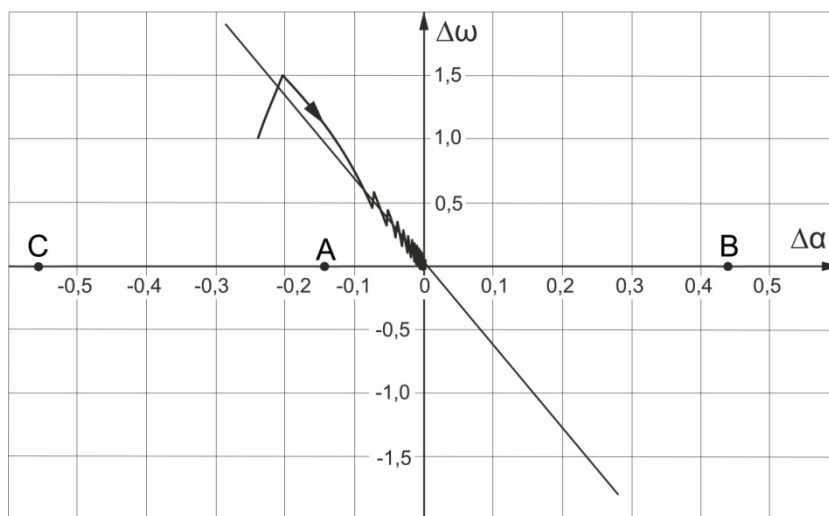


Рис. 3. Результат управления в скользящем режиме при $c < 0$

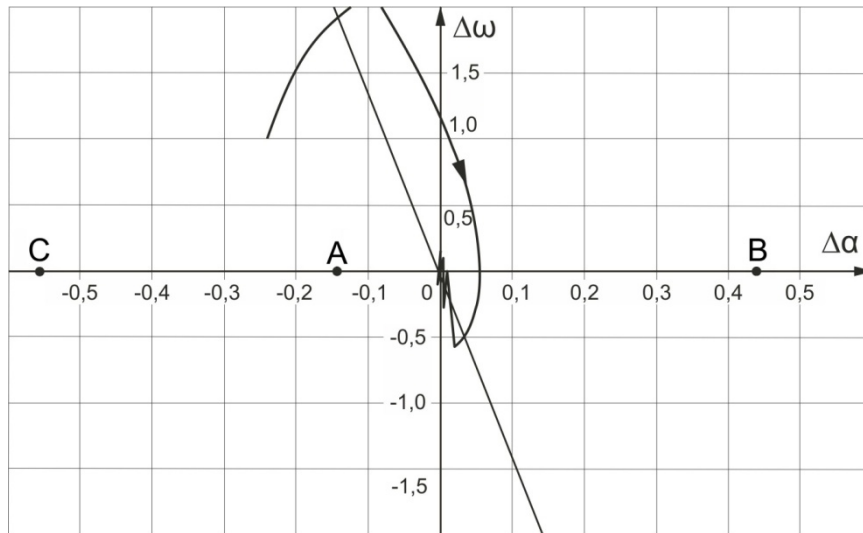


Рис. 4. Результат управления при чрезмерном значении коэффициента a

Если точка A расположена в области соответствующей $c > 0$ как показано на рис. 5, то при $c > 0$ выключают электродвигатель ДБВ, вращающийся в положительном направлении, а при $c < 0$ этот электродвигатель включают. Линия нулевого значения линейной комбинации и в этом случае является линией переключения. Результат такого управления показан на рис. 5, где виден скользящий режим по линии переключения.

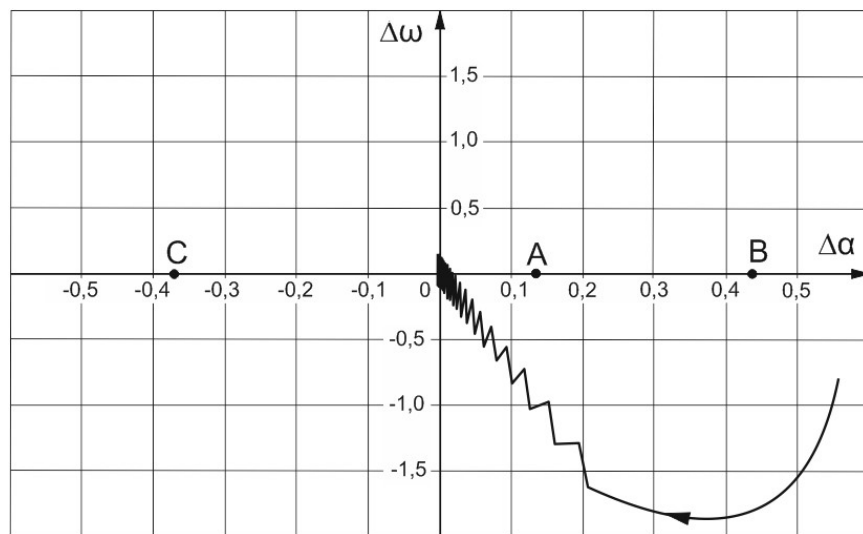


Рис. 5. Результат управления в скользящем режиме при $c > 0$

Опробование предлагаемого способа управления системой приводов вибросита проведено путем моделирования с использованием математической модели серийного вибросита СВ1Л [3]. Результаты моделирования управления по предлагаемому способу представлены на рис. 2, 3, 4 и 5. После окончания переходного процесса, т. е. когда изображающая точка приходит в область вблизи центра фазовой плоскости, в системе приводов вибросита СВ1Л возникают устойчивые автоколебания по $\Delta\alpha$ амплитудой не более 0,04 радиана и частотой менее 2 Гц.

Список литературы

1. А.с. 1264998 СССР, МПК7 В 07 В 1/40. Способ управления процессом синхронизации динамической системы/ В.Г. Трубицын, И.И. Блехман, А.С. Уманец А.С. и др. (СССР). – Опубл. 23.10.86. Бюл. № 39.
2. Пат. № 2402387 РФ, МПК7 В07В1/42, В07В21/06. Способ управления системой приводов вибростит / Кичкарь Ю.Е., Кичкарь И.Ю., Миллер А.С. – Опубл. 27.10.2010.
3. Свид. № 2015661254 РФ. Моделирование функционирования вибростита для очистки буровых растворов / Кичкарь Ю.Е., Кичкарь И.Ю., Горишний С.В. – Дата гос. регистр. 22.10.2015.

УДК 621.395.721

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА VoIP СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ

В.Н. Клишин¹, А.И. Мушенко², А.Д. Шурубов³

АО «ОКБ «Икар», г. Краснодар

E-mail: ¹victor_klishin@mail.ru, ²al_mushenko@rambler.ru,
³sh.rotor@yandex.ru

Аннотация. Приведено описание IP телефона, разработанного на отечественном микропроцессоре 1901ВЦ1Т, в котором, несмотря на ограниченный объем памяти 128 кбайт, не позволяющий использовать стандартные программные библиотеки VoIP телефонии, установлено программное обеспечение, разработанное АО «ОКБ «Икар» и обеспечивающее в полном объеме функциональные возможности VoIP связи.

Ключевые слова: VoIP связь, IP телефония, микропроцессор, RISC-ядро, модуль МЗС, интерфейс, протокол.

В последнее десятилетие в системах телефонной связи внедрена наиболее перспективная система передачи речевой информации – VoIP-телефония, позволяющая при незначительной аппаратной доработке действующих сетей передачи данных дополнить системы управления взаимодействием с помощью речевой информации. Однако имеющееся в России оборудование VoIP телефонии либо закуплено у зарубежных производителей, либо изготовлено отечественными производителями на импортной элементной базе.

В связи с имеющейся тенденцией введения санкций по поставкам импортных товаров правительством РФ приняты решения по импортозамещению, в том числе электрорадиоэлементов.

Анализ продукции ведущих российских производителей телекоммуникационного оборудования, представленной на военно-технических форумах «Армия-2015 (2016, 2017)», показал, что в номенклатуре продукции

предприятий – ОАО «Пермский телефонный завод ТЕЛТА», ОАО «Морион» (г. Пермь), ОАО «БЭТО» (г. Уфа) и других предприятий, работающих в области производства оборудования связи, отсутствует окончательное оборудование для IP-телефонии, созданное на отечественной элементной базе. Данное обстоятельство связано с тем, что отечественная промышленность не производит специализированных процессоров, обеспечивающих по производительности и объёму памяти реализацию стандартных процедур обмена в сетях IP-телефонии.

Сравнительные характеристики отечественной и импортной элементной базы приведены в таблице.

Сравнительные характеристики отечественных и импортных комплектующих

Наименование параметра	Отечественные ЭРИ	Импортные ЭРИ
Наличие специализированных интерфейсов (кофидеки, контроллеры Ethernet и т.п.)	Да	Да
Разрядность, бит	32	32
Тактовая частота	до 100 МГц	до 1 000 МГц и более
Объём ОЗУ	128 кБайт	не ограничено
Объём ПЗУ	128 кБайт	не ограничено
Наличие программных библиотек для задач VoIP связи	Нет	Да

Обращают на себя внимание объёмы ОЗУ и ПЗУ отечественных микропроцессоров, не позволяющие использовать свободно распространяемые программные библиотеки реализации механизмов обеспечения VoIP связи.

Данное обстоятельство приводит к тому, что известные нам предприятия, разрабатывающие устройства IP телефонии на отечественной элементной базе, ограничивают функции, реализуемые при использовании стандартных протоколов взаимодействия (SIP, RTP и т. п.), что в итоге отрицательно сказывается на качестве взаимодействия между устройствами их разработки и делает невозможным взаимодействие с аналогичными системами мировых производителей.

Несмотря на очевидные проблемы программно-аппаратной реализации, в 2013-м году АО «ОКБ «Икар» приступило к работе по созданию системы голосовой связи по сетям с IP коммутацией (VoIP связь) на отечественной элементной базе с полномасштабной реализацией функциональных возможностей стандартных протоколов взаимодействия.

В начале разработки было принято решение об обеспечении аппаратно-программной совместимости с аналогичными системами мировых производителей путём реализации стандартизованных и унифицированных

цифровых интерфейсов, протоколов взаимодействия и алгоритмов кодирования (Ethernet, SIP, RTP, G.711/a и т.п.), а также максимальном применении отечественной элементной базы.

В рамках выполнения СЧ ОКР разработан базовый унифицированный модуль связи МЗС МЕСИ.26.00.00.000 (рис. 1) и соответствующий комплект программного обеспечения. Отличительной особенностью разработанного модуля МЗС является отсутствие в его составе импортных электронных компонентов.

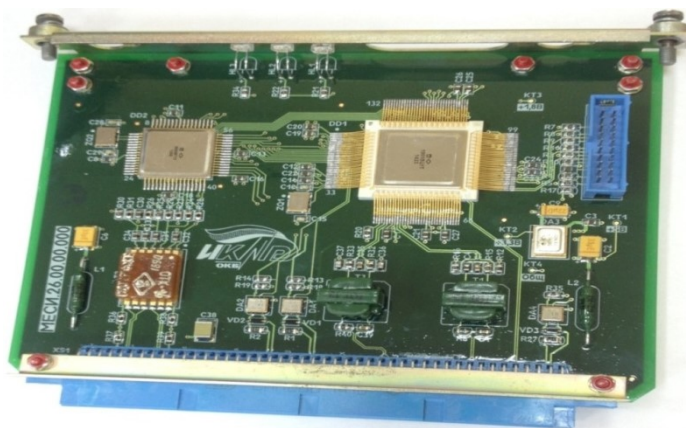


Рис. 1. Внешний вид модуля МЗС

Проблему ограниченных ресурсов отечественной элементной базы по производительности и памяти удалось решить за счёт разработки и отладки набора унифицированных кроссплатформенных программных библиотек реализации механизмов обеспечения VoIP связи на базе свободно распространяемых протоколов (SIP, RTP и др.) и алгоритмов кодирования звуковой информации (G.711a/u, G.723, CNNG, VAF, AGC и др.). Разработанное программное обеспечение отличается высоким уровнем оптимизации и способно функционировать в условиях жёстких аппаратных ограничений по производительности и объёму памяти отечественной элементной базы.

Основное назначение модуля МЗС: реализация функций цифровой звуковой связи.

Самостоятельно модуль обеспечивает:

- установление и обслуживание соединения с удалёнными абонентами на базе протокола SIP версии 2.0;
- ведение дуплексной голосовой связи в режиме «точка-точка»;
- ведение дуплексной голосовой связи в режиме «конференции» с использованием специализированного сервера;
- формирование служебных звуковых сигналов;

- приём и выполнение внешних команд управления;
- опрос единичных кнопок и/или матричной клавиатуры;
- управление индикаций единичных светодиодных индикаторов.

Основные технические характеристики модуля МЗС

Количество каналов звуковой связи.....	1
Протокол сигнализации	SIP 2.0
Протокол цифровой передачи медиаинформации.....	RTP
Алгоритм голосового кодирования.....	G.711a/u, G.723
Сетевой интерфейс (ЛВС).....	Ethernet 10Base-T
Звуковой интерфейс (ТЧ).....	0,52 В @ 600 Ом
Источник питания.....	5 В @ 250 мА
Габаритные размеры.....	150×120×20 мм

Основу модуля МЗС (рис. 2) составляет двухъядерный микропроцессор 1901ВЦ1Т разработки АО «ПКК «Миландр» (г. Москва, Зеленоград). Микропроцессор обеспечивает одновременную обработку звуковой информации (командирование, АРУ, фильтрацию и шумоподавление, детектирование звуковой активности, сжатие речевой информации и т.п.) DSP – ядром и обслуживание сетевого взаимодействия RISC – ядром. Однако практика показала, что DSP – ядро не реализует возложенные на него функции и все функции реализованы RISC – ядром.

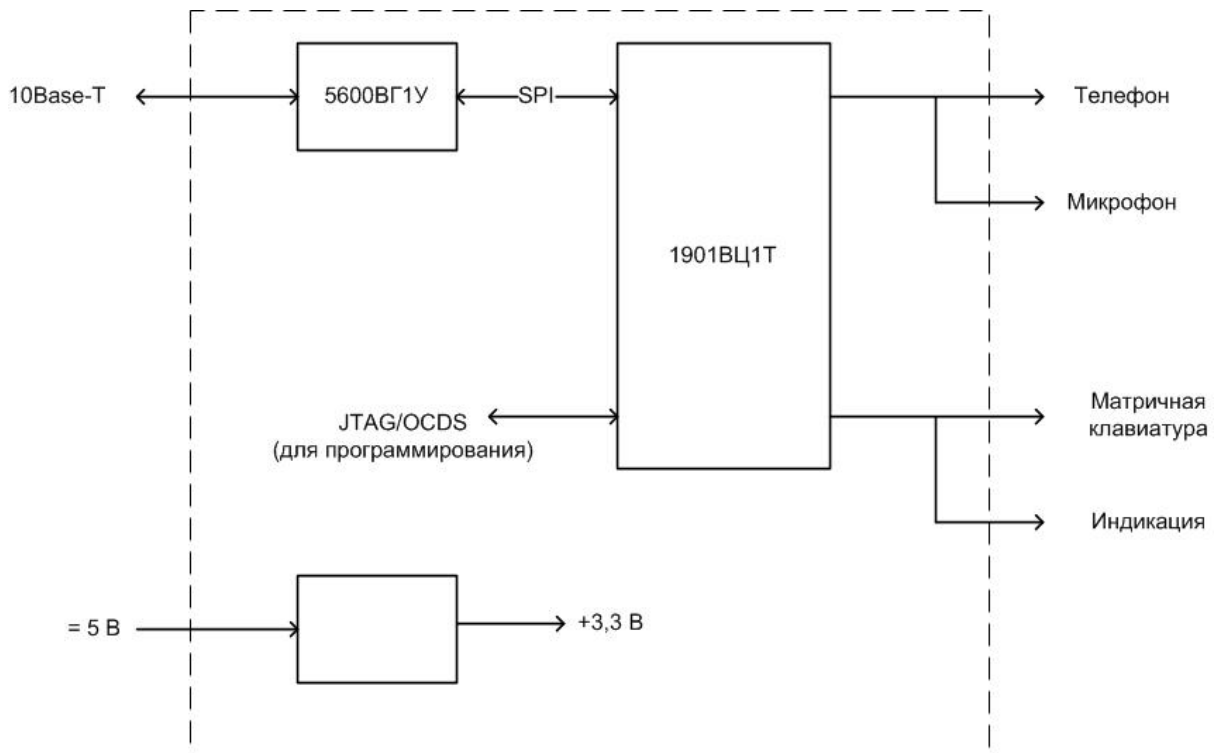


Рис. 2. Структурная схема модуля МЗС

Сетевое взаимодействие с интерфейсом Ethernet построено на базе контроллера 5600ВГ1У разработки АО «ПКК «Миландр».

На первых этапах выполнения ОКР единственным импортным элементом был импульсный трансформатор гальванической развязки интерфейса Ethernet, но с конца 2014 года он заменён на отечественный аналог – трансформатор ТРС-ЛС-1 разработки ОАО «Завод Магнетон» (г. Санкт-Петербург).

Использованный подход к разработке программного обеспечения позволяет в кратчайшие сроки выполнить разработку новых образцов встраиваемого программного обеспечения устройств VoIP связи.

На основе модуля МЗС разработан настольный телефонный «Аппарат СТ» – специализированный SIP-телефон. «Аппарат СТ» обеспечивает связь как с модулями МЗС с использованием SIP прокси-сервера, так и с другими устройствами в сети: стандартными SIP-телефонами, VoIP-шлюзами; программными АТС, поддерживающими SIP-протокол.



Рис. 3. Аппарат СТ

Полученные в настоящий момент результаты разработки оборудования VoIP-связи позволяют выполнять разработку различных специализированных устройств звуковой связи совместимых с оборудованием различных мировых производителей, а также с цифровыми АТС ОАО «БЭТО», г. Уфа, производителя телекоммуникационного оборудования как в интересах МО РФ, так и гражданского назначения.

В настоящее время АО «ПКК «Миландр» производит микропроцессор K1986BE1Q1 с одноядерным RISC – ядром и увеличенной до 144 МГц тактовой частотой (ОКР по созданию которого завершена в 2013-м году). Встроенный цифровой контроллер сети Ethernet 10/100 позволяет исключить из состава модуля МЗС микросхему 5600ВГ1У, к тому же цена

микропроцессора 1986BE1QI – 715 рублей, то есть в 35 раз ниже, чем цена микропроцессора 1901BC1T. Это в перспективе позволит довести цену IP-телефона на отечественной элементной базе до 15–20 тыс. рублей. Надо отметить, что объём памяти микропроцессора K1986BE1QI не больше, чем у микропроцессора 1901BC1T, однако наличие собственных программных библиотек позволило АО «ОКБ «Икар» приступить к разработке IP телефона на основе микропроцессора K1986BE1QI с ожидаемым сроком окончания ОКР февраль – март 2018 г.

Список литературы

1. Амато В. Основы организации сетей Cisco. – Т. 1. Серия Cisco Press. – Изд-во Вильямс, 2001.
2. Вито А. Основы организации сетей Cisco. – Т. 2. Серия Cisco Press. – Изд-во: Вильямс, 2002.

УДК 54.08: 681.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАНАЛА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ МАСЛА ДВИГАТЕЛЕЙ СТАНЦИЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

И.В. Ломакин¹, С.А. Белова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
E-mail: ¹lomakin_igor@mail.ru

Аннотация. В работе предложен алгоритм контроля системы смазки двигателя внутреннего сгорания. Получена функциональная схема канала контроля системы маслонабжения двигателя и выполнено математическое моделирование процесса его функционирования.

Ключевые слова: схемотехника, система смазки, датчик давления масла, канал контроля, алгоритм, математическое моделирование.

Наличие микропроцессоров в диагностических системах современных двигателей внутреннего сгорания открывают возможность построения автоматического канала контроля параметров системы маслонабжения двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

Показатель давления масла и его изменение под воздействием изменения числа оборотов двигателя характеризуют техническое состояние системы смазки, подшипников коленвала и распредвала.

Давление масла зависит от температуры двигателя и скорости вращения коленчатого вала. Давление масла минимально на холостом ходу, а максимальное давление масла конструктивно ограничено соответствующей регулировкой редукционного клапана. Графические зависимости приведенные в [1] легли в основу модели объекта контроля.

В работе [2] предложена аппроксимация зависимости давления масла от температуры и от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

У исправного ДВС давление масла должно составлять: 1 кгс/см² на холостом ходу (не ниже 0,3 кгс/см²); 2 – 4 кгс/см² на высоких оборотах для бензиновых двигателей; 3 – 6 кгс/см² на высоких оборотах для дизельных двигателей.

Таким образом, обрабатывая показания датчиков давления, температуры и тахометра можно составить заключение о состоянии системы смазки в текущий момент времени.

Контроль состояния системы смазки ДВС будет заключаться в выполнении следующих контрольных макроопераций:

- 1) контроль уровня масла с помощью специального датчика;
- 2) контроль температуры (t), оборотов коленчатого вала (ω), давления масла (p).

Словесное описание алгоритма контроля состояния системы смазки ДВС можно представить в следующем виде [3].

При включении зажигания необходимо убедиться в безопасности запуска двигателя. То есть в первую очередь необходимо проконтролировать минимально допустимый уровень масла на выключенном двигателе. Если уровень V находится выше минимального V_{\min} , то формируется разрешение на запуск двигателя. Если уровень V находится ниже отметки V_{\min} , то срабатывает индикатор требующий долить масло и воспрещается запуск двигателя.

Далее контролируются температура и частота вращения двигателя. По полученным значениям вычисляются четыре контрольные границы давления масла P_1, P_2, P_3 при нормальной температуре масла (80–90 °С).

Если давление p находится:

- ниже границы давления $p_1(\omega)$, то необходимо снять и проверить клапан;
- выше границы давления $p_1(\omega)$, то давление масла p сравнивается со следующей границей допуска $p_2(\omega)$;
- ниже границы давления $p_2(\omega)$, то загорается индикатор «долить» масло и формируется рекомендация на остановку двигателя;
- выше границы давления $p_3(\omega)$, но ниже допуска $p_3(\omega)$, то давление масла p считается нормальным для работы ДВС;
- выше границы давления $p_2(\omega)$, то работа двигателя прекращается до устранения неисправностей (загрязнение масляных каналов, неправильная регулировка редукционного клапана).

Процесс контроля повторяется до тех пор, пока не появится неисправность или не поступит команда на остановку двигателя.

Предлагаемый алгоритм позволяет контролировать текущее состояние системы смазки ДВС в процессе его эксплуатации.

Функциональная схема разрабатывается путем поблочного раскрытия структурной схемы с учетом анализа особенностей объекта, содержания работы и технических требований.

Симуляция модели позволяет спрогнозировать поведение системы в различных условиях или проверить модель, сравнив результаты исполнения с тестовыми данными.

Для проверки работоспособности системы разработаем математическую модель системы маслоснабжения.

Описание динамических свойств датчиков температуры и частоты вращения коленчатого вала задаются передаточными функциями (значения были выбраны методом подбора):

$$W(s) = \frac{100}{2s + 1} \quad \text{и} \quad W(s) = \frac{5000}{0,1s + 1}.$$

В блоках Saturation задавались ограничивающие значения по нижнему пределу. На первый вход сумматоров Subtract поддается текущее давление, на второй вход блоков поступает граничное значение давления. Затем происходит оценка результатов контроля в блоке Switch. Если значение входного сигнала, поступающего на вход блока Switch, совпадает с каким либо граничным значением, то на соответствующем выходе блока формируется управляющий сигнал. Результаты сравнения выводятся на цифровой дисплей Display .

Вид математической модели спроектированной в MATLAB, представлен на рис. 1.

На представленной модели осуществляет сравнение текущего значения давления масла с известными заранее границами допуска давления масла.

В качестве исходных данных были приняты следующие граничные значения для различных состояний системы смазки:

$$p_1(\omega) = 1,7 \left(1 - e^{-\frac{(\omega-800)}{700}} \right); \quad p_2(\omega) = 3,7 \left(1 - e^{-\frac{(\omega-800)}{700}} \right);$$

$$p_3(\omega) = 5,2 \left(1 - e^{-\frac{(\omega-800)}{700}} \right).$$

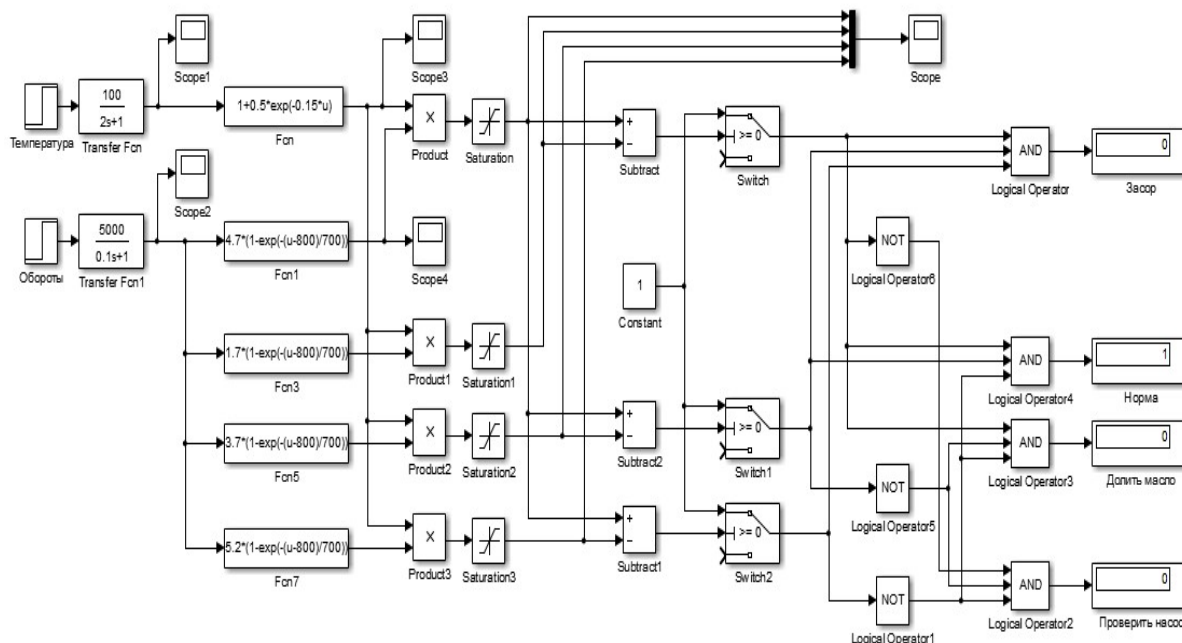


Рис. 1. Математическая модель в среде MATLAB

Значение текущего значения давления масла формируется из показаний датчиков температуры и частоты вращения коленчатого вала. Это значение можно описать формулой:

$$P_{тек}(\omega, t) = P_0 \left(1 + 0,5e^{-0,15t} \right) \left(1 - e^{\frac{-(\omega-800)}{700}} \right).$$

Состояние системы смазки зависит от коэффициента P_0 . Эту зависимость можно представить в виде табл. 1. В данном примере значение текущего давления соответствует нормальному состоянию системы смазки.

Таблица 1

Таблица состояний

P_0	HL1 (засор)	HL2 (норма)	HL3 (долить масло)	HL4 (проверить насос)
$\geq 5,2$	1	0	0	0
$5,2 > P_0 > 3,7$	0	1	0	0
$\leq 3,7$	0	0	1	0
$\leq 1,7$	0	0	0	1

Для наблюдения за процессами в модели установлен осциллограф – блок Scope. Моделирование проводилось для заданных исходных данных. Результаты моделирования позволяют наблюдать зависимость давления от времени, представляя результаты в графическом виде. При тестировании оценивалось соответствие модели поставленной задаче. На рис. 2 представлен рост давления в момент запуска и работы двигателя. В результате моделирования были определены граничные значения для различных состояний системы смазки.

Аналогично моделирование было выполнено для показаний давления масла выходящих за допустимые пределы. Математическая модель позволила идентифицировать состояние системы маслоснабжения для каждого диапазона значений давления масла (рис. 3–5).

Если текущее давление масла находится выше границ допуска, то загорается индикатор «засор».

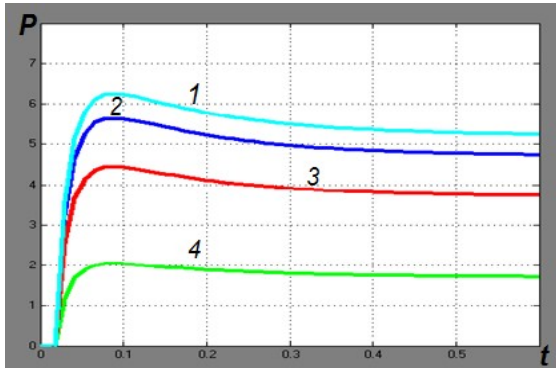


Рис. 2. Графики для нормального режима работы: 1 – $P_1(t)$; 2 – $P_{\text{тек}}(t)$; 3 – $P_2(t)$; 4 – $P_3(t)$

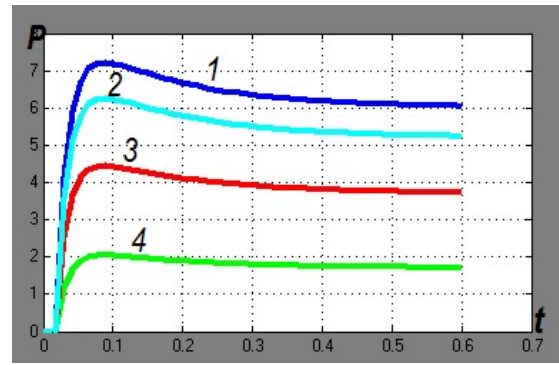


Рис. 3. Графики для режима работы «засор»: 1 – $P_{\text{тек}}(t)$; 2 – $P_1(t)$; 3 – $P_2(t)$; 4 – $P_3(t)$

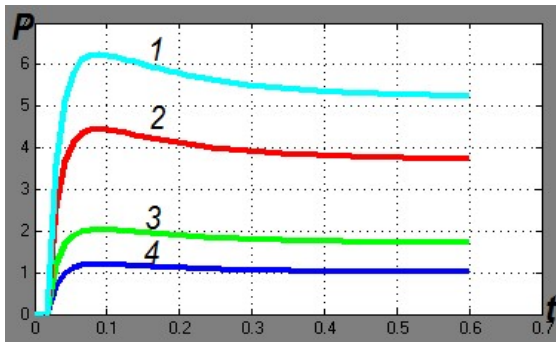


Рис. 4. Графики для режима работы «неисправный насос»: 1 – $P_1(t)$; 2 – $P_2(t)$; 3 – $P_3(t)$; 4 – $P_{\text{тек}}(t)$

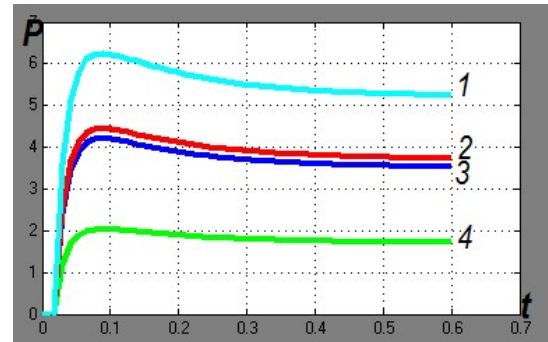


Рис. 5. Графики для режима работы «недостаток масла»: 1 – $P_1(t)$; 2 – $P_2(t)$; 3 – $P_{\text{тек}}(t)$; 4 – $P_3(t)$

Текущее давление масла находится ниже границ допуска. Загорается индикатор «проверить насос» или загорается индикатор «долить масло».

Моделирование подтверждает работоспособность приведенная системы текущего контроля.

Список литературы

1. Косенков А.А. Проверка давления масла URL: <http://world2car.ru/index.php/diagnostika-avtomobilya/607-proverka-davleniya-masla>.
2. Контроль за давлением масла в двигателе. Система смазки двигателя внутреннего сгорания.– URL: <http://www.autoshcool.ru/remont>.

3. Автоматизация контроля давления масла двигателей внутреннего сгорания. Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: Труды Седьмой Всероссийской научно-практической конференции / Под общей редакцией В.Ю. Островляничика. – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2016 г. – с. 110 – 115.

4. Алгоритм автоматического контроля давления масла двигателей станций электроснабжения: Материалы докладов II Поволжской научно-практической конференции / Под общ. Ред. Э.Ю. Абдуллазянова. В 3 т. – Т.1. – Казань: Казан. гос. энерг.ун-т, 2016. – с. 276.

УДК 539.143

ПРИБОРНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОТОЧНОГО АНАЛИЗА СКВАЖИННОЙ ЖИДКОСТИ НА ПАРАФИНЫ, СМОЛЫ, АСФАЛЬТЕНЫ И ВЯЗКОСТЬ МЕТОДОМ ПРОТОННОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

И.А. Сунцов¹, Р.С. Кашаев², О.В. Козелков³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹ilya0992@mail.ru, ²kashaev2007@yandex.ru, ok.1972@list.ru

Аннотация. Возникновение асфальто-смолисто-парафиновых отложений (АСПО) ведет к осложнениям добычи нефти. В связи с этим актуальна задача разработки новых методов проточного экспресс-контроля параметров скважинной жидкости на базе протонного магнитного резонанса (ПМР), который является бесконтактным, не требует подготовки пробы и легко автоматизируем. В работе поставлена задача совершенствования комплекса добычи с помощью УЭЦН для автоматического управления работой скважин, включения/выключения индукционного прогрева призабойной зоны пласта и/или трубопроводов скважины в зависимости от содержания асфальтенов, смол и парафинов, контролируемых от проточного ПМР-анализатора.

Ключевые слова: асфальто-смолисто-парафиновые отложения, проточного экспресс-контроль, протонный магнитный резонанс, параметры скважинной жидкости, индукционный прогрев.

Повышение концентраций асфальтенов, смол и парафинов и сопутствующее этому возникновение асфальто-смолисто-парафиновых отложений (АСПО) ведет к осложнениям добычи нефти. В связи с этим актуальна задача разработки новых методов проточного экспресс-контроля параметров скважинной жидкости (СКЖ) для оптимизации технологических процессов нефтедобычи, подготовки, транспортировки и переработки нефти. Существующие методы контроля и анализа не обладают достаточной представительностью пробоотбора, осуществляются целой номенклатурой анализаторов и не обладают достаточной оперативностью.

Одним из таких методов является метод ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР), который относится к методам квантовой радиофизики. Уникальные возможности ЯМР связаны с тем, что квантово-магнитные свойства ядер (протонов) не зависят от морфологии исследуемого объекта, инверсии фаз, и в то же время параметры релаксации протонных фаз коррелируют с физико-химическими свойствами (ФХС) объектов исследования. Теория ПМР хорошо развита, что с успехом может быть использовано для анализа нефти.

Экспресс-метод ПМР является бесконтактным, не требует подготовки пробы и автоматизируем, что важно для дистанционного контроля и управления труднодоступных скважин и предупреждения техногенных аварий. Это также один из путей рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. Его эффективность была продемонстрирована в ряде методик, разработанных для лабораторных ПМР-анализов в работах Р.С. Кашаева и О.В. Козелкова [1–6] и имеет перспективу развития при проточном ПМР-анализе.

Наиболее востребованными при добыче нефти являются установки с погружным электроцентробежным насосом (УЭЦН), которыми в месторождениях Российской Федерации оснащены 70 000 скважин, обеспечивающие 70 % добычи нефти в РФ. За последние 30 лет доля нефти, добытая с их помощью выросла в 2,5 раза, и тенденция сохраняется. УЭЦН проста в обслуживании, имеет небольшую металлоемкость, широкий диапазон по расходу и напору, большой межремонтный период и на поверхности располагаются только станция управления и трансформатор, что облегчает автоматизацию и телеуправление. Применение частотно-регулируемого (ЧР) электропривода (ЭП) может обеспечить существенные технические, технологические и экономические преимущества УЭЦН, насосов для поддержания внутрипластового давления, насосов промысловой перекачки СКЖ и нефти. ЧР осуществляет плавное, широкодиапазонное и экономичное регулирование скорости ротора погружного электродвигателя (ПЭ) УЭЦН и повышает надежность оборудования, уменьшает износ и экономит ресурс и энергию.

Наконец, для предотвращения и устранения АСПО необходим прогрев НКТ и СКЖ, индукционный прогрев добываемой СКЖ, призабойной зоны пласта и/или трубопроводов скважины. При этом для включения или отключения прогрева необходим учет состава СКЖ на содержание асфальтенов, смол и парафинов. Должна быть также предусмотрена возможность архивирования данных о работе каждого процесса, дистанционное управление и передача данных по беспроводному или кабельному каналу.

В этой связи актуально совершенствование комплекса добычи с помощью УЭЦН для автоматического управления работой скважин. На основе ПМР-анализатора (ПМРА) при использовании ПМР-метода может быть разработана многофункциональная автоматическая станция интеллектуальной скважины, в качестве прототипа которой может выступать патент РФ № 128894 [7].

Тема исследований выбирались из соображений актуальности задач и могут быть сформулированы так:

1. Усовершенствование аппаратуры ПМР, разработка автоматической мехатроники устройства отбора проб и анализа СКЖ, разработка методик экспресс-контроля и программного обеспечения.

2. Разработка программного обеспечения измерения, переработки и управления установками и моделирования процессов.

3. Разработка автоматической мехатронной установки отделения парафинов, асфальтенов и смол и подготовки сырой нефти, управляемой от ПМР-анализатора с целью повышения качества товарной нефти.

Включены работы по разработке отдельных блоков релаксометра ПМР для экспресс-контроля методом ПМР асфальтенов, смол и парафинов, а также таких параметров, как расход СКЖ по компонентам.

Значимость для практики и науки планируемых результатов исследований заключается в том, что по результатам работ планируется разработка автоматизированных электромеханических систем нефтедобычи с применением преобразователей частоты и напряжения, регулирование продуктивности скважин, повышение нефтеотдачи продуктивных пластов и полный автоматизированный контроль параметров скважинной жидкости, нефти и воды с использованием методик экспресс-контроля единым измерительным аппаратно-программным комплексом на базе метода ЯМР.

Список литературы

1. Кашаев Р.С., Козелков О.В. Приборостроение и мехатроника в нефтяной промышленности и энергетике: монография. Germany: Изд. Palmarium academic publishing, Saarbrücken. 2017, – 110 с.

2. Кашаев Р.С., Козелков О.В. Приборы и методы анализа физико-химических свойств нефти // Успехи современного естествознания. ISSN 1681-7494. – 2017. – № 4.

3. Кашаев Р.С., Козелков О.В. Кубанго Б.Э. Проточные протонные магнитно-резонансные анализаторы для контроля скважинной жидкости по ГОСТ Р 8.615-2005 ГСИ // Изв. Вузов. Пробл. Энерг. 2017. – № 1–2. – С. 137–151.

4. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Кубанго Б.Э. Способы и мехатронные комплексы нефтедобычи // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 6. – С. 52–57. URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=36697>.

5. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Малев Н.А., Кубанго Б.Э. Автоматическое управление УЭЦН используя измерения СКЖ проточным ПМР-анализатором // Изв. Вузов. Пробл. энергетики, 2017. – № 5–6.

6. Кашаев Р.С., Кубанго Б.Э. Проточные ПМР-анализаторы для контроля скважинной жидкости: Монография. Изд. Юком. ISBN 978-5-4480-0076-8, DOI:1017117 / mon 2016.11, URL: Ucom.ru/mon.

7. Патент РФ №128894 Е21В 36/04, Е21В 37/06 Многофункциональная автоматическая комплексная станция интеллектуальной скважины. Авт. Глебов В.И., Скворцов Д.Е. от 07.12.2012.

УДК 681.52

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ УРОВНЕМ НАПРЯЖЕНИЯ 0,4 кВ НА ДОЖИМНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ.

И.Б. Шайдуллин

ООО «ТаграС-ЭнергоСервис», г. Альметьевск

E-mail: shaydullin.86@bk.ru

Аннотация. Рассматривается вопрос модернизации защиты асинхронных электродвигателей расположенных на дожимных насосных станциях в структурных подразделениях ПАО «Татнефть».

Ключевые слова: дожимные насосные станция, защита асинхронных электродвигателей.

Электронный контроллер тока позволяет защитить электродвигатель при наступлении одного из следующих событий: короткого замыкания, холостого хода электроустановки, превышении тока электроустановки выше номинального, пропадания одной или двух фаз, перекоса фаз по току.

В таб.1 представлена информация о количестве внедренных ЭКТМ в структурных подразделениях ПАО «Татнефть» по годам. Средний срок службы ЭКТМ наработки на отказ составляет порядка 6 лет. Принимая во внимание данный факт, ЭКТМ внедренные в период с 2007 по 2010 год в количестве 312 шт, в ближайшее время потребуют замены.

На сегодняшний день на территории РФ основными производителями контроллеров для защиты электродвигателей являются «СибЭлектроЗащита», «СибСпецПроект», «Техно-М», «Микроникс». На рис. 2 представлен анализ технических характеристик контроллеров устройств защиты. Были рассмотрены следующие устройства защиты ЭД: ЭКТНД, КСКН, УБЗ, УЗД.

Таблица 1

№ п/п	Структурное подразделение ПАО «Татанефть»	Годы						ИТОГО
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	
1	НГДУ «Азнакаевскнефть»	8	10	7	9	8	6	48
2	НГДУ «Альметьевнефть»	7	9	6	8	7	5	42
3	НГДУ «Бавлынефть»	8	3					11
4	НГДУ «Джалильнефть»	13	12	7	14			46
5	НГДУ «Елховнефть»	14	18	16	11	13		72
6	НГДУ «Лениногорскнефть»	20	17	18	17	11		83
7	НГДУ «Нурлатнефть»	7	8	6				21
8	НГДУ «Прикамнефть»	10	9					19
9	НГДУ «Ямашнефть»	7	8	5				20
ИТОГО		312			362			

На рисунке представлена информация о количествах и причинах отказов ЭКТМ в период эксплуатации с 2007 по 2016 гг. За 9 лет опыт эксплуатаций выявлено следующие недостатки защиты ЭКТМ.



При рассмотрении характеристик устройств защиты наибольшее внимание необходимо уделить на степень исполнения защиты, корректировку уставок, среднее время наработки на отказ, дополнительный объем памяти и диапазон рабочей температуры.

Проведенный анализ показал, что устройство «ЭКТНД» производства «СипЭлектроЗащита» г. Томск наиболее удовлетворяет требованиям надежности и предпочтительно для использования защиты электродвигателей дожимных насосных станциях.

Для повышения надежности работы контроллера ЭКТНД предлагаю смонтировать данный контроллер в отдельном шкафу степенью защиты не ниже IP56. Предусмотреть в данном шкафу систему микроклимата

позволяющую в зависимости от температуры окружающей среды поддерживать оптимальную температуру внутри шкафа. Установить вентилятор и греющий элемент, работу которых осуществлять через выносной датчик температуры.

Наименование устройства	Электронный контроллер тока и напряжения (ЭКТНД)	Универсальный блок защиты	Устройство защиты двигателя (УЗД-7М)	Контроллеры станка качалки (КСКН)
Внешний вид устройства				
Изготовитель	ООО «СибЭлектроЗащита»	ООО «Техно-М»	ООО НТФ «Микроникс»	ООО «СибСпецПроект»
Город	Томск	Днепропетровск	Омск	Томск
Степень защиты	IP-42	IP-40	IP-20	IP-20
Корректировка уставок	В панели контроллера	В панели контроллера	В панели контроллера	Через пульт ПУ-04
Среднее время наработки на отказ, часов, не менее	80000 (9лет)	50000 (6лет)	60000 (7лет)	50000 (6лет)
Объем встроенной памяти	(16, 32, 64, 128, 256)кБ+SD карта	(16, 32, 64, 128, 256) кБ	(16, 32, 64, 128, 256) кБ	(16, 32, 64, 128, 256) кБ
Диапазон контролируемых токов	0,05...6250	5...63	0,5...5800	0,05...6250
Диапазон контролируемых напряжений	50...450	180...450	176...264	180...450
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+40	-35...+55	-40...+55	-35...+40
Гарантия, год	3	1	1	1
Цена, руб.	4 500	7 500	10 000	4 000

Чистый дисконтированный доход за весь срок эксплуатации 10 232. Дисконтированный срок окупаемости 4,5 года.

Выводы: Таким образом, защита ЭКТНД позволяет успешно решать следующие задачи:

1. Высокая чувствительность к низким и высоким температурам окружающей среды. Установленные внутри шкафа греющий элемент и вентилятор позволяет поддерживать температуру в заданных пределах.

2. Активное окисление металла контакта реле. Степень защиты IP-56 не позволит агрессивной среде окислять металл контакта реле.

3. Неисправность пульта управления. Управление контроллером осуществляется на панели прибора. Отсутствует необходимость подключения пульта управления.

4. Перегрев контактной пружины токопроводов. Установленные внутри шкафа греющий элемент и вентилятор позволяет поддерживать температуру в заданных пределах.

Список литературы

1. Мусин А.М. Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты. –М.: Колос, 1979.

2. ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Минск, 1997.

УДК 539.143

МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ПРОБООТБОРА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОТ МИКРОПРОЦЕССОРА АТМЕГА

А.Р. Шакиров, Р.С. Кашаев¹, О.В. Козелков²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹kashaev2007@yandex.ru, ²ok.1972@list.ru

Аннотация. Работа содержит обзор отечественной и зарубежной литературы в области мехатронных систем автоматического пробоотбора жидкости из трубопроводов, технологии и параметров оборудования для нефтедобычи. Предложено для осуществления контроля вязкости и расхода скважинной жидкости (СКЖ) и управления работой установка электроцентробежного насоса (УЭЦН) использовать проточный протонно-резонансный анализатор (ПМРА).

Ключевые слова: мехатронная система, автоматический пробоотбор жидкости, установка электроцентробежного насоса, проточный протонно-резонансный анализатор.

Работа содержит обзор и анализ отечественной и зарубежной литературы в области автоматического пробоотбора из трубопровода для контроля параметров скважинной жидкости, в частности вязкости и расхода, аппаратуры, с помощью которой это осуществляется – дебитомеров, и технологии и параметров оборудования для нефтедобычи с помощью установки электро центробежного насоса (УЭЦН), наиболее востребованных (70 % добычи) и эффективных на настоящее время в РФ.

Пробоотбор и контроль физико-химических параметров (ФХП) скважинной жидкости (СКЖ) и регулирование ЭП затруднено многообразием входящих в СКЖ компонентов и постоянно меняющихся в ходе добычи их свойств, агрессивностью, токсичностью, взрывоопасностью среды. Существующие методы контроля и анализа не обладают достаточной представительностью пробоотбора, осуществляются номенклатурой анализаторов, не обладая оперативностью.

Одним из таких методов является метод ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР), который относится к методам квантовой радиофизики. Уникальные возможности ЯМР связаны с тем, что квантово-магнитные свойства ядер (протонов) не зависят от морфологии исследуемого объекта, инверсии фаз, и в то же время параметры релаксации протонных фаз коррелируют с физико-химическими свойствами (ФХС) объектов исследования. Теория ПМР хорошо развита, что с успехом может быть использовано для анализа нефти.

Экспресс-метод ПМР является бесконтактным, не требует подготовки пробы и автоматизируем, что важно для дистанционного контроля и управления труднодоступных скважин и предупреждения техногенных аварий. Это также один из путей рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. Его эффективность была продемонстрирована в ряде методик, разработанных для лабораторных ПМР-анализов в работах Р.С. Кашаева и О.В. Козелкова [1–6] и имеет перспективу развития при проточном ПМР-анализе.

В этой связи актуально совершенствование мехатронного комплекса представительного пробоотбора, интегрированного с аппаратурой ПМР-анализатора (ПМРА) при использовании ПМР-метода, разработана многофункциональная автоматическая интеллектуальная скважина.

Список литературы

1. Кашаев Р.С., Козелков О.В. Приборостроение и мехатроника в нефтяной промышленности и энергетике: Монография. Germany: Изд. Palmarium academic publishing, Saarbruken, 2017. – 110 с.
2. Кашаев Р.С., Козелков О.В. Приборы и методы анализа физико-химических свойств нефти // Успехи современного естествознания. – ISSN 1681-7494. – 2017. – №4.
3. Кашаев Р.С., Козелков О.В. Кубанго Б.Э. Проточные протонные магнитно-резонансные анализаторы для контроля скважинной жидкости по ГОСТ Р 8.615-2005 ГСИ // Изв. Вузов. Пробл. Энерг. – 2017. – № 1-2. – С. 137-151.

4. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Кубанго Б.Э. Способы и мехатронные комплексы нефтедобычи // Современные наукоемкие технологии, 2017. – №6. – с. 52–57. URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=36697>.

5. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Малев Н.А., Кубанго Б.Э. Автоматическое управление УЭЦН используя измерения СКЖ проточным ПМР-анализатором // Изв. Вузов. Пробл. энергетики, 2017. – № 5–6.

6. Кашаев Р.С., Кубанго Б.Э. Проточные ПМР-анализаторы для контроля скважинной жидкости: Монография. Изд. Юком. ISBN 978-5-4480-0076-8, DOI:1017117/mon 2016.11, URL: Ucom.ru/mon.

УДК 539.143

БЛОК ПИТАНИЯ ПЕРЕНОСНОГО АВТОНОМНОГО ПРОТОННО-МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСНОГО РЕЛАКСОМЕТРА

Р.Р. Шамгунов, Р.С. Кашаев¹, О.В. Козелков²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹kashaev2007@yandex.ru, ²ok.1972@list.ru

Аннотация. Работа содержит обзор отечественной и зарубежной литературы в области аппаратуры протонно-магнитных резонансных (ПМР) релаксометров (ПМРР), в частности импульсных малогабаритных блоков питания используемых в ПМРР.

Ключевые слова: контроль, параметры скважинной жидкости, вязкость, расход, установка электроцентробежного насоса, проточный протонно-резонансный анализатор.

При проектировании и отладке различной аппаратуры предъявляются специальные требования к их источникам питания (ИП). Так как микросхемы разных типов в протонно-магнитных резонансных (ПМР) релаксометрах (ПМРР) имеют свои питающие напряжения, ИП должен обеспечивать выходное напряжение разных номиналов. Важными критериями при выборе ИП также являются: потребляемый ток, уровень стабилизации напряжений, уровень пульсации напряжений, наличие систем защиты и массогабаритные размеры ИП. Любой из параметров, выходящих за границы допустимых требований приводит к нарушениям в работе всего устройства.

На сегодняшний день большое количество фирм занимаются исследованием и разработкой первичных и вторичных источников питания, занимаются их производством и реализацией сбыта продукта на рынке, однако, при разработке электронной аппаратуры, нередко конструируется свой ИП, адаптированный под конкретный вид ПМРР.

Одной из главных проблем построения ПМР-релаксометра с питанием от аккумулятора является выбор схемотехники источника питания, который должен обеспечивать необходимую мощность при питании его

непосредственно напряжением аккумулятора (12В). При этом нужно учитывать разрядку аккумулятора и превышение его номинального напряжения непосредственно после его зарядки.

Целью настоящей работы является разработка и исследование импульсного блока питания от аккумулятора для ПМР-релаксометра, при этом требования к ИП: габариты должны быть 50×230, выходные напряжения: +20 В; +6 В; -10,5В, а выходной ток до 2 А.

Обобщенная структурная схема импульсного БП приведена на рис.1.

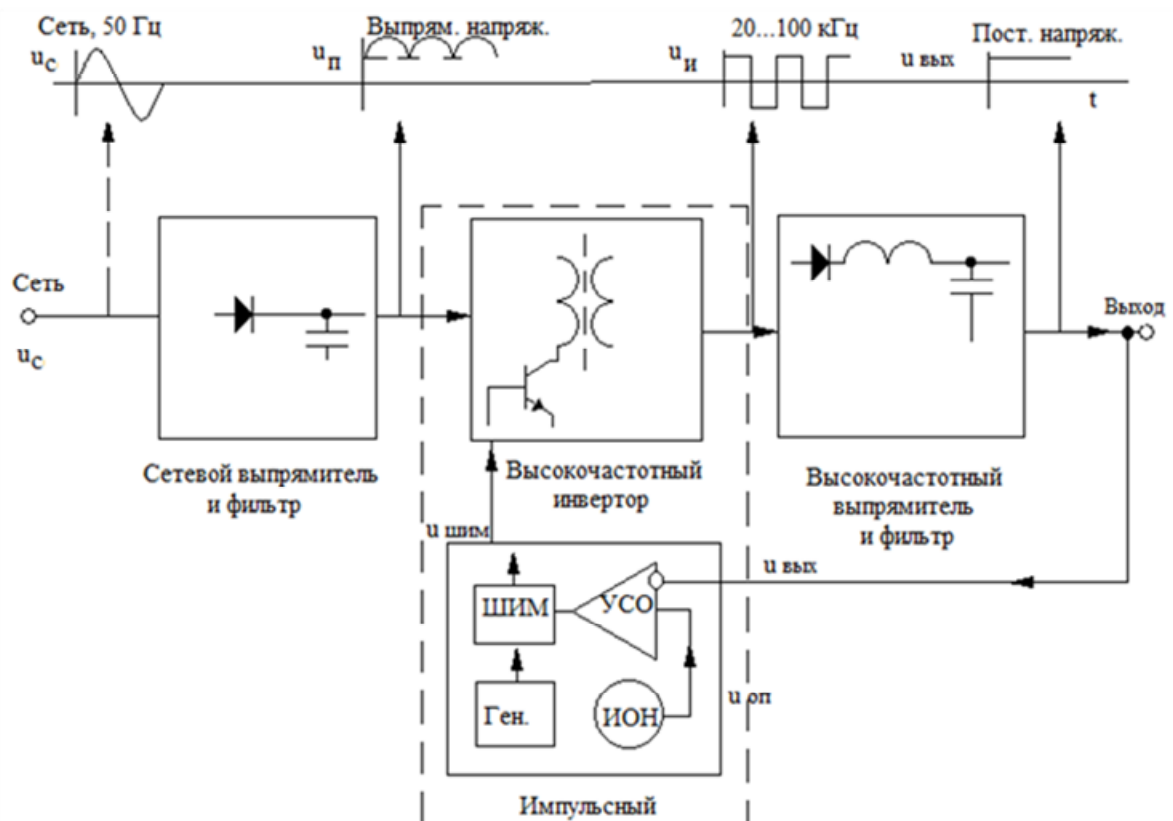


Рис.1

ИИП состоит из четырех основных блоков:

- 1 – сетевой выпрямитель с емкостным фильтром;
- 2 – высокочастотный инвертор выпрямленного напряжения сети;
- 3 – устройство управления ВЧ инвертором;
- 4 – выходной высокочастотный выпрямитель с емкостным фильтром.

Высокочастотный инвертор совместно с устройством управления образуют импульсный преобразователь, который может быть емкостным или индуктивным. Емкостные преобразователи в основном используются для питания маломощных нагрузок и представляют собой устройства с переключаемыми конденсаторами. Большей в ИИП популярностью пользуются индуктивные преобразователи, которые в свою очередь делятся

на дроссельные (или автотрансформаторные) и трансформаторные. Дроссельные и трансформаторные преобразователи относятся к разряду импульсных стабилизаторов напряжения, которые делят на инвертирующие, понижающие и повышающие.

Одним из недостатков импульсных преобразователей является наличие гальванической связи между с питающей сетью. Исключить гальваническую связь можно вводом силового трансформатора на входе импульсного стабилизатора, но при этом повышается вес и размеры устройства и снижается его удельная мощность.

На рис. 2 приведена электрическая принципиальная схема разработанного импульсного блока питания от аккумулятора без оконечных стабилизаторов на напряжения +20 В, +6 В, -10,5 В, необходимые для питания портативного ЯМР-релаксометра.

Основными модулями разработанного ИБП являются:

- двухтактный контроллер на микросхеме КФ1211ЕУ (обозначен как IC1);
- два КМОП транзистора IRF7309 (Q1/Q2 в одном корпусе, Q3/Q4 в одном корпусе);
- удвоитель напряжения на диодах D2 и D4;
- Инвертор напряжения на диодах D3 и D5;
- Стабилизатор КР142ЕН22 для выходного напряжения +20 В (IC2).

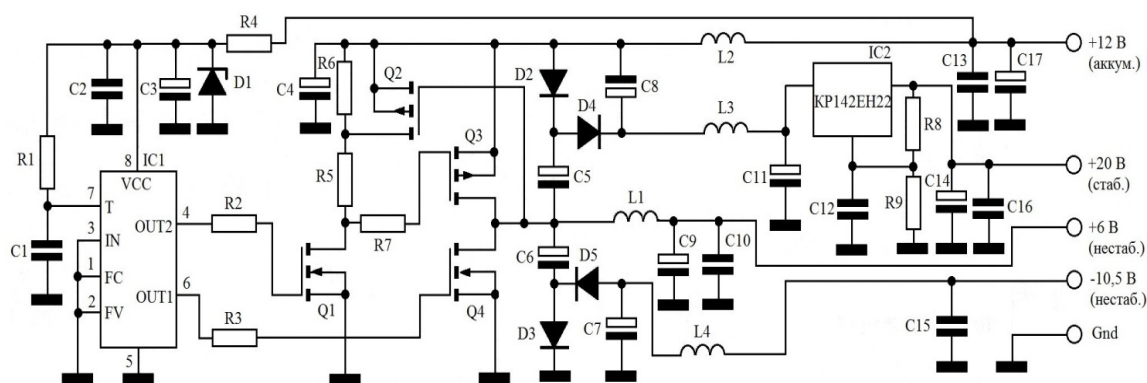


Рис. 2

Для построения ИБП в качестве ШИМ-контроллера была выбрана микросхема КФ1211ЕУ, которая обеспечивает ВЧ-сигнал в виде меандра.

Данная микросхема является двухтактной, то есть в отличие от однотактных, в ней происходит формирование двух последовательностей управляющих импульсов, разделенных между собой регулируемой паузой. Данная особенность позволяет управлять полевыми транзисторами, которые

в отличие от биполярных транзисторов управляются напряжением, а не током. Для быстрого закрытия полевого транзистора, нужно быстро разрядить емкости затвор – исток и затвор – сток. Для этого используется двухтактный выходной каскад контроллера, который обеспечивает замыкание выхода на общий провод, когда нужно закрыть полевой транзистор. Микросхема включает в себя задающий генератор, делитель частоты, формирователь импульсов и выходной усилитель.

Так как в ИБП питающим элементом будет служить аккумулятор (12 В), напряжение которого может отличаться от номинального по мере зарядки, либо разрядки, напряжения питания МС стабилизируется стабилитроном D1.

Максимальные токи и напряжения на выходах контроллера КФ1211ЕУ небольшие, поэтому для исключения быстрого выхода их строя контроллера из-за перегрузки необходимо применение драйвера (усилителя мощности импульсов). Данный усилитель выполнен на КМОП транзисторе IRF7309, обозначенный на электрической принципиальной схеме как Q1/Q2.

ВЧ-сигнал усиливается на Q1/Q2 и после эмиттерного повторителя, выполненного на идентичном КМОП транзисторе, поступает в часть схемы, где происходит удвоение и инверсия напряжений. Приведены максимальные значения некоторых параметров для КМОП транзисторов IRF7309.

Удвоения напряжения происходит на диодах D2,D4, конденсаторе C5, индуктивности L3. На диодах D3,D5, конденсаторе C7, индуктивности L4 напряжение инвертируется до нестабилизированного – 10,5 В. Со средней точки эмиттерного повторителя (Q3/Q4) снимается нестабилизированное напряжение (после конденсаторов C9, C10) +6 В.

Стабилизация удвоенного напряжения для выхода +20 В происходит на трехвыводном регулируемом линейном стабилизаторе напряжения KP142ЕН22, характеристики которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Входное напряжение	Не более 35 В
Выходное напряжение	1,2 – 35 В
Выходной ток	До 5 А
Мощность рассеивания	2 Вт
Нестабильность по току	Не более 0,01 %
Нестабильность по напряжению	Не более 0,015 %
Долговременная стабильность	1% / 1000 ч.

Особенностью данного стабилизатора является наличие встроенной схемы токовой защиты, защиты от короткого замыкания и ограничения предельной мощности.

На рис. 3 представлена разводка платы ИБП, выполненная в программе Sprint-Layout. Распечатанная на глянцевой бумаге с помощью лазерного принтера разводка платы, переносилась на заранее подготовленный стеклотекстолит для дальнейшего травления платы хлорным железом. На рис. 4 изображен изготовленный импульсный блок питания.

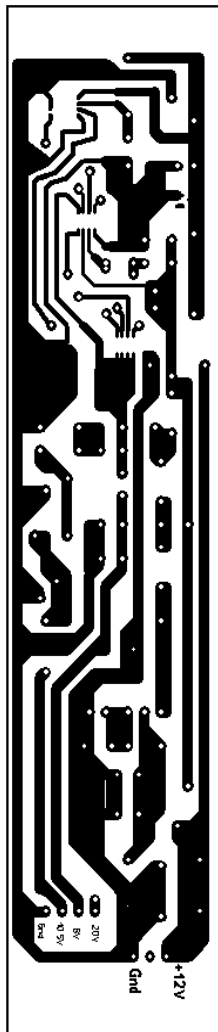


Рис. 3



Рис. 4

Характеристики изготовленного импульсного блока питания в виде зависимостей выходных напряжений преобразователя от величины подаваемого на вход напряжения, в предположении, что после подзарядки напряжение аккумулятора будет превышать номинальное, а после продолжительной работы будет значительно ниже, представлены в табл. 2. Также в таблице представлены значение потребляемого тока при работе ИБП без нагрузки.

Таблица 2

$U_{\text{ВХ}}, \text{В}$	$U_{\text{ВЫХ}}, \text{В}$		$I, \text{А}$
10	$U_{\text{ВЫХ.1}} (20)$	20,3	0,08
	$U_{\text{ВЫХ.2}} (6)$	8,5	
	$U_{\text{ВЫХ.3}} (-10,5)$	-19,6	
11,2	$U_{\text{ВЫХ.1}} (20)$	20,3	0,09
	$U_{\text{ВЫХ.2}} (6)$	9,5	
	$U_{\text{ВЫХ.3}} (-10,5)$	-22	
12	$U_{\text{ВЫХ.1}} (20)$	20,3	0,11
	$U_{\text{ВЫХ.2}} (6)$	10,1	
	$U_{\text{ВЫХ.3}} (-10,5)$	-23,2	
13	$U_{\text{ВЫХ.1}} (20)$	20,3	0,13
	$U_{\text{ВЫХ.2}} (6)$	11	
	$U_{\text{ВЫХ.3}} (-10,5)$	-24,8	
14	$U_{\text{ВЫХ.1}} (20)$	20,3	0,14
	$U_{\text{ВЫХ.2}} (6)$	11,9	
	$U_{\text{ВЫХ.3}} (-10,5)$	-25,8	

Как видно из табл. 2, стабилизированный выход на 20 В остается стабильным в рамках подаваемых на вход напряжений. Не стабилизированные выходы U_2 и U_3 допускают регулировку в зависимости от напряжения на входе.

Зависимости выходных напряжений и потребляемого тока при номинальном напряжении питания от аккумулятора, но с различными сопротивлениями нагрузки, подключаемых к каждому выходу поочередно, приведены в табл. 3.

Таблица 3

$U_{\text{ВХ}}, \text{В}$	$R_{\text{нагр.}}, \text{Ом}$	$U_{\text{ВЫХ}}, \text{В}$		$I, \text{А}$
12	10	$U_{\text{ВЫХ.1}} (20)$	20,3	3,31
		$U_{\text{ВЫХ.2}} (6)$	7,9	0,45
		$U_{\text{ВЫХ.3}} (-10,5)$	-10,3	0,98
	20	$U_{\text{ВЫХ.1}} (20)$	20,3	2
		$U_{\text{ВЫХ.2}} (6)$	8,4	0,3
		$U_{\text{ВЫХ.3}} (-10,5)$	-12	0,67
	30	$U_{\text{ВЫХ.1}} (20)$	20,3	1,38
		$U_{\text{ВЫХ.2}} (6)$	9,4	0,26
		$U_{\text{ВЫХ.3}} (-10,5)$	-13,1	0,52

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$R_{\text{нагр.}}, \text{Ом}$	$U_{\text{вых.}}, \text{В}$		$I, \text{А}$
12	88	$U_{\text{вых.1}} (20)$	20,3	0,57
		$U_{\text{вых.2}} (6)$	9,9	0,16
		$U_{\text{вых.3}} (-10,5)$	-15,3	0,27

Из табл. 3 видно, стабилизированный выход U_1 остается стабильным в интервале подключаемых нагрузок. Нестабилизированные напряжения на выходах U_2 и U_3 остаются достаточно высокими для стабилизации в блоке стабилизации портативного ПМР-релаксометра. Максимальный потребляемый ток ИБП при подключении нагрузки в 10 Ом к стабилизированному выходу U_1 составляет 3,31 А, что приемлемо для питания импульсного блока питания непосредственно от аккумулятора.

Список литературы

1. Трейсер Р., Мейо Дж. 44 источника электропитания для любительских электронных устройств. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288с.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Монография / Пер. с англ. Б.Н. Бронина, А.И. Коротова, М.Н. Микшиса, О.А. Соболевой. – М.: Мир, 1993.
3. Прянишников В.А. Электроника. Полный курс лекций. СПб.: Корона Принт, 1998. – 416 с.
4. URL: http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet.
5. URL: http://www.hiifp.ru/data/media/images/posobie5_1mua.pdf.
6. URL: http://ivatv.narod.ru/vvedenie_v_elektroniku/1.00.htm.

УДК 620.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Г.Р. Шарафутдинова, А.А. Гимазетдинов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Научный руководитель – к.т.н., доцент, зав. каф. О.В. Козелков

Аннотация. Приведены основные методы и средства неразрушающего контроля. Описаны исследование применимости способов контроля и диагностики его преимущества и недостатки.

Ключевые слова: средства неразрушающего контроля и диагностика, оптический метод, оптические приборы.

Неразрушающий контроль – это контроль, оценка или проверка надежности свойств и параметров конструкций, оборудования отдельных узлов, без вывода из строя объекта.

Выбор метода и прибора неразрушающего контроля для решения задач зависит от параметров контролируемого объекта и условий его обследования. Ни один из методов и приборов не является универсальным и не может удовлетворить в полном объеме требования практики.

К средствам неразрушающего контроля и диагностики относят контрольно-измерительную аппаратуру, в которой используют проникающие поля, вещества и излучения для получения информации о качестве исследуемых материалов и объектов. Классификация методов неразрушающего контроля: акустический, магнитный, вихретоковый, оптический, электрический, тепловой, радиационный.

Оптический неразрушающий контроль основан на анализе взаимодействия оптического излучения с объектом контроля.

Данный метод применяют для измерения контроля состояния поверхности и обнаружения поверхностных дефектов. С помощью оптических методов неразрушающего контроля обнаруживают пустоты, поры, расслоения, трещины, инородные включения, геометрические отклонения и внутренние напряжения в объектах контроля.

Оптический неразрушающий контроль основан на анализе взаимодействия оптического излучения с объектом контроля. Данный метод применяют для измерения контроля состояния поверхности и обнаружения поверхностных дефектов. Оптический вид неразрушающего контроля включает в себя 3 метода: наружный метод, перископический метод, эндоскопический метод.

Преимущества оптических методов неразрушающего контроля в их простоте, применении несложного оборудования и относительно небольшой трудоемкости. Поэтому они нашли применение на различных стадиях изготовления деталей и элементов конструкций.

УДК 78.25.01.51

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ МОБИЛЬНОГО МЕЖВИДОВОГО ЦЕНТРА БОЕВОЙ ПОДГОТОВКИ

*Д.Л. Шулипенко¹, А.В. Рытов², А.Ю. Козиков³, С.П. Ситников⁴,
А.В. Войнаш, А.Ю. Михеев*

МВАА, г. Санкт-Петербург

E-mail: ¹Kamchatka2c19@yandex.ru, ²aleksandr-rytov@mail.ru,
³kozikov78@mail.ru, ⁴odecca74@mail.ru

Аннотация. Проблема эффективного использования технических средств обучения является одной из самых важных и сложных в подготовке специалистов артиллерийских подразделений. Особое значение она приобретает, если речь идет об использовании не единичных тренажеров, а систем, объединяющих большое количество тренажерных средств различного назначения.

Ключевые слова: технические средства обучения, тренажерный комплекс, мобильный тренажерный комплекс, оружейный тренажер, боевая подготовка, специалисты артиллерийских подразделений, номера расчетов, самоходные артиллерийские орудия, командирские машины управления.

В последние годы в артиллерии значительно возросла доля современных и, как следствие, сложных образцов вооружения, эксплуатация которых требует высокого уровня подготовки расчетов и экипажей. Увеличение масштабов использования тренажеров, привело к созданию специализированных стационарных тренажерных комплексов (ТК), с помощью которых осуществляется комплексная подготовка специалистов в составе подразделения.

Однако, с учетом значительного удаления воинских частей от таких ТК, обладающих, к тому же, ограниченной пропускной способностью, и затрат, связанных с организацией воинских перевозок, целесообразно рассмотреть возможность создания мобильных тренажерных комплексов (МТК) для подготовки и контроля специалистов самоходной артиллерии, в пунктах постоянной дислокации. Процесс подготовки должностных лиц артиллерийских подразделений предполагается перенести на реальную боевую технику с использованием передовых компьютерных технологий и без расхода моторесурса.

Главной задачей создания артиллерийских МТК является организация и проведение боевого слаживания органов управления, совершенствование слаживания боевых подразделений с применением модульных имитационных средств, имеющих возможность развертывания в короткие сроки на любой местности, а также решения основных задач боевой работы огневых подразделений, стрельбы и управления огнем с учетом современных требований к подготовке должностных лиц артиллерийских подразделений, опыта локальных войн и конфликтов, требований к живучести артиллерийских подразделений.

Комплект мобильного центра боевой подготовки предполагается иметь в бригадах (дивизиях) в виде управляющего сервера, комплекта «подчиненных» компьютеров и подключаемых к боевой технике (встроенных) тренажеров. Таким образом для контроля уровня подготовки проверяемых подразделений предполагается сделать мобильным только управляющий сервер и ряд АРМ (ЭВМ), необходимых для моделирования обстановки. «Подчиненные» компьютеры, кроме всего прочего должны обеспечивать тренировки подразделений в отсутствие управляющего сервера.

Целесообразность этого решения может быть обусловлена:

- 1) потребностью значительного количества транспортных средств для перевозки существующих тренажеров, не являющихся, по сути, мобильными;
- 2) низкой устойчивостью сложной компьютерной техники к транспортировке на значительные расстояния;
- 3) высокой стоимостью перевозок;
- 4) большим количеством времени, требующимся для монтажа-демонтажа и настройки аппаратуры на новом месте;
- 5) объективно ограниченным количеством циклов «монтаж-настройка-демонтаж» – переезд равносильен пожару.

В связи с этим на первый план выходит возможность размещения на существующих образцах артиллерийского вооружения подключаемых тренажеров (а в дальнейшем встроенных тренажеров на новых образцах вооружения), которые должны обеспечивать:

- включение любого САО и КШМ в единую информационную сеть;
- передачу на АРМ СОБ пространственного положения канала ствола (угол возвышения, угломер или дирекционный угол наведенного орудия);
- установку взамен штатных наблюдательных приборов мониторов-имитаторов, на которые, применительно к данному образцу вооружения, будет выводиться обстановка, смоделированная общевойсковым командиром;
- сопряжение КШМ НА, НША, КД, НЩД со средствами разведки.

К тому же, если определение положения канала ствола может быть решено посредством сопряжения прицельных комплексов орудий посредством цифро-аналоговых (аналого-цифровых) преобразователей с ЭВМ тренажера, то с рабочими местами механиков-водителей дело обстоит гораздо сложнее – требуется либо установка машины на динамическую платформу, либо отдельный тренажер, чтобы не «опускать» процесс подготовки механика-водителя до уровня компьютерной игры.

Таким образом, для комплексной подготовки и проверки подразделения самоходной артиллерии (гаубичной самоходной артиллерийской батареей) целесообразно создание МТК, который объединил бы в единую сеть тренажер 9Ф701-С (компьютерный артиллерийский полигон), боевые машины (орудийные тренажеры) и тренажеры для подготовки механиков-водителей, при чем последние предлагается использовать только в случае невозможности реализации концепции встроенного тренажера на реальных САО.

С учетом вышеизложенного, предлагается следующий вариант структуры МТК для подготовки специалистов подразделений самоходной артиллерии (рис. 1).

Подключаемый (встроенный) орудийный тренажер, а также тренажер КШМ СОБ самостоятельно и в составе МТК должны обеспечивать решение следующих задач боевой работы:

Задача № 1. Расположение машины СОБ на местности (ст. 7 РБРОПА).

Задача № 2. Выбор точек наводки (ст. 10 РБРОПА).

Задача № 3. Придание основному орудью основного направления стрельбы по визиру машины СОБ (ст. 33 РБРОПА).

Задача № 4. Придание основному орудью основного направления стрельбы по буссоли, ориентированной в основном направлении стрельбы (ст. 33 РБРОПА).

Задача № 5. Придание основному орудью основного направления стрельбы по заранее определенному угломеру (ст. 34 РБРОПА).

Задача № 6. Придание основному орудью основного направления стрельбы по вехам (ст. 35 РБРОПА).

Задача № 7. Построение параллельного веера батареи по визиру машины СОБ (ст. 37 РБРОПА).

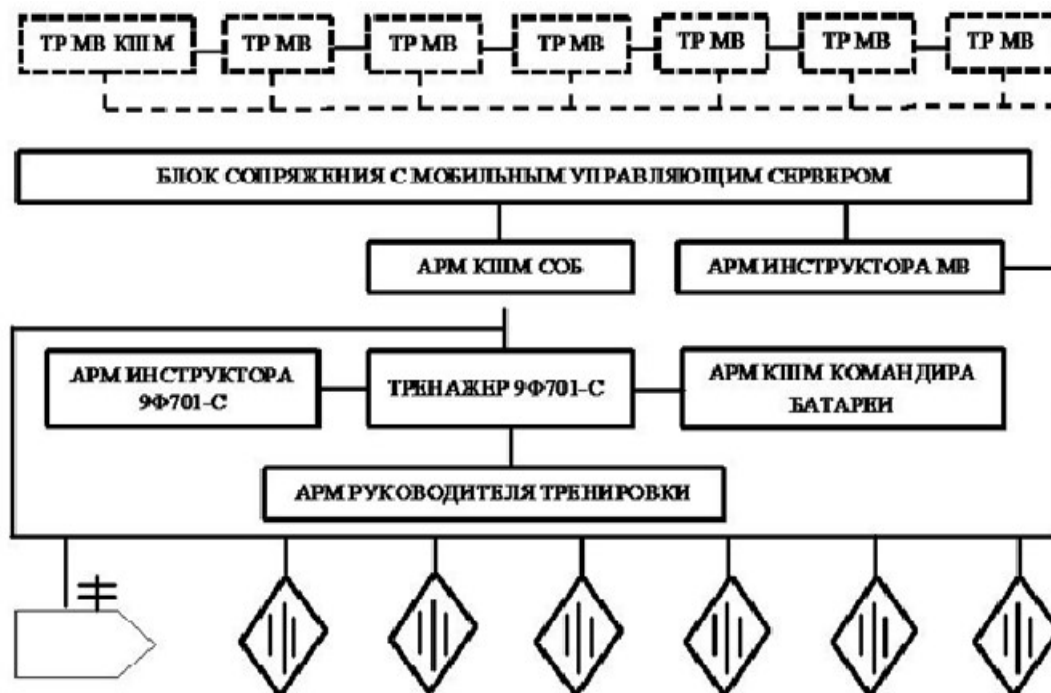


Рис. 1. Структура мобильного тренажерного комплекса для подготовки должностных лиц ГСАДН и номеров расчетов САО (вариант)

Задача № 8. Построение параллельного веера батареи по основному оружию (ст. 38 РБРОПА).

Задача № 9. Построение параллельного веера батареи по небесному светилу (ст. 39 РБРОПА).

Задача № 10. Определение интервалов и уступов относительно основного орудия (ст. 40 РБРОПА).

Задача № 11. Определение превышения каждого орудия относительно основного (ст. 40 РБРОПА).

Задача № 12. Определение наименьших прицелов (ст. 16, 42 РБРОПА).

Задача № 13. Установка орудийного коллиматора при едином угле-мере (ст. 43 РБРОПА).

Задача № 14. Ориентирование визира машины СОБ в основном направлении стрельбы (ст. 19, 20 РБРОПА).

Задача № 15. Контроль точности ориентирования орудий (ст. 50 РБРОПА).

Задача № 16. Выполнение задач № № 1А, 2А КПА.

Задача № 17. Выполнение задачи № 3 КПА (в объеме гл. II РБРОПА).

Тренажер 9Ф701-С (вариант компьютерного артиллерийского полигона) должен иметь возможность сопряжения с «общевойсковым сервером», а также обеспечивать решение следующих задач стрельбы и управления огнем:

Задача № 1. Обеспечение проведения практических занятий:

1.1. Выработка первоначальных навыков по выполнению обязанностей в ходе стрельбы и управления огнем.

1.2. Тренировки по СиУО офицеров (сержантов).

1.3. Тренировки по СиУО адн (абатр) в составе ячеек управления.

1.4. Тренировки по СиУО с возможностью комплексирования с техническими средствами разведки (РЛК РОП 219М «Зоопарк»).

1.5. Тренировки по СиУО с возможностью комплексирования с огневыми взводами (в том числе с орудийными тренажерами).

Задача № 2. Обеспечение выполнения задач 3, 3Вт, 4, 5, 5Вт, 6, 7 КПА.

Комплекс средств контроля и управления тренировкой (управляющий сервер) (рисунок 2) должен обеспечивать решение следующих задач:

1. Обеспечение запуска и завершения работы.

2. Настройка.

3. Обеспечение доступа к учебному материалу.

4. Навигация по учебному материалу.

5. Представление учебного материала и обеспечение взаимодействия с ним.

6. Моделирование изучаемых объектов и процессов.

7. Контроль знаний и умений обучаемых.

8. Управление процессом обучения.

9. Служебные функции.



Рис. 2. Комплекс средств контроля и управления тренировкой (управляющий сервер)

Как известно, наибольшую эффективность имеют тренировки на реальной местности с привлечением штатной техники, однако, в связи с особенностями организации боевых артиллерийских стрельб, эксплуатации полигонов, а также в целях экономии боеприпасов и моторесурса должна быть предусмотрена возможность сопряжения (комплексирования) компьютерного артиллерийского полигона (тренажера 9Ф701-С) с машиной СОБ и огневыми взводами посредством организации проводной или радиосвязи без участия управляющего сервера.

Схема комплексирования тренажера 9Ф701-С с огневыми взводами артиллерийской (минометной) батареи и техническими средствами разведки (ТСР) представлена на рис. 3.

Для того, чтобы создаваемый МТК обеспечивал качественную подготовку должностных лиц артиллерийских подразделений, составляющие его элементы должны соответствовать следующим требованиям:

1. Подключаемый (встроенный) тренажер САО:

- В поле зрения панорамы должно быть предусмотрено наличие верхнего броневых листа башни. На АРМ СОБ и инструктора должна быть исключена возможность назначения точек наводки в «мертвом пространстве».

- В поле зрения панорамы должны отображаться все орудия батареи для реализации возможности построения параллельного веера батареи различными способами.

- В поле зрения панорамы должна отображаться шкала коллиматора с возможностью изменения положения шкалы с АРМ инструктора.

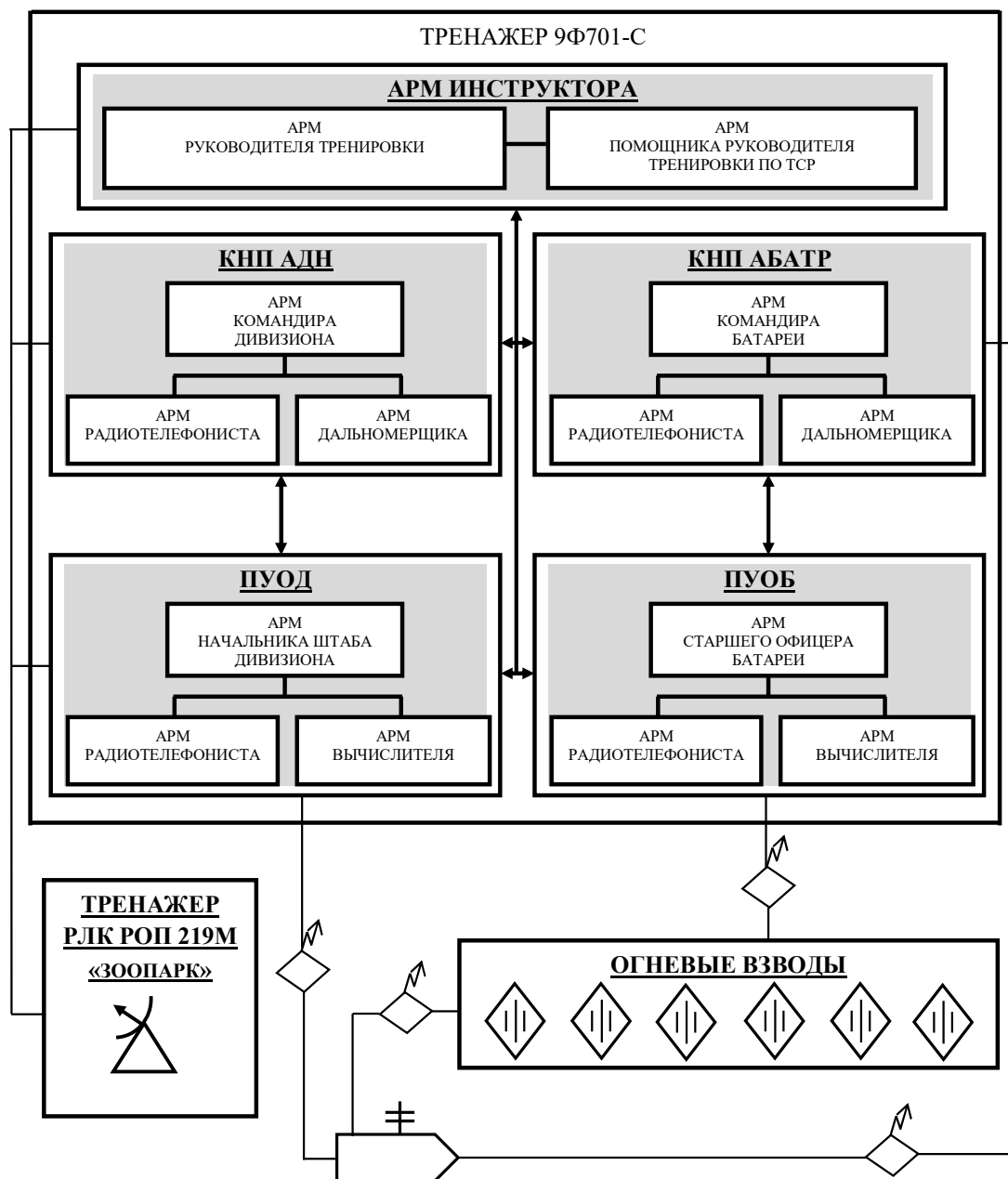


Рис. 3. Схема комплексирования тренажера 9Ф701-С с огневыми взводами артиллерийской (минометной) батареи и ТСР

2. АРМ старшего офицера батареи:

- На АРМ СОБ должна быть предусмотрена визуализация всех «машин» батареи в поле зрения визира (визира-дальномера) с реализацией возможности определения по ним дальностей и угломеров (дирекционных углов).

- На АРМ СОБ должны быть в полной мере реализованы возможности АСУНО. На СГ система ССГККУ может быть реализована в виде подключаемого (встроенного) тренажера, но с учетом положения машины на местности (значения дирекционного угла оси машины), заданного с АРМ инструктора.

- Координаты машины СОБ должны отображаться на имитаторе ВПИ «Грот-В». На АРМ СОБ должна быть реализована возможность задания точки стояния на местности каждому орудию с отображением координат на имитаторах ВПИ «Грот-В» тренажеров, АРМ СОБ и АРМ инструктора.

- Необходимо наличие нескольких единых электронных карт местности для СОБ (НШД) и КБ (КД).

- На АРМ СОБ должна быть предусмотрена возможность работы с выносного пункта (ЭВМ «Багет»).

3. АРМ инструктора (руководителя тренировки):

- На АРМ инструктора (руководителя тренировки) и АРМ СОБ должно быть предусмотрено наличие электронной схемы ориентиров для оформления карточки огня орудия.

- На АРМ инструктора (руководителя тренировки) должна быть предусмотрена возможность введения ошибок СГ, как в процессе заряжания, так и в ходе стрельбы.

- На АРМ инструктора (руководителя тренировки) должна быть предусмотрена возможность «выведения из строя» любой из машин батареи.

- На АРМ инструктора (руководителя тренировки) должна быть предусмотрена возможность самостоятельной «установки» ориентиров, буссоли и машины СОБ на местности.

- На АРМ инструктора (руководителя тренировки) должна быть предусмотрена возможность «перестановки» машин на местности с изменением значения дирекционного угла оси машины.

- Должна быть реализована возможность отдельного использования МТК для расчетов орудий и тренажера 9Ф701-С.

4. Тренажер механика-водителя:

- Тренажер механика-водителя (ТР МВ) должен обеспечивать визуализацию изображения ствола гаубицы и изображения впереди идущей машины для учета особенностей вождения в колонне.

- АРМ инструктора МВ должно обеспечивать возможность внезапной «остановки» впереди идущей машины.

- Должна быть реализована возможность самостоятельного использования тренажеров МВ.

- Тренажер механика-водителя должен обеспечивать возможность визуального разбора выполнения упражнения (просмотр шибок, совершенных обучаемым при движении по маршруту, преодолении препятствий).

5. Тренажер 9Ф701-С:

- Тренажер 9Ф701-С должен обеспечивать возможность работы с реальными САО и машиной СОБ посредством организации дополнительной линии связи, а именно: назначение района огневых позиций при работе с реальной местностью, с введением в сценарий руководителя занятия координат огневой позиции определённых оператором – топогеодезистом отделения управления старшего офицера батареи, что позволит проводить мероприятия боевой работы на закрытой огневой позиции в полном объёме с ограничением на ведение огня.

- Тренажер 9Ф701-С должен обеспечивать максимальный охват должностных лиц ячеек управления артиллерийских подразделений при проведении тренировки по СиУО с адн (абатр).

- Должны быть реализованы возможности хронометрирования выполнения огневой задачи в автоматическом режиме, суммирования частных темпов и определения оценки за рабочее время.

- Должна быть реализована возможность фиксирования ошибок в решении при выполнении огневой задачи с последующим их учетом при определении оценки согласно КПА.

- Должна быть реализована возможность автоматического определения отклонений по дальности и направлению при определении оценки за точность огня.

- Должна быть обеспечена визуализация поля боя с любого элемента боевого порядка адн (абатр).

- Должна быть предусмотрена возможность достоверного учета влияния метеорологических и баллистических условий стрельбы на полет снаряда.

- Должна быть предусмотрена возможность нанесения (редактирования) тактической обстановки на единых электронных картах местности с автоматизированных рабочих мест СОБ (НЩД) и КБ (КД).

Данный перечень требований к элементам МТК не окончательный, он может быть скорректирован в ходе формирования ТТЗ и предварительных испытаний комплекса.

Помимо требований к решению задач стрельбы и управления огнем, задач боевой работы, не следует оставлять без внимания и эргономическую составляющую.

Эргономические требования к элементам МТК должны строиться с учетом специфики применения образца вооружения, обеспечивать повышение уровня мотивации к обучению, соответствовать требованиям к представлению информации.

Основными эргономическими требованиями являются: максимальное соответствие рабочих мест и приборного оснащения элементов МТК реальным образцам вооружения, удобство расположения номеров расчета на рабочих местах, доступность аппаратуры и качественного усвоения информации, что позволит избежать отрицательного воздействия на психику, создаст благожелательную атмосферу в ходе тренировок.

Соответствие МТК особенностям боевого применения артиллерийских подразделений является одним из основных условий его эффективности. Несоответствие этим требованиям приведет или к некачественному восприятию обучаемыми части информации, или к невыполнению боевой задачи.

Кроме этого, очень важно, чтобы содержание всех, без исключения, элементов МТК удовлетворяло требованиям научности, логичности, полноты и концептуальной замкнутости.

В заключении следует отметить, что, несмотря на кажущуюся привлекательность, идея создания ММЦБП требует тщательной и разносторонней проработки.

К примеру, целесообразно обратить внимание на такие, на наш взгляд значимые факторы, как:

- большой отрыв квалифицированных специалистов промышленности, при подготовке и осуществлении очередного «переезда», оплату их командировочных расходов;
- значительное количество времени, требующееся, на демонтаж оборудования, перевозку, монтаж и наладку на новом месте;
- неизбежный выход из строя различных элементов МТК в ходе цикла «монтаж-настройка-демонтаж»;
- логистическая составляющая (расчет необходимого транспорта, заключение договоров на перевозку со сторонними организациями, оплата перевозок и т.п.);
- учет особенностей дислокации воинских частей, подвергающихся проверке, для создания и поддержания требуемых условий работы компьютерной техники (температура, влажность и т.д.)
- учет возможности «местной» системы энергоснабжения по обеспечению бесперебойной и безаварийной работы дорогостоящей вычислительной техники и тренажеров;
- создание штата квалифицированных специалистов, отвечающих за эксплуатацию элементов МТК, находящихся в подразделении, в ходе учебного периода.

Только приняв во внимание вышеперечисленное, а также еще целый ряд сопутствующих условий, можно создать МТК, удовлетворяющий современным требованиям к подготовке специалистов. В противном случае все усилия сведутся к напрасно потраченному времени и пущенным «на ветер» средствам.

Список литературы

1. Анашкин, М.Н. Белокур, Н.Д. Мельчаков. Тренировочные и имитационные средства наземной артиллерии. – Воениздат, 1987. – 240 с.
2. ГОСТ 29.05.008-96. Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения рабочего места диспетчера. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 24 с.
3. Инженерная психология и синтез систем отображения информации. – М.: Машиностроение, 1975. – 396 с.
4. Курс подготовки артиллерии (КПА-93). Часть 1. Дивизион, батарея, взвод, орудие. – М.: Воениздат, 2001. – 141 с.
5. Магид С.И. Теория и практика тренажеростроения. – М.: МЭИ, 1998. – 48 с.
6. Правила стрельбы и управления огнем артиллерии. – МВАА, 2011. – 301 с.
7. Романов А.Н. Тренажеры для подготовки операторов РЛС с помощью ЭВМ. – Кн. фаб. им. Фрунзе, 1989. – 128 с.
8. Руководство по боевой работе огневых подразделений артиллерии. – М.: Воениздат, 2002. – 220 с.
9. Тактико-техническое задание № ТК-0101-87 на ОКР «Разработка тренажера расчетов батареи 152-мм самоходных гаубиц «МСТА-С»» (шифр «Бункеровка»). – М., 1987.
10. Тактико-техническое задание на ОКР. Разработка ТТЗ на ОКР «Классный модульный тренажер 152-мм СГ 2С3М». – СПб.: в/ч 48254, 2001.
11. Техническое задание на составную часть ОКР «Разработка тренажера расчета боевого отделения самоходной гаубицы 2С19М1» (Шифр «Бригада-У-РБТ-ТТМ-2С19М1»).
12. Техническое задание на составную часть ОКР «Разработка тренажера расчета боевого отделения самоходной гаубицы 2С3М» (Шифр «Бригада-У-РБТ-ТТМ-2С3М»).
13. Техническое задание на составную часть НИР Разработка проекта ТТЗ на выполнение ОКР «Застава-У» и Концепции развития межвидовых мобильных центров боевой подготовки (МЦБП). (Шифр «МЦБП»).
14. Тренажер 2Х26М-У руководство по эксплуатации.
15. Тренажер 2Х73-У руководство по эксплуатации.
16. Тренажер 9Ф701-С руководство по эксплуатации. Части 1–3.
17. Шукшунов В.Е. Тренажерные системы. – М.: Машиностроение, 1981. – 256 с.

Секция 2

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

Председатель

О.В. Козелков – к.т.н., заведующий кафедрой ПМ ФГБОУ ВО «КГЭУ»

Секретарь

О.В. Цветкова – м.т.т., инженер кафедры ПМ ФГБОУ ВО «КГЭУ»

УДК 539.375

ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПОЛОГИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗВИВАЮЩИХСЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Г.Р. Алиев¹, В.А. Манахов², В.В. Максимов³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹aliev.g@icloud.com, ²valeriy_manakhov@mail.ru,
³viktor.maksimov.1968@mail.ru

Аннотация. Топология оптимизации конструкции заключается в выборе оптимальных параметров по форме и геометрии данной конструкции. Для систем электроснабжения это может играть важную роль при создании новых или оптимизации уже существующих схем электроснабжения. Ключевым моментом здесь является корректная постановка задачи в виде функции зависимости топологии конструкции от определенных параметров электрооборудования.

Ключевые слова: топологическая оптимизация, электрооборудование, проектирование систем электроснабжения, программное обеспечение, условия оптимизации, математическое моделирование.

Система электроснабжения любого объекта включает в себя разработку схемы электроснабжения с выбором соответствующего электрооборудования. Задачей для современного проектировщика является не только разработка новых схем электроснабжения, но и оптимизация уже существующих схем. Среди множества способов оптимизации выделяют оптимизацию топологии конструкции. Современное программное обеспечение позволяет имитировать конструкцию различных объектов. При этом, изменяя геометрические параметры конструкции, их форму, месторасположение мы можем выбрать или создать оптимальный вариант конструкции рассматриваемого нами объекта.

К электрооборудованию системы электроснабжения относятся следующие электрические аппараты и машины: силовые и цеховые трансформаторы, высоковольтные и низковольтные выключатели, плавкие предохранители, кабельные системы, разъединители. Так же можно рассматривать потребители электроэнергии в виде асинхронных и синхронных двигателей переменного тока, двигатели постоянного тока.

Рассмотрим объект электроснабжения (ремонтный завод) с установленной мощностью 11 МВт. Покажем приблизительный расчет для выбора силового трансформатора на главную понизительную подстанцию для данного предприятия. Будем считать, что на предприятии преобладают потребители I и II категории.

Выбор мощности проведем по условию:

$$S'_{\text{HT}} = \frac{S_{\Sigma\text{ГП}}}{N \cdot K'_3} = \frac{10977,484}{2 \cdot 0,7} = 7841,06 \text{ кВА.}$$

Предварительно принимаем к установке 2 трансформатора номинальной мощностью 10 МВА. Определим коэффициенты загрузки трансформаторов ГПП мощностью 10 МВА в номинальном и аварийном режимах:

$$K_{\text{ЗН}} = \frac{S_{\Sigma\text{ГП}}}{N \cdot S_{\text{HT}}} = \frac{10977,484}{2 \cdot 1000} = 0,55; \quad K_{\text{ЗА}} = \frac{S_{\Sigma\text{ГП}}}{(N-1) \cdot S_{\text{HT}}} = \frac{10977,484}{10000} = 1,1.$$

Так как условия выполняются, принимаем к установке на ГПП трансформаторы ТМН мощностью 10000 кВА с коэффициентом трансформации 35/10кВ.

После выбора цехового трансформатора покажем выбор цехового трансформатора потребителя I категории с заданной полной мощностью:

$$S_3 = \sqrt{P_{\text{p}\Sigma 3}^2 + Q_3^2} = \sqrt{796,414^2 + 269,52^2} = 840,784 \text{ кВА.}$$

Принимаем к установке 2 трансформатора ТМ-630/6. Паспортные данные трансформатора ТМ-630/6: $\Delta P_{\text{XX}} = 1,05$ кВт, $\Delta P_{\text{КЗ}} = 7,6$ кВт, $I_{\text{XX}} = 0,8$ %, $U_{\text{КЗ}} = 5$ %.

Активные и реактивные потери в трансформаторе в нормальном режиме:

$$\Delta P_{\text{ТН}} = \Delta P_{\text{XX}} + \Delta P_{\text{КЗ}} \cdot K_{\text{ЗН}}^2 = 1,05 + 7,6 \cdot 0,445 = 4,434 \text{ кВт,}$$

$$\Delta Q_{\text{ТН}} = \frac{S_{\text{HT}} I_{\text{XX}}}{100} + \frac{S_{\text{HT}} U_{\text{КЗ}}}{100} \cdot K_{\text{ЗН}}^2 = \frac{630 \cdot 0,8}{100} + \frac{630 \cdot 5}{100} \cdot 0,445 = 19,066 \text{ кВАр.}$$

Потери мощности в трансформаторах в аварийном режиме:

$$\Delta P_{\text{ТА}} = \Delta P_{\text{XX}} + \Delta P_{\text{КЗ}} \cdot K_{\text{ЗА}}^2 = 1,05 + 7,6 \cdot 1,33 = 14,586 \text{ кВт,}$$

$$\Delta Q_{\text{ТА}} = \frac{S_{\text{HT}} I_{\text{XX}}}{100} + \frac{S_{\text{HT}} U_{\text{КЗ}}}{100} \cdot K_{\text{ЗА}}^2 = \frac{630 \cdot 0,8}{100} + \frac{630 \cdot 5}{100} \cdot 1,6 = 61,145 \text{ кВА.}$$

Зная потери мощности в трансформаторе, попытаемся предположить возможные способы уменьшения данных потерь.

Покажем данные расчеты в программе ANSYS Mechanical. Расчет представлен на рис.1

Table of Design Points										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	Name	P1 - WB_K	P2 - WB_M	P3 - WB_EKIN	P4 - WB_D	P5 - OMEGA	P6 - WB_OSSC_SS	<input type="checkbox"/> Retain	Retained Data	
18	DP 16	32,222	2,8222	10	0,02	3,3783	0,55758	<input type="checkbox"/>		Sensiti
19	DP 17	23,333	0,64444	10	0,02	6,016	0,49339	<input type="checkbox"/>		Sensiti
20	DP 18	50	3,3667	10	0,02	3,853	0,42044	<input type="checkbox"/>		Sensiti
21	DP 19	18,889	3,3667	10	0,02	2,3682	0,77556	<input type="checkbox"/>		Sensiti
22	DP 20	50	1,1889	10	0,02	6,4838	0,32541	<input type="checkbox"/>		Sensiti
23	DP 21	18,889	3,9111	10	0,02	2,1972	0,82611	<input type="checkbox"/>		Sensiti
24	DP 22	50	2,8222	10	0,02	4,2083	0,3948	<input type="checkbox"/>		Sensiti
25	DP 23	45,556	1,1889	10	0,02	6,1889	0,33911	<input type="checkbox"/>		Sensiti
26	DP 24	36,667	0,64444	10	0,02	7,5415	0,33662	<input type="checkbox"/>		Sensiti
27	DP 25	41,111	4,4556	10	0,02	3,037	0,49319	<input type="checkbox"/>		Sensiti
28	DP 26	45,556	5	10	0,02	3,0179	0,46838	<input type="checkbox"/>		Sensiti
29	DP 27	41,111	0,64444	10	0,02	7,9855	0,29801	<input type="checkbox"/>		Sensiti
30	DP 28	50	4,4556	10	0,02	3,3492	0,44779	<input type="checkbox"/>		Sensiti
31	DP 29	45,556	0,64444	10	0,02	8,406	0,28327	<input type="checkbox"/>		Sensiti
32	DP 30	32,222	2,2778	10	0,02	3,7604	0,52154	<input type="checkbox"/>		Sensiti
33	DP 31	10	2,2778	10	0,02	2,0949	1,1352	<input type="checkbox"/>		Sensiti

Рис. 1. Значения параметров оптимизации трансформатора ТМ-630/6

В столбцах F и G приведены значения потерь обмоток при оптимизации по параметру коэффициента заполнения паза обмоток трансформатора. Данный коэффициент говорит о равномерности укладки обмоток трансформатора, что при точном исполнении, приводит к уменьшению тепловых и магнитных потерь за счет изменения воздушного зазора, а, соответственно, и перераспределению магнитного потока в цепи трансформатора. В данных столбцах таблицы приведены значения доли (в процентах) потерь в цепи трансформатора, зависящих от равномерности укладки обмотки трансформатора марки ТМ-630/6.

Различное программное обеспечение сегодня позволяет производить оптимизацию топологии любой силовой конструкции. Главной задачей является верная постановка задачи и правильная математическая интерпретация.

Для проектировщиков систем электроснабжения важной задачей является умение оптимизировать параметры уже существующих систем. Методы топологической оптимизации позволяют найти и устранить конструкционные проблемы электрооборудования, которое используется на введенных в эксплуатацию электрических аппаратов и машин.

Список литературы

1. Ф.П. Васильев «Методы оптимизации». – Часть 1. – М.: Изд. МЦНМО, 2011.
2. Материалы ученых записок ЦАГИ: «Алгоритмы оптимизации топологии силовых конструкций», В.В. Сысоева, В.В. Чедрик.
3. Журнал «Международный студенческий научный вестник», 2015. – № 3.
4. URL: www.multiphysics.ru.
5. URL: www.nplus1.ru/blog/2016.

УДК 658.012.011

ПРОМЫСЛОВЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УЧЕТА МАССЫ ДОБЫВАЕМОЙ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

Н.К. Андреев¹, Р.Р. Казиханов²

¹ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

²НГДУ «Нурлатнефть» ПАО «Татнефть», г. Нурлат

E-mail: ¹ngeikandreev@gmail, ²kazihan77@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрен вопрос необходимости разработки и внедрения измерительного комплекса для учета массы добываемой высоковязкой и высокотемпературной нефти в условиях уменьшения запасов легкой нефти и ухудшения качества запасов нефти.

Ключевые слова: поздняя стадия разработки, запасы легкой и тяжелой нефти, высоковязкая и высокотемпературная среда измерения, содержание свободного газа, средства измерения расхода скважинной продукции, измерительный комплекс.

На сегодняшний день нефтяные месторождения Татарстана находятся на поздней стадии разработки. Данная стадия характеризуется постепенным ухудшением качества запасов нефти, трудноизвлекаемостью остаточных запасов. Большинство вновь вводимых в эксплуатацию месторождений имеют сложное геологическое строение, они залегают в низкопроницаемых коллекторах. Сегодня в России находится не более 30 % легкой, «текучей» нефти, остальные 70 % – это очень тяжелая и вязкая нефть. В добыче наблюдается обратное соотношение: на легкую нефть приходится около 70 % эксплуатации, а на тяжелую – порядка 30 %, что влечет за собой нарастание доли трудноизвлекаемой нефти в структуре запасов. На Татарстан приходится 6,8 % российской добычи, в том числе 3,2 % – на уникальное Ромашкинское месторождение, запасы которого выработаны на 87 % [1].

Все эти факты заставили нефтяников Татарстана обратить пристальное внимание на нетрадиционный вид углеводородного сырья – сверхвязкие нефти и природные битумы, запасы которых в республике колоссальны – от 2 до 7 млрд. тонн по разным оценкам, а по России запасы данного вида сырья оцениваются около 50 млрд. тонн [2].

В этих условиях ПАО «Татнефть» в 2006 году начало опытно-промышленные работы на Ашальчинском месторождении сверхвязкой нефти. Разработка осуществляется силами НГДУ «Нурлатнефть» методом парогравитационного дренажа. Суть этого метода заключается в том, что бурится пара параллельных горизонтальных скважин, верхняя из которой является нагнетательной. Вторая скважина, которая во всем повторяет профиль первой, располагаясь пятью метрами ниже нее, является добывающей.

До недавнего времени добыча этих нефтей являлась убыточной, однако, такие меры государственной поддержки как обнуление ставки налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ) при разработке высоковязкой нефти и снижение ставки экспортной пошлины до 10% позволяют вести эксплуатацию данных месторождений на рентабельном уровне.

Отсутствие надежной и достоверной системы учета массы добываемой высоковязкой и высокотемпературной нефти не позволяло воспользоваться льготами, предоставленными государством, при разработке данного вида углеводородного сырья. Поэтому с самого начала опытно-промышленной разработки этого месторождения остро встал вопрос измерения добытой нефти по каждой скважине. По первым техническим условиям, в которых указывалось отсутствие газа, было подобрано средство измерения – массовый преобразователь расхода (массомер). Он удовлетворял как по минимальной погрешности измерения, так и по невосприимчивости к высокой вязкости и температуре рабочей среды. Однако в процессе эксплуатации стали происходить сбои в его работе из-за высокого наличия газа в измеряемой среде. Это объяснилось наличием газа в виде пара в жидкости, полученной в результате нагрева пласта. По паспортным данным массомер устойчиво работает с содержанием газа в измеряемой среде не более 5% [3].

Далее было принято решение применить счетчик «СКЖ-120-40» – счетчик количества жидкости [4]. Хотя наличие газа в измеряемой продукции и необходимое условие для работы «СКЖ», однако, его избыток, как в случае с массомером, создает проблемы в работе данного счетчика при измерении скважинной продукции.

Следующей причиной, по которой отказались от применения счетчика «СКЖ-120-40», а также от других средств измерения расхода, в частности от счетчика «ТОР-1-50», явилась высокая температура добываемого сырья в пределах от 75 – 90 °С. Под воздействием данного фактора конструктивные части этих средств измерений выходили из строя.

Главная причина была в нестабильности свойств измеряемой среды и в ее неоднородности. Газожидкостная смесь в разные промежутки времени меняло свой состав и по обводненности, и по газу. Таким образом, стало очевидно, что необходимо сепарировать добываемую продукцию. Специалистами НГДУ «Нурлатнефть» был разработан и изготовлен измерительный комплекс, в составе которого находится газовый вертикальный сепаратор.

Принцип работы измерительного комплекса для учета высоковязкой нефти заключается в следующем. Скважинная продукция, двигаясь по технологическому трубопроводу, поступает в измерительный комплекс и через тангенциальный входной штуцер, при этом газожидкостная смесь

получает дополнительное вращательное движение. За счет первичной закрутки среды формируется циклонный поток в вертикальном цилиндре. Центробежная сила отбрасывает жидкую фазу к стенке газосепаратора, а пузырьки газа ближе к его оси. Это способствует лучшему отделению газовой фазы от жидкой. Происходит сепарация газа из жидкости: выталкивающая сила вынуждает газовые пузыри подниматься вверх, а гравитационная сила заставляет жидкость двигаться вниз. Отделившаяся газовая составляющая скважинной продукции из сепаратора поступает в газовую линию, на которой установлен обратный клапан. Уровень оставшейся скважинной продукции в сепараторе определяется уровнемером и регулируется электрической задвижкой «Аума». Жидкая фаза через нижний трубопровод последовательно поступает на вход массового преобразователя расхода и влагомера, которыми определяются значения массы и влагосодержания двухфазной жидкости соответственно. Затем на выходе измерительного комплекса газовая и жидкостная фазы объединяются в один поток (рис. 1).



Рис. 1

Применение данного измерительного комплекса позволило решить проблему измерения добываемой жидкости на Ашальчинском месторождении сверхвязкой нефти и подобным оборудованием оснащена уже 21 добывающая скважина (рис. 2).



Рис. 2

Список литературы

1. Доклад Министерства природных ресурсов и экологии РФ о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов, 2011.
2. Гарушев А.Р. Анализ современного состояния методов добычи высоковязких нефтей и битумов в мире // Нефтепромышленное дело. – 2008. – № 10.
3. Саулина Э.А. Измерение массовых расходов потоков. Контрольно-измерительная техника // Экспресс-информ. / ВИНТИ. – 1992. – № 8.
4. Пат. SU № 1811580 Устройство для определения количества нефтепродуктов // БИ № 15, 1993.

УДК 621.365.5

ПРИМЕНЕНИЕ СВЧ ЭНЕРГИИ В УСТАНОВКАХ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ МАСШТАБАХ

Ю.С. Архангельский, В.О. Юдина

СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов

Аннотация. Рассмотрены возможность и целесообразность применения СВЧ энергии в установках для переработки твердых бытовых отходов. Определены основные проблемы СВЧ энергоподвода и возможность их устранения.

Ключевые слова: Твердые бытовые отходы, СВЧ энергия, измерительная система, равномерный нагрев, целесообразность.

Общепризнано, что переработка бытовых отходов (мусора) в промышленных масштабах представляет собой актуальную проблему. В работе [1] говорится о применении в установках для переработки бытовых отходов СВЧ энергии.

Активные исследования в области, как тогда говорили, СВЧ нагрева диэлектриков начались в середине прошлого века. Наибольший интерес к этой теме проявили специалисты в области пищевых технологий [2, 3]. В нашей стране и за рубежом были разработаны бытовые СВЧ печи. В 90-е годы в нашей стране с поступлением на рынок бытовой техники импортных бытовых СВЧ печей в обиход вошли термины «микроволновый нагрев», «микроволновая печь».

За прошедшие годы были разработаны теоретические основы проектирования СВЧ электротермических установок (СВЧ ЭТУ), математического моделирования технологических процессов в СВЧ электромагнитном поле, разработаны конструкции СВЧ ЭТУ различного технологического назначения [4 – 7].

Рассмотрим возможности применения СВЧ энергии для переработки бытовых отходов.

Как отмечено в работе [1], переработку бытовых отходов можно проводить с помощью пиролиза в камере, когда нагрев твердых бытовых отходов проводится снаружи топочным газом, а центральная часть содержимого в камере нагревается с помощью подаваемой от СВЧ генератора СВЧ энергии. Электромагнитная волна, распространяясь внутри диэлектрика, вызывает его поляризацию и, как следствие, объемный нагрев.

Как отмечено в работе [1], таким путем может быть переработано 100 тысяч тонн твердых бытовых отходов в год. С получением, например, из каждой тонны отходов 300 кг кокса, 120 кг светлого печного топлива, которые могут быть использованы для обеспечения работы самой установки по переработке бытовых отходов.

При проектировании СВЧ энергоподвода к камере, заполненной твердыми бытовыми отходами, необходимо знать такие параметры объекта обработки, как удельная теплоемкость c , удельная плотность ρ , относительная диэлектрическая проницаемость ϵ' , тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$.

В процессе расчетов СВЧ энергоподвода выбираются тип излучающей системы, определяющей площадь облучаемой СВЧ энергией поверхности объекта обработки, мощность СВЧ генератора P , определяющая

темп нагрева, глубина нагрева обрабатываемого объекта и проводится математическое моделирование технологического процесса. Таким образом, эти расчеты требуют предварительного экспериментального определения параметров обрабатываемого объекта, что, в свою очередь, возможно потребует классификацию твердых бытовых отходов и определение необходимых параметров всех вариантов загрузок рабочей камеры.

В качестве излучающей системы естественно предложить в первую очередь рупор, в который СВЧ энергия подается от СВЧ генератора по прямоугольному волноводу сечением 45×90 мм, 110×220 мм, 250×500 мм, работающему на частотах 2450, 915, 433 МГц, разрешенных к применению в СВЧ ЭТУ. Апертуры таких рупорных излучателей имеют размеры 100×100 мм (2450 МГц), 266×266 мм (915 МГц), 560×560 мм (433 МГц). Строго говоря, распределение СВЧ мощности по апертуре рупорного излучателя неравномерное и имеет максимум в середине апертуры [8], однако будем считать, как это принято при инженерных расчетах, распределение излучаемой СВЧ мощности по апертуре равномерным. Для установок промышленной обработки следует рекомендовать к применению СВЧ генераторы, работающие на частоте 433 МГц. Это тем более целесообразно, учитывая, что глубина проникновения электромагнитной волны δ_p тем больше, чем больше длина волны генератора:

$$\delta_p = \frac{0,5\lambda}{\pi\sqrt{2\varepsilon'(\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\delta}-1)}}.$$

Если $\operatorname{tg} \delta \ll 1$, то

$$\delta_p = \frac{0,5\lambda}{\pi\sqrt{\varepsilon'\operatorname{tg}\delta}}.$$

Для оценочных расчетов примем диэлектрические параметры бытовых отходов средними между такими характерными для СВЧ электротермии диэлектриками, как вода ($\varepsilon' = 80$, $\operatorname{tg}\delta = 0,15$) и пиломатериалы ($\varepsilon' = 4$, $\operatorname{tg}\delta = 0,05$), то есть пусть $\varepsilon' = 42$, $\operatorname{tg}\delta = 0,1$. Тогда, $\delta_p = 3$ см (2450 МГц), $\delta_p = 8,1$ см (915 МГц), $\delta_p = 17$ см (433 МГц).

Как видим, глубина проникновения электромагнитной волны в обрабатываемый объект, вполне достаточная для многих технологических процессов, весьма мала для установок для переработки бытовых отходов в промышленном масштабе даже при работе на частоте 433 МГц, при которой объем обрабатываемого материала можно оценить $0,05\text{ м}^3$.

Разумеется, от объема, нагретого СВЧ энергией, теплота будет передаваться менее нагретой части обрабатываемого объекта, расположенной в его глубине, но этот процесс нагрева будет происходить также медленно, как и нагрев внешнего слоя объекта, нагреваемого топочным газом, когда темп нагрева будет определяться теплопроводностью объекта.

Улучшить равномерность нагрева по глубине обрабатываемого объекта можно двумя способами.

Во-первых, можно подавать СВЧ энергию не только сверху обрабатываемого объекта, но и снизу. В этом случае следует обеспечить некогерентность электромагнитных волн, идущих навстречу друг другу, то есть в установке должны быть использованы два СВЧ генератора, работающих на одной и той же частоте [8].

Во-вторых, если в качестве излучающей системы выбрать круглый волновод, проходящий сквозь всю толщину обрабатываемого объекта, то, разместив по всей длине этого волновода систему щелей, можно обеспечить равномерное распределение излученной в этом случае СВЧ энергии по всей толщине обрабатываемого объекта.

Что касается выбора мощности СВЧ генератора (генераторов), то при ее выборе следует руководствоваться синхронизацией темпов нагрева внутренней области объекта, нагреваемой СВЧ энергией, и внешнего слоя, нагреваемого топочным газом. При этом надо иметь в виду, что при рупорном, например, излучателе от поверхности обрабатываемого объекта отразится электромагнитная волна, и часть СВЧ мощности, генерируемой СВЧ генератором, вернется к нему и будет рассеяна на катоде генератора, что может привести к его выходу из строя. Отраженная волна уменьшит мощность, прошедшую в обрабатываемый объект, и для повышения энергетической эффективности СВЧ нагрева (КПД) требуется согласовать СВЧ генератор с обрабатываемым объектом с помощью четвертьволнового дополнительного слоя диэлектрика без потерь, расчет расположения которого и его ε' приведен в работе [8].

Наконец, как всегда это делается при проектировании СВЧ ЭТУ, при проектировании установок для переработки бытовых отходов необходимо с помощью технико-экономических расчетов установить целесообразность применения СВЧ энергии. В этих целях рассчитывается сравнительный экономический эффект от эксплуатации установок, в которых технологический эффект (переработка бытовых отходов) достигается на установках с СВЧ энергоподводом и без него:

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2,$$

где \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 – экономические эффекты (чистые дисконтируемые доходы) за год эксплуатации установок для переработки бытовых отходов, использующих топочный газ и СВЧ энергоподвод и исключительно топочный газ.

Применение СВЧ энергоподвода целесообразно если $\Delta \mathcal{E} > 0$.

При этом нужно, рассчитывая \mathcal{E}_1 , учитывать необходимый запас СВЧ генераторов, обеспечивающий в течении года замену вышедших из строя СВЧ генераторов. Обычно производитель серийных магнетронов гарантирует их работоспособность в течении 2000 часов. Обеспечив работу этих генераторов на хорошо согласованную нагрузку (коэффициент стоячей волны по напряжению $K_{\text{сст}} \leq 1,3$), можно продлить время безаварийной работы магнетрона до 4000–5000 часов, то есть на год круглосуточной работы установки требуется 2–3 магнетрона.

Увеличить объем, нагреваемый в установке для переработки бытовых отходов с помощью СВЧ генератора, можно, размещая излучающие рупоры над поверхностью объекта в несколько рядов, что, разумеется, увеличит стоимость установки.

Таким образом, применение СВЧ энергоподвода в установках, использующих нагрев обрабатываемого объекта топочным газом, ускорит процесс нагрева до заданной температуры и при благоприятном результате расчета целесообразности его применения может быть рекомендован к практическому применению в установках для переработки бытовых отходов в промышленных масштабах. Для достижения прогнозируемых параметров СВЧ энергоподвода необходимо провести экспериментальные измерения параметров обрабатываемого объекта в зависимости от частоты СВЧ электромагнитных колебаний, температуры объекта и его физико-химических свойств. Так как в бытовых отходах содержатся разные диэлектрические материалы, ϵ' и $\text{tg } \delta$ сложного по составу объекта могут быть, как всегда, рассчитаны с учетом долей этих составных частей и их диэлектрических параметров.

Список литературы

1. Гулич С.К. СВЧ-установка по переработке мусора в промышленных масштабах / С.К. Гулич, Н.Н Днепровская // Сделано у нас. Экология. – 2015. – С. 71–73.
2. Рогов И.А. Некрутман С.В., Лысов Г.В. Техника сверхвысокочастотного нагрева пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 199 с.

3. Рогов И.А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 325 с.

4. Архангельский Ю.С. СВЧ электротермия. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1998. – 408 с.

5. Диденко А.Н СВЧ энергетика. Теория и практика.– М.: «Наука», 2003. – 446 с.

6. Морозов Г.А. Морозов О.Г., Седельников Ю.Е, Стахова Н.Е., Степанов В.В. Низкоинтенсивные СВЧ электротехнологии (проблемы и реализации). – М.: Радиотехника, 2003. – 112с.

7. Архангельский Ю.С. Справочная книга по СВЧ электротермии. – Саратов: Научная книга, 2011. – 560 с.

8. Архангельский Ю.С, Тригорлый С.В. Камеры лучевого типа. – Саратов: Амирит, 2017. – 198 с.

УДК 621.313.823.3

МОТОР-КОЛЕСО С СИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ И МАГНИТНЫМ РЕДУКТОРОМ С МИНИМАЛЬНОЙ МАССОЙ

А.Ю. Афанасьев¹, А.Р. Каримов²

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

E-mail: ¹afanasiev_eo@mail.ru, ²artur.karim@yandex.ru

Аннотация. В данной работе рассматривается мотор-колесо с синхронным двигателем и магнитным редуктором. Цель работы заключается в улучшении энергетических характеристик при высокой надежности работы. Увеличение вращающего момента осуществляется введением чередующихся дисков статора и ротора, имеющих ферромагнитные и немагнитные сектора. Энергетические характеристики улучшены за счет установки зубцов с катушками на второй магнитопровод и симметричного расположения ротора быстрого вращения.

Ключевые слова: мотор-колесо, синхронный электродвигатель, магнитный редуктор, постоянный магнит, ротор быстрого вращения.

Мотор-колесо представляет собой колесо транспортного средства со встроенным в него электродвигателем и редуктором [1–3]. Оно имеет ряд преимуществ: автономная управляемость каждого колеса, отсутствие трансмиссии. Но есть и недостатки, в частности, большая неподрессоренная масса.

При разработке конструкции мотор-колеса за прототип было взято мотор-колесо, имеющее ротор быстрого вращения с четырьмя постоянными магнитами в виде секторов, намагниченными аксиально, два магнитопровода, на одном из которых имеются шесть зубцов с катушками, втулки статора и ротора, на которых закреплены диски статора и ротора, имеющие ферромагнитные и немагнитные элементы.

Предлагаемое мотор-колесо имеет повышенные энергетические характеристики и более высокую надежность.

Цель работы заключается в улучшении массогабаритных характеристик, повышении технологичности конструкции и энергетических показателей при высокой надежности

Технический результат достигается тем, что в мотор-колесо, содержащее шину, обод и диски колеса, полуось, насаженную на полуось автомобиля, электродвигатель, состоящий из закрепленного на полой оси статора с катушками обмотки, размещенных с фиксированным угловым расстоянием, ротор, соединенный с ободом колеса и подвижно закрепленный на подшипниках на оси, и датчик положения ротора, введены чередующиеся диски ротора и статора, состоящие из ферромагнитных и немагнитных элементов в виде секторов, магнитопроводы статора выполнены в виде двух колец из ленты электротехнической стали путем навивки, расположенных по торцам мотор-колеса, накладные зубцы с коронками и катушки установлены на торцевых поверхностях магнитопроводов, на торцевых поверхностях коронок имеются клиновидные выступы, которые совместно с ферромагнитными элементами дисков статора, а также ферромагнитные элементы дисков ротора имеют свои одинаковые угловые размеры и положения, причем количества ферромагнитных элементов на диске статора z_c и на диске ротора z_p связаны равенством $z_p = z_c \pm 2p$, где p – число пар полюсов статора, ротор быстрого вращения в виде диска с $2p$ постоянными магнитами в виде секторов, намагниченными аксиально с чередующейся полярностью, установлен с подшипником на полой оси посередине между магнитопроводами, причем толщина магнита $h_m = 2m\delta$, где δ – зазор между дисками, m – число дисков ротора, на полой оси мотор-колеса закреплен фланец статора с коническими отверстиями, число которых совпадает с числом конических стержней ступицы автомобиля, насаженной на полуось автомобиля с резьбой для крепления мотор-колеса с помощью винта и шайбы.

На рис. 1 представлено мотор-колесо, где 1 – полуось автомобиля; 2 – полая ось; 3, 4 – опоры; 5, 6 – подшипники дисков колеса; 7, 8 – диски колеса; 9 – обод колеса; 10 – шина; 11, 12 – магнитопроводы; 13 – 16 – кольца; 17, 18 – зубцы; 19, 20 – катушки; 21, 22 – втулки статора; 23, 24 – диски статора; 25, 26 – втулки ротора; 27, 28 – диски ротора; 29 – постоянный магнит; 30 – подшипник ротора быстрого вращения; 31 – винт; 32 – шайба; 33 – фланец статора; 34 – стержень; 35 – ступица автомобиля; 36 – жгут; 37 – тормозной барабан; 38 – ферромагнитный элемент датчика положения ротора.

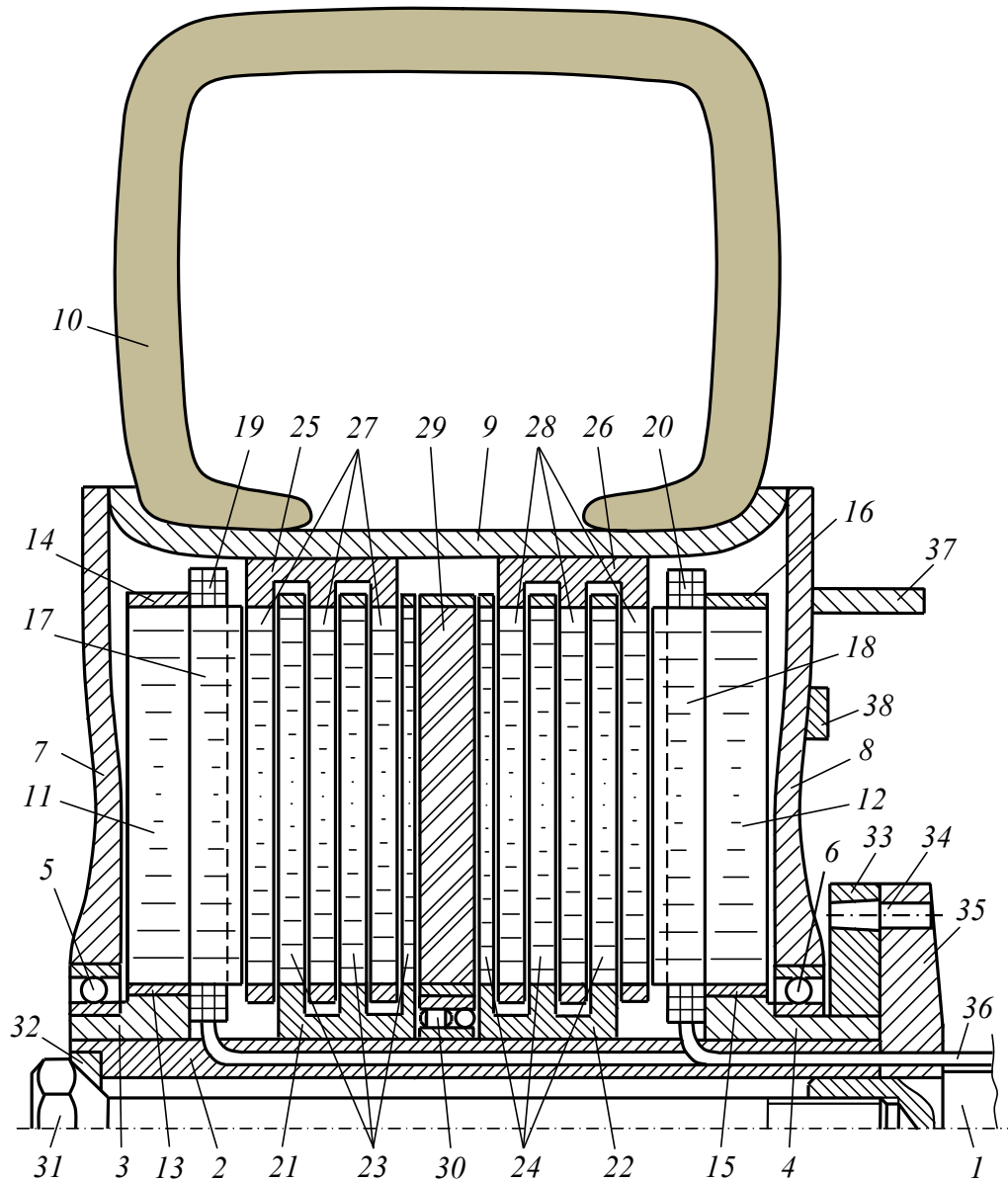


Рис. 1. Продольное сечение мотор-колеса

Данная конструкция собрана следующим образом. На полый оси 2 установлены опоры 3, 4. На них опираются магнитопроводы 11, 12, ограниченные кольцами 13 – 16. На магнитопроводе 11 установлено шесть зубцов 17 с коронками и с катушками 19. На магнитопроводе 12 установлено шесть зубцов 18 с коронками и с катушками 20.

На полуоси 2 установлены втулки статора 21, 22, на которых имеются диски статора 23, 24 соответственно. На полуоси 2 установлен подшипник 30, на который опирается ротор быстрого вращения с четырьмя постоянными магнитами 29.

На опоры 3, 4 установлены подшипники 5, 6 дисков колеса. На них опираются диски 7, 8 колеса, жестко связанные с ободом 9 колеса, на котором установлена шина 10.

На ободе 9 колеса установлены втулки 25, 26 ротора, связанные с дисками 27, 28 ротора соответственно. Диски 23, 24 статора и диски 27, 28 ротора чередуются в пространстве. Ротор быстрого вращения размещен симметрично относительно магнитопроводов 11, 12.

Магнитопроводы 11, 12 и зубцы 17, 18 выполнены лентой из электротехнической стали путем навивки. Зубцы 17, 18 имеют вид секторов. Катушки 19, 20, расположенные диаметрально, соединены последовательно встречно и образуют три фазы обмотки статора: *A*, *B* и *C*.

Подшипник 30 имеет большую ширину и является радиально-упорным для обеспечения требуемого положения ротора быстрого вращения.

Ротор быстрого вращения имеет четыре постоянных магнита 29 из высококоэрцитивного магнитотвердого материала, имеющие вид секторов (на рис. 2 показаны закрашенными), и немагнитные сектора (на рис. 2 не закрашены). Сектора намагничены по оси вращения и образуют на торцевых поверхностях чередующиеся полюса.

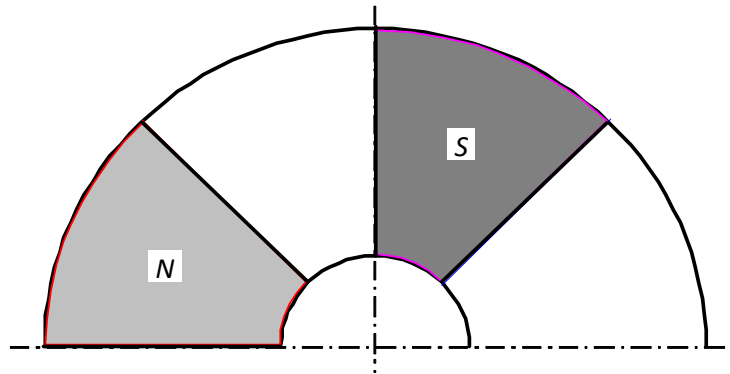


Рис. 2. Ротор быстрого вращения с постоянными магнитами

Диски 23, 24 статора имеют чередующиеся секторы из магнитомягкого материала (на рис. 3 показаны темными) и немагнитного материала (на рис. 3 светлые). Магнитные элементы выполнены шихтованными из электротехнической стали.

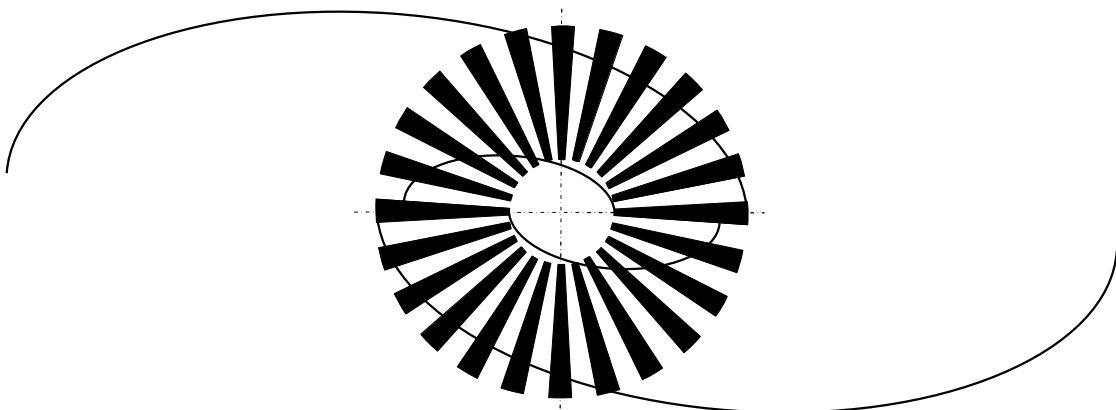


Рис. 3. Диск статора

Диски 27, 28 ротора имеют чередующиеся секторы из магнитомягкого материала (на рис. 4 показаны темными) и немагнитного материала (на рис. 4 светлые). Магнитные элементы выполнены шихтованными из электротехнической стали.

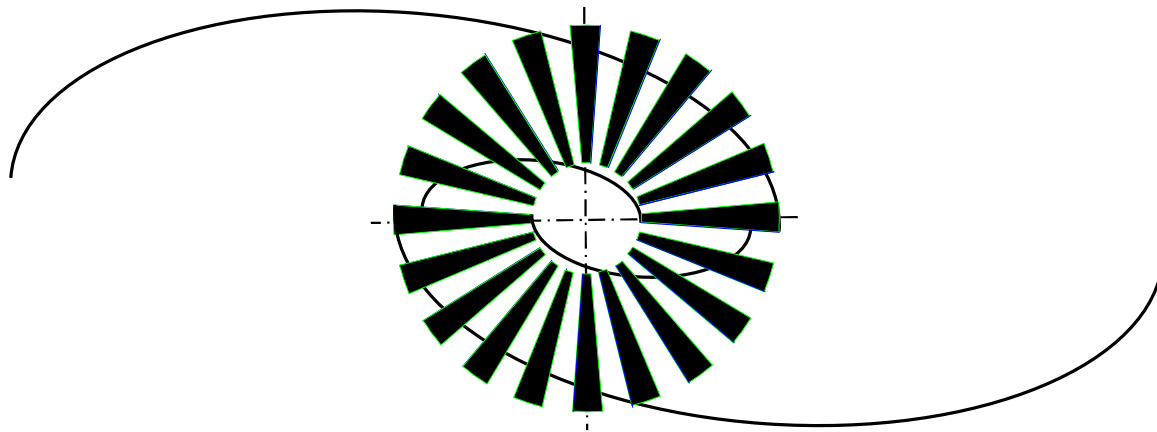


Рис. 4. Диск ротора

Количества ферромагнитных элементов дисков статора z_c и ферромагнитных элементов дисков ротора z_p , приходящихся на одно полюсное деление, отличаются на единицу. На рис. 3, 4 показан случай, когда число пар полюсов $p = 2$, $z_c = 24$, $z_p = 20$.

На торцевых поверхностях коронок зубцов 17, 18 имеются клиновидные выступы (на рис. 5 показаны темным цветом). Их угловое положение и количество соответствуют ферромагнитным элементам дисков 23, 24 статора.

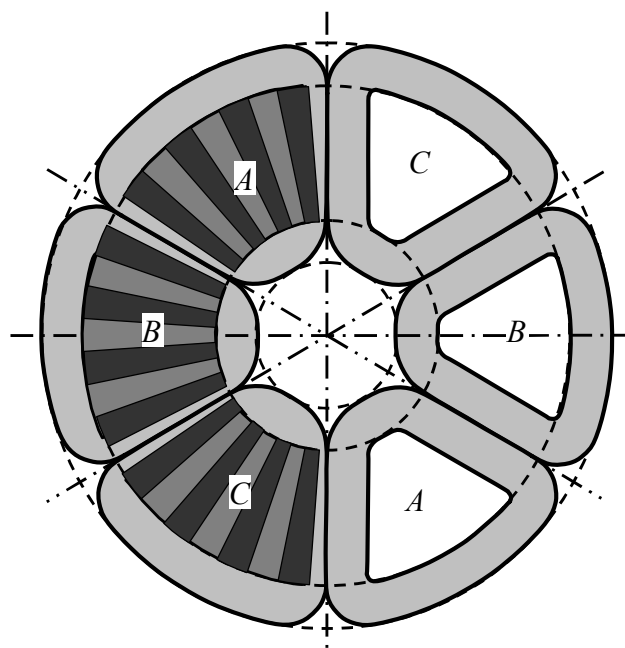


Рис. 5. Зубцы с выступами и катушками

Мотор-колесо работает следующим образом. При подаче на обмотку статора трехфазной системы напряжений возникает вращающееся магнитное поле с четырьмя полюсами. Оно увлекает за собой ротор быстрого вращения с постоянными магнитами. Вместе с ним вращаются области большой магнитной индукции в дисках статора и ротора. В результате ротор вместе с ободом поворачиваются так, что места совпадения положений ферромагнитных элементов дисков статора и соответствующих ферромагнитных элементов дисков ротора находятся в зонах максимума модуля магнитной индукции.

За половину периода напряжения питания $T/2 = \pi/\omega$ ротор быстрого вращения повернется на угол $\pi/2$, а места максимума модуля магнитной индукции повторятся. При этом ротор должен повернуться на один сектор, т.е. на угол $2\pi/z_p$. Следовательно, магнитный редуктор имеет передаточное отношение $z_p/4$. Поэтому скорость вращения ротора будет $\omega_m = 2\omega/z_p$. Здесь ω – угловая частота напряжения питания. Момент ротора, действующий на обод колеса, $M_o = z_p M_\delta / 2$, M_δ – момент ротора быстрого вращения.

Наличие нескольких дисков статора и ротора вызывает многократную деформацию магнитного поля в зоне дисков, что увеличивает развиваемый момент и позволяет улучшить массогабаритные показатели мотор-колеса.

На торцевых поверхностях коронок зубцов 17, 18, обращенных к активной зоне, имеются клиновидные выступы в виде секторов, повторяющие по форме и количеству ферромагнитные элементы дисков статора, что увеличивает развиваемый момент.

На рис. 5 показаны зубцы с обмотками и с выступами на коронках (показаны темным цветом).

Ферромагнитные элементы дисков статора и ротора медленного вращения выполнены из электротехнической стали шихтованными для уменьшения потерь в стали на вихревые токи, поскольку в процессе работы магнитная индукция в секторах изменяется (рис. 6).

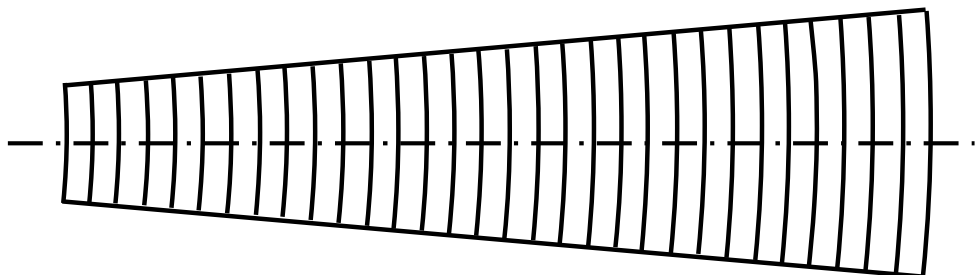


Рис. 6. Форма листов шихтованного ферромагнитного элемента

Передача момента от ротора быстрого вращения к ротору является упругой – через магнитное поле. При увеличении момента нагрузки на мотор-колесо оно отстает на некоторый угол от положения, соответствующего холостому ходу.

Мотор-колесо не имеет механических контактов между подвижными активными частями, бесшумно в работе, имеет большой срок службы, определяемый подшипниками, допускает ударные нагрузки, так как связь между роторами осуществляется через магнитное поле.

Удельная энергия магнитного поля определяется выражением

$$w = \frac{BH}{2}.$$

При линейной кривой размагничивания максимальная энергия постоянного магнита достигается при условии равенства магнитных сопротивлений постоянного магнита и нагрузки, которой являются зазоры между дисками статора и ротора. Это равенство выполняется, если толщина магнита равна сумме длин зазоров между дисками, т.е. при выполнении равенства

$$h_m = 2m\delta,$$

где δ – зазор между дисками, m – число дисков ротора. За счет этого заявленный электродвигатель имеет повышенные энергетические показатели.

Благодаря установке подшипника 30 ротора быстрого вращения на полой оси 2 упрощается конструкция, т.к. вал быстрого вращения отсутствует. Ротор быстрого вращения усиливает поле, созданное обмоткой двигателя, и передает момент транзитом от статора к магнитному редуктору.

Благодаря размещению ротора быстрого вращения посередине и размещению зубцов с катушками на втором магнитопроводе получается симметричная магнитная система и полностью снимаются осевые усилия. Подшипники 5, 6, 30 нагружены лишь радиальными усилиями, что снижает напряжение трогания мотор-колеса, а также повышает его надежность.

Центральное размещение ротора быстрого вращения с постоянными магнитами снижает магнитный поток рассеяния в магнитном редукторе приблизительно в четыре раза.

На рис. 7 показана схема замещения магнитной системы при одной обмотке и несимметричном расположении постоянных магнитов. Здесь F_m – магнитодвижущая сила (МДС) постоянного магнита; R_m – магнитное сопротивление постоянного магнита; R_0 – магнитное сопротивление участка магнитной цепи; R_σ – магнитное сопротивление потока рассеяния этого участка.

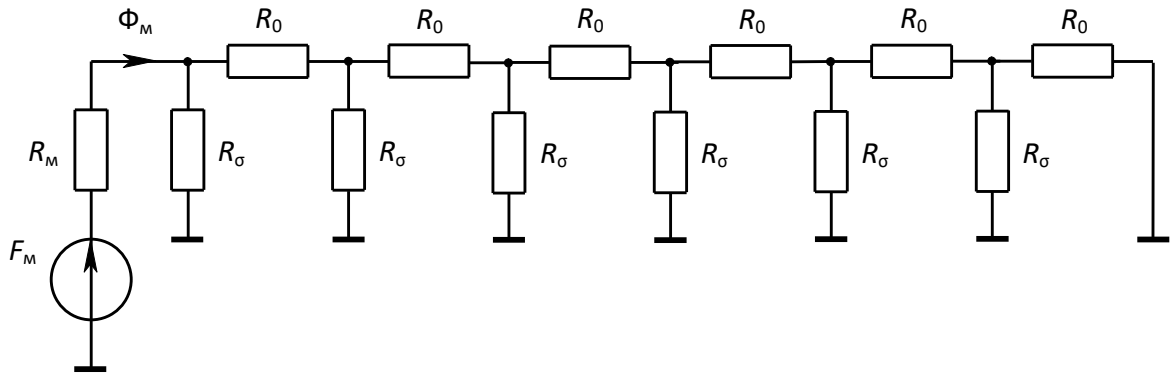


Рис. 7. Схема замещения магнитной системы с одной обмоткой и несимметричным положением ротора с постоянными магнитами

Магнитное напряжение U_M постоянного магнита зависит от его магнитного потока Φ_M :

$$U_M = F_M - R_M \Phi_M.$$

Магнитный поток определяется суммой полезного магнитного потока, имеющего осевое направление, и потоков рассеяния:

$$\Phi_M = \Phi_0 + \Phi_\sigma.$$

Здесь поток рассеяния Φ_σ определяется полной МДС постоянного магнита и шестью сопротивлениями рассеяния, включенными параллельно.

На рис. 8 показана схема замещения магнитной системы предлагаемого мотор-колеса с симметричным расположением постоянных магнитов.

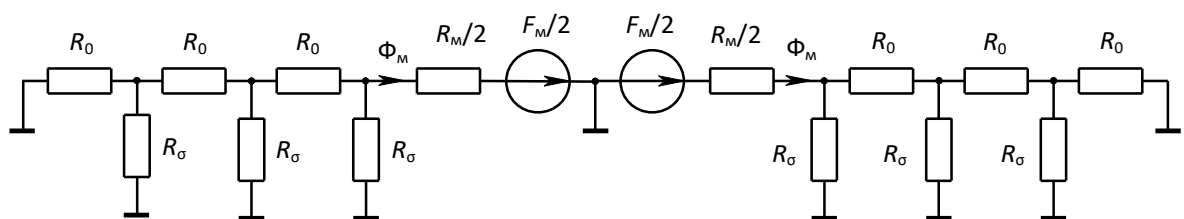


Рис. 8. Схема замещения магнитной системы с двумя обмотками и симметричным положением ротора с постоянными магнитами

Середина постоянного магнита имеет нулевой магнитный потенциал. Поэтому и МДС $F_M/2$, и магнитное сопротивление $R_M/2$, приходящиеся на одну сторону схемы замещения, в два раза меньше. Магнитный поток рассеяния Φ_σ , входящий в поток постоянного магнита, проходит с каждой стороны по трем магнитным сопротивлениям R_σ . В результате поток рассеяния приблизительно в четыре раза меньше, а магнитное напряжение на постоянном магните больше, чем при несимметричном положении постоянных магнитов. Это увеличивает полезный магнитный поток, проходящий через диски статора и ротора, что увеличивает максимальный вращающий момент мотор-колеса.

Мощность потерь в обмотке, приходящаяся на один торец мотор-колеса, в два раза меньше, чем в случае одной обмотки. Это облегчает охлаждение и снижает температуру обмоток, что повышает их надежность.

Таким образом, в результате симметричного расположения ротора быстрого вращения с постоянными магнитами, расположения на втором магнитопроводе шести зубцов с катушками получено мотор-колесо, имеющее повышенные энергетические характеристики и повышенную надежность.

На рис. 9 показана ступица 35 с коническими стержнями 34, насаженная на полуось 1 автомобиля. В полуоси 1 автомобиля имеется резьба для крепления мотор-колеса с помощью винта 31 и шайбы 32.

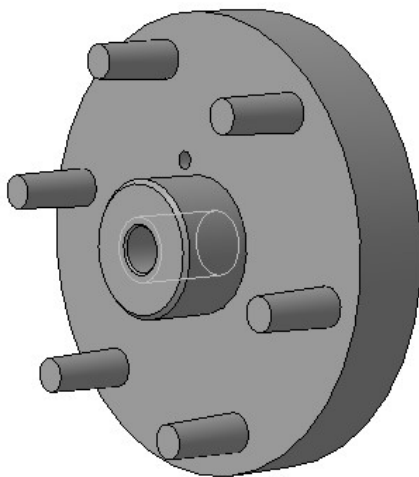


Рис. 9. Ступица автомобиля при снятом колесе

Установка колеса проводится в следующем порядке. Полая ось 2 надевается на полуось 1 автомобиля, при этом отверстия на фланце 33 статора надеваются на выступающие из ступицы 35 стержни 34. Замыкается жгут 36 питания катушек 19, 20 обмотки якоря. Отверстие в оси 2 закрывается шайбой 32, вставляется винт 31 и заворачивается в резьбу в полуоси 1 автомобиля.

Для снятия колеса достаточно отвернуть винт 31 и снять полую ось 2 с полуоси 1 автомобиля, разомкнув жгут 36 питания катушек 19, 20 обмоток.

Таким образом, в результате введения ротора быстрого вращения в виде диска с постоянными магнитами, чередующихся дисков ротора и статора, состоящих из ферромагнитных и немагнитных элементов в виде секторов, выполнения магнитопроводов в виде двух колец с накладными зубцами с катушками, выполнения на торцевых поверхностях коронок зубцов клиновидных выступов, которые совместно с ферромагнитными элементами дисков статора, а также ферромагнитные элементы дисков

ротора имеют свои одинаковые угловые размеры и положения, получено мотор-колесо с повышенным вращающим моментом, с улучшенными энергетическими показателями, с простой технологичной конструкцией, допускающей большие скорости вращения и надежную работу.

В результате введения фланца статора с отверстиями, совпадающими с коническими стержнями на ступице автомобиля, ускоряется процесс монтажа и демонтажа мотор-колеса с помощью винта и шайбы.

Список литературы

1. Макаров Ю.В., Черепанов В.Д. Мотор-колесо. Патент России 2334626, МПК В60К 7/00, 2008.09.27.
2. Шкондин В.В., Молчанов К.В. Мотор-колесо. Патент России 2035114, МПК Н02К 23/00, В60К 7/00, БИ 13, 1995.05.10.
3. Афанасьев А.Ю., Макаров А.В., Березов Н.А. Синхронный электродвигатель с магнитной редукцией. Патент РФ № 2604058, МПК Н02К 16/02, Н02К 19/24, Н02К 19/06 опубл. 2016.12.10, Бюл. № 34).

УДК 621.316.13

ПРОБЛЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ ПАО «ТАТНЕФТЬ»

Т.Р. Ахунов¹, Ф.Ф. Билалов

ООО «ТаграС-ЭнергоСервис», г. Альметьевск
E-mail: ¹Natlarochen@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности компенсации реактивной мощности на установках штанговых глубинных насосов. Показано влияние фактического напряжения сети и коэффициента загрузки электродвигателя на значение потребляемой реактивной мощности.

Ключевые слова: компенсация, реактивная мощность, напряжение.

На сегодняшний день вопрос компенсации реактивной мощности является крайне важным, так как реактивная мощность в сети приводит к ряду негативных последствий, основными из которых являются снижение пропускной способности электросети, увеличение потерь энергии в ЛЭП, отклонение напряжения от номинальных значений, повышенный износ оборудования.

Рассмотрим данную проблему на примере ПАО «Татнефть». На сегодняшний день мощность конденсаторных батарей определяется на основании РД «Инструкции по эффективному внедрению и эксплуатации низковольтных конденсаторов в ПАО «Татнефть».

Инженерным центром ПАО «Татнефть» выполнен анализ эффективности внедрения и эксплуатации устройств компенсации реактивной мощности. Выводы на примере НГДУ «Альметьевнефть»: в НГДУ все подстанции эксплуатируются с коэффициентом мощности не выше 0,993, что свидетельствует об отсутствии перекомпенсации реактивной мощности; мощность 43 %, или 830 установленных низковольтных конденсаторов, не соответствует мощности, регламентированной РД; ожидаемый объем перекомпенсации при внедрении низковольтных конденсаторов на всем добывающем фонде скважин составит 12,6 МВар или 17 % от всего объема компенсации реактивной мощности НГДУ.

Таким образом, нерешенными остаются такие проблемы, как: отсутствие единой методики оптимизации потерь электроэнергии за счет компенсации реактивной мощности в сетях электроснабжения ПАО «Татнефть»; отсутствие научно-обоснованного выбора номинальной мощности устройств компенсации реактивной мощности и их мест размещения, подтвержденных экспериментальными исследованиями; приведение показателей качества электроэнергии в соответствие с ГОСТ 32144-2013.

Недостатком рассмотренного РД является то что, метод расчета на котором он основан, не учитывает ни техническое состояние, ни загруженность, ни уровень напряжения на клеммах статора электродвигателя, а расчет мощности УКРМ производится на основе паспортных данных электродвигателя, что ведет к ошибочному выбору мощности компенсирующих устройств.

В целях наиболее точной оценки влияния нагрузки на значение потребляемой реактивной мощности были выполнены инструментальные замеры на скважинах ПАО Татнефть и других нефтяных компаний Республики Татарстан (табл. 1).

Таблица 1

Результаты инструментальных измерений электропотребления ЭД скв. 2204

Объект	Тип, марка электродвигателя	Мощность электродвигателя, кВт	Рекомендуемая мощность компенсирующего устройства, кВар	Напряжение, В	P , кВт	Q , кВар	$\cos \varphi$
ЭД скв. 2204	5A200LA12	11,0	8,0	379,23	2,35	8,62	0,26

Как видно из приведенных результатов измерений, среднее значение потребляемой реактивной мощности составляет 8,62 кВар. Следует заметить, что измерения были проведены при значениях питающего напряжения близких к номинальному паспортному значению. А также был произведен расчет мощности компенсирующего устройства по РД для данного электродвигателя.

Расчетная мощность равна:

$$Q = P(1 + (1 - \eta)) \cdot \operatorname{tg}(\arccos \varphi) = 16,71 \text{ кВар.}$$

Сравнение результатов измерений и результатов расчета мощности конденсаторов по РД наглядно показывает несоответствие расчетных значений с результатами выполненных измерений. Таким образом, при отличии реальной загрузки электродвигателя от номинальной более чем на 50 – 70 %, расчет основанный на применении паспортных данных электродвигателя приведет к ошибочному подбору мощности УКРМ.

На рис. 1 и 2 приведены результаты измерений, выполненных на скважине № 2018 ЦДНГ-2 НГДУ «Ямашнефть». При подъеме жидкости потребляемая из сети мощность возрастает до 5,2 кВт, при ходе плунжера вниз – снижается до 1,6 кВт. При этом потребляемая реактивная мощность изменяется незначительно от 22,3кВар до 23 кВар.

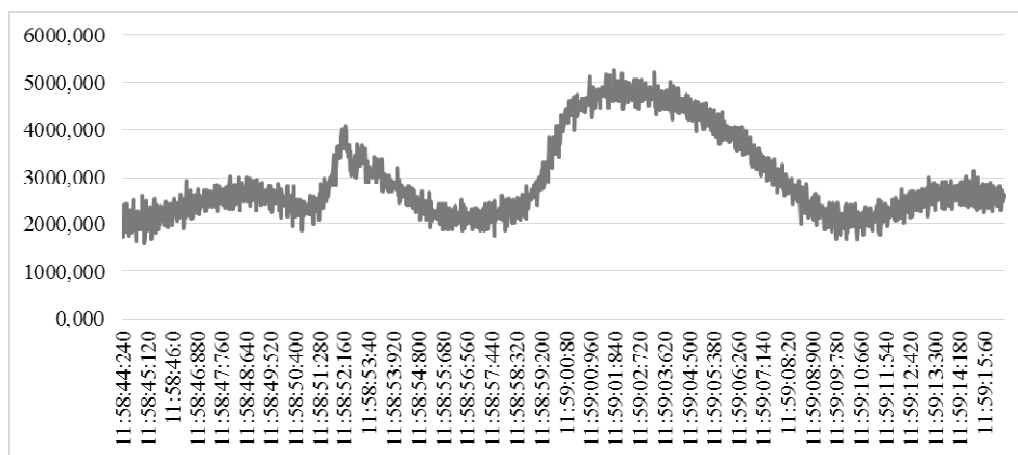


Рис. 1. График потребления активной мощности на скважине №2018 ЦДНГ-2 НГДУ «Ямашнефть»

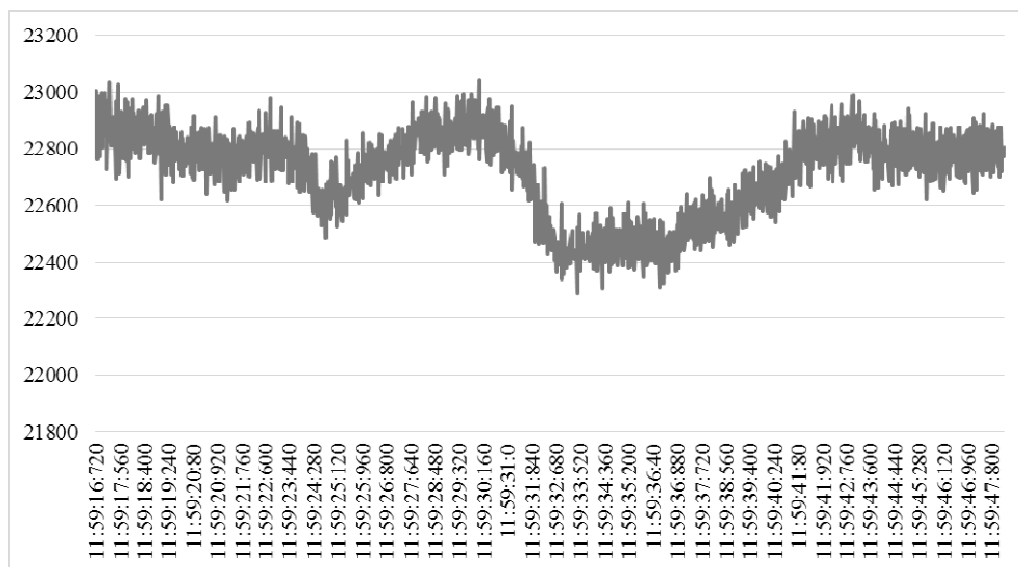


Рис. 2. График потребления реактивной мощности на скважине №2018 ЦДНГ-2 НГДУ «Ямашнефть»

Результаты данных экспериментальных исследований показывают, что значение потребляемой реактивной мощности при изменении коэффициента загрузки электродвигателей на 15 – 20 %, обусловленного работой станка-качалки, изменяется незначительно. Это позволит нам применить более дешевые нерегулируемые конденсаторные установки.

Вторым важным фактором, который влияет на значение потребляемой реактивной мощности, является уровень напряжения на выводах электродвигателя.

Таблица 2

Результаты инструментальных измерений электропотребления
ЭД скв. №№ 1240, 1208, 1227, 1222, 1234

Объект	Тип, марка электродвигателя	Мощность электродвигателя, кВт	Частота вращения, об/мин	Рекомендуемая мощность компенсирующего устройства, квар	Напряжение, В	P , кВт	Q , кВар	$\cos \varphi$
ЭД скв. 1240	АИР180М8	18,5	750	25,0	432,36	3,15	25,81	0,12
ЭД скв. 1208	АИР180М6	18,5	1000	13,5	414,84	2,80	14,54	0,19
ЭД скв. 1227	АИР180М6	18,5	1000	17,5	439,16	3,38	18,39	0,18
ЭД скв. 1222	АИР180М6	18,5	1000	15,0	419,50	2,37	15,92	0,15
ЭД скв. 1234	АИР180М8	18,5	750	13,5	422,98	1,96	13,67	0,14

Несмотря на то, что на объектах, приведенных в табл. 2, применяются одинаковые по марке электродвигатели, значения потребляемой реактивной мощности для них различны. В первую очередь это связано с различным уровнем напряжения на клеммах электродвигателя, так как коэффициенты загрузки данных электродвигателей отличаются не более чем на 10 %.

Также стоит отметить, что на значение потребляемой реактивной мощности значительное влияние оказывает техническое состояние электродвигателя, который в значительной степени зависит от качества проведенного ремонта и технического обслуживания.

Поэтому для определения истинного значения потребляемой электродвигателем реактивной мощности следует производить натурные измерения. При этом необходимо учесть значение напряжения на выводах электродвигателя.

Освоенный и успешно применяемый метод, объединяющий инструментальный и теоретические подходы позволяет правильно определить мощность компенсирующего устройства.

Экономически эффект от внедрения УКРМ на 20 скважинах ПАО «Татнефть» составил более 170 тыс. руб. Срок окупаемости мероприятия менее года.

На основании проведенных натурных испытаний можно сказать, что наилучшим решением при определении мощности компенсирующих устройств является непосредственное измерение потребляемой реактивной мощности двигателем и подбор мощности КУ с учетом значения фактического напряжения на клеммах электродвигателя. Корректный подход к вопросу компенсации реактивной мощности позволяет получить экономический эффект как для покупателя ЭЭ так и для сетевой компании за счет снижения потерь ЭЭ.

На сегодняшний день, используя данный метод, успешно выполнены работы в таких предприятиях как ЗАО «ХИТР», ЗАО «Предприятие Кара-Алтын», ОАО «Татнефтепром». Ведутся работы по тиражированию данного решения в ПАО «Татнефть».

Список литературы

1. Шидловский А.К., Кузнецов В.Г. Повышение качества электроэнергии в электрических сетях. – Киев: Наукова думка, 1985. – 268 с.
2. Большанин Г.А, Плотников М.П. Особенности распределения электрической энергии по городским сетям. Труды Братского государственного университета: Сер.: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: в 2 т. – Братск: Изд-во БрГУ, 2011. – Т. 2. – С. 48–51.
3. Белый В.Б. Электромагнитная совместимость элементов систем электроснабжения, содержащих устро компенсации реактивной мощности // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 6 (56), 2009.
4. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов / А.А. Федоров, В.В. Каменева. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472с.

УДК 62-83

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКУПЕРАТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ЛИФТОВЫХ УСТАНОВОК

Д.В. Байков¹, Ю.Б. Федотов², С.А. Нестеров³

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск

E-mail: ¹bdv2304@mail.ru, ²fedotovyb@mail.ru, ³nesterov@mrsu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы применения преобразователей частоты с дополнительным модулем рекуперации, рекуперативных преобразователей и преобразователей частоты матричного типа в электроприводах главного движения лифта.

Ключевые слова: преобразователь частоты, электропривод, рекуперация, матричный преобразователь частоты, энергоэффективность, лифтовая установка.

По состоянию на 2004 год в Российской Федерации находилось в эксплуатации более 500000 лифтовых установок всевозможных исполнений, предназначений и сроков службы. Износ до 30% имело около 100 тысяч лифтов, от 30% до 60% – около 200 тысяч и столько же имело износ более 60% [1].

На сегодняшний день, не смотря на положительную динамику в снижении износа лифтов в жилищном фонде РФ, в 2015 году было заменено лишь около 9500 лифтовых установок, а в 2016 – около 12500. Так по данным Комиссии по лифтовому хозяйству Общественного совета до 2020 года необходимо заменить более 80000 лифтовых установок в жилых домах.

Ситуация относительно регионов не менее печальна. По данным Управления Ростехнадзора по Республике Мордовия из 2200 лифтов почти у половины истек 25 летний срок эксплуатации и около 300 установок в регионе находятся в аварийном состоянии. В 2016 году в РМ было заменено лишь 19 лифтов. Приобретение и установка одной лифтовой установки обходится примерно в 2 миллиона рублей. Таким образом, для полной замены лифтовых «пенсионеров» РМ потребуются около 2 миллиардов рублей. Поэтому необходимо проведение модернизации и внедрение новых экономичных и энергоэффективных систем управления лифтами.

Прежде всего, это внедрение энергосберегающего частотного электропривода главного движения лифта (лебедки). Внедрение преобразователей частоты (ПЧ) для регулирования скорости асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (АД) позволяет улучшить энергетические и эксплуатационные характеристики лифтов [2, 3].

Согласно данным, полученным в результате испытаний, проведенных специалистами МГУП «Мослифт», при использовании ПЧ для управления электродвигателем лебедки достигается снижение потребления электроэнергии на 40 – 60 % по сравнению с системами электропривода, находившимися применение ранее. В табл. 1 приведены выдержки из протокола этих испытаний.

Как видно из табл. 1, среднегодовая экономия электроэнергии на каждом лифте с ПЧ составляет более 7000 кВт/ч. Расчёты показывают, что при годовой программе модернизации и замены, к примеру, 5000 лифтов годовая экономия составит 35 млн. кВт/ч.

Применение ПЧ, для регулируемых электроприводов управления лифтами, позволяет не только снизить энергопотребление, но и обеспечить устранение ощутимых толчков при старте и остановке, точное позиционирование груза и кабины на этажной площадке, позволяет отказаться от использования двухскоростного лифтового двигателя, имеющего по сравнению

с общепромышленным большие габариты и вес. Кроме этого значительно повышается срок службы основных элементов подъемно-транспортного механизма – тяговых канатов, тормозных колодок, редукторов, подвески противовеса, а также снижает аварийность всей установки в целом.

Таблица 1

Затраты электроэнергии на содержание лифтовой установки

Показатели	Грузоподъемность лифта, кг	
	320	500
	Скорость кабины $v = 1$ м/с	
Среднее машинное время работы в сутки, ч.	6,8	6,4
Среднее число пусков в час	104	96
Потребляемая электроэнергия, кВт·ч :		
нерегулируемый привод:		
в месяц	1224	1420
в год	14892	17286,4
регулируемый привод с ПЧ:		
в месяц	622,2	614,4
в год	7570	7475,2
Экономия электроэнергии, кВт·ч :		
в месяц / проц	601,8 / 49,2	805,6 / 56,7
в год	7322	9811,2

Однако сложившаяся практика эксплуатации и обслуживания лифтовых установок часто не направлена на внедрение энергосберегающих технологий. До сих пор большинство производителей лифтов (ОАО «Карачаровский механический завод» (КМЗ), ОАО «Щербинский лифтостроительный завод (ЩЛЗ); ОАО «Могилевский лифтостроительный завод» (МЛЗ)) используют системы управления двухскоростными лифтовыми АД типа 5А с устройствами управления УЛ, УКЛ, ШУЛР, ШУЛ-2РС и др. [4].

В последнее время отечественные лифтовые установки стали комплектоваться ПЧ, согласованными с изготовителями лифтов:

1. КМЗ использует ПЧ французской фирмы Schneider Electric.
2. ЩЛЗ – ПЧ шведской фирмы EMOTRON.
3. МЛЗ – ПЧ японской фирмы OMRON.

Данные преобразователи выполнены по конструкции «неуправляемый выпрямитель – автономный инвертор напряжения». В научной литературе их относят к классу двухзвенных преобразователей частоты (ДПЧ) [5, 6]. Такие ПЧ требуют наличия в составе силовой части конденсаторов значительной емкости, а также тормозных резисторов. Торможение с внешним тормозным резистором неэффективно, поскольку тормозной резистор подключается к каждому ПЧ и это увеличивает стоимость электропривода с одной стороны и приводит к потерям энергии торможения безвозвратно с другой [4].

Устранить данный недостаток возможно путем применения модулей рекуперации (МР). Данное техническое решение в тормозных режимах позволяет частично возвращать электроэнергию в сеть, что, несомненно, способствует повышению энергетической эффективности всей установки.

На рис. 1 представлена функциональная схема индивидуальных электроприводов механизмов передвижения кабины лифта, преобразователи, которых выполнены по конструкции «неуправляемый выпрямитель – автономный инвертор напряжения» с дополнительным модулем рекуперации.

На рис. 1 введены следующие условно-графические обозначения: НВ – неуправляемый выпрямитель; АИН – автономный инвертор напряжения; АД – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором; ПЧ – преобразователь частоты; МР – модуль рекуперации.

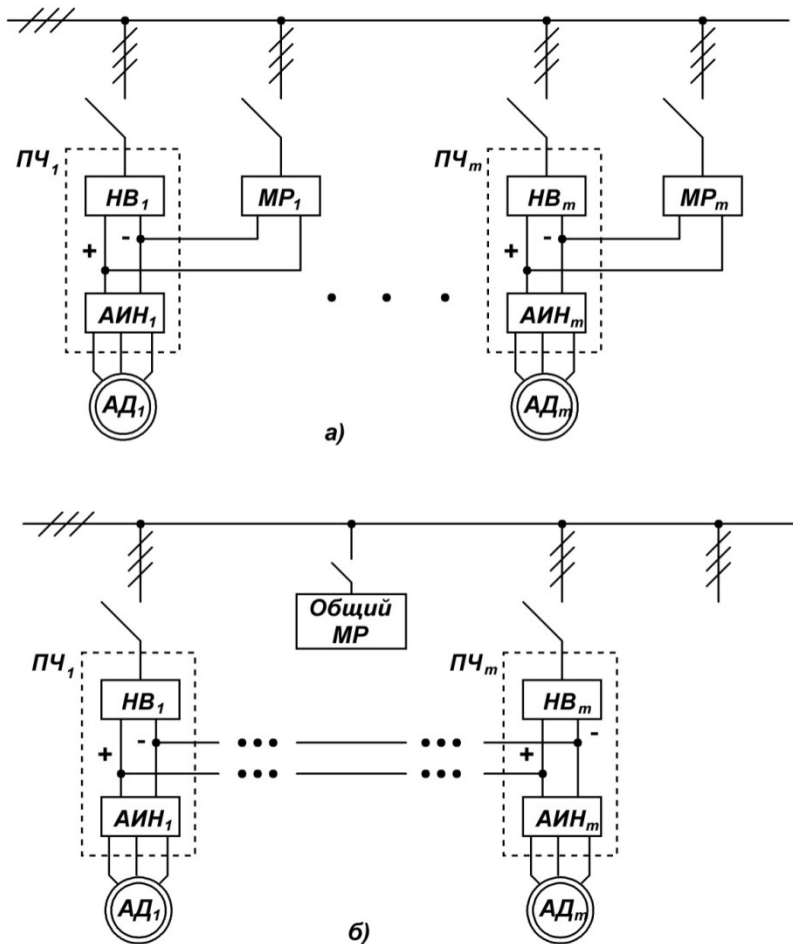


Рис. 1. Функциональные схемы главного привода лифта с модулем рекуперации

Для рис. 1, а характерно использование индивидуального МР для каждой лифтовой установки мощностью 7–15 кВт в зависимости от величины максимальной тормозной мощности. Данная структура может оказаться эффективной для высотных зданий, имеющих «вертикальную архитектуру». На рис. 1, б представлена функциональная схема на основе одного МР совокупной тормозной мощности. Предпочтение такой структуре следует

отдать в «многоподъездных зданиях малой этажности». Такая структура имеет преимущество, связанное с возможностью перераспределения через звено постоянного тока активной энергии при пусках и торможениях нескольких лифтов в реальном времени их работы [4].

Модули рекуперации выпускаются на тормозную мощность от 7 до 500 кВт фирмами Delta Electronics, Siemens, ABB, Schneider Electric и др. Благодаря исключению из стоимости ПЧ тормозных резисторов, энергосбережению, а также снижению количества норма-часов обслуживания оборудования окупаемость внедрения будет составлять 2 – 2,5 года.

Другим решением в повышении энергетической эффективности лифтового оборудования является применение рекуперативных ДПЧ, позволяющих снизить затраты электроэнергии на 20 – 30 % по сравнению с приводами, выполненными по традиционной конструкции.

На рис. 2 представлена функциональная схема такого ПЧ, выполненная по конструкции «рекуперативный выпрямитель – автономный инвертор напряжения».

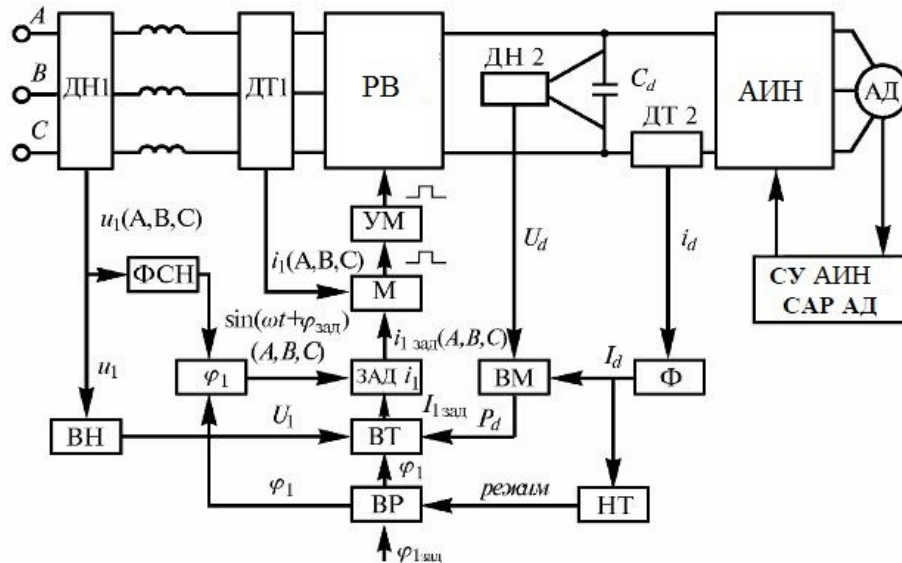


Рис. 2. Функциональная схема рекуперативного ДПЧ

В функциональной схеме имеются следующие элементы: рекуперативный выпрямитель (РВ), подключенный к сети; АИН, подключенный к АД; датчики тока напряжения ДТ1 и ДН1 на стороне сети и ДТ2 и ДН2 на стороне постоянного напряжения. Требуемая мощность на стороне постоянного тока определяется измерением средних значений U_d и I_d , а затем и мощности P_d с помощью вычислителя ВМ, куда поступают сигналы с ДН2 и ДТ2 через фильтр Ф. По действующему значению напряжения сети U_1 , определяемому с помощью вычислителя напряжения ВН,

и с учетом заданного угла φ_1 определяется ток $I_{1\text{зад}}$, обеспечивающий заданную мощность. Блок ФСН формирует синусоидальное напряжение, повторяющее напряжение сети, а блок φ_1 формирует заданную синусоиду с учетом фазового сдвига φ_1 . В блоке ЗАД i_1 формируется заданная синусоида тока. В модуляторе М она сравнивается с сигналом датчика тока ДТ1 i_1 , и формируются управляющие импульсы, которые через усилитель мощности УМ поступают на транзисторы. Блок НТ определяет направление тока (выпрямительный или инверторный режим). Блок выбора режима ВР в соответствии с сигналом НТ задает угол φ_1 [7].

ВР в основном работает в выпрямительном режиме, когда энергия из сети через АИН, работающий в инверторном режиме, передается двигателю. При торможении АИН, подключенный к АД переходит в выпрямительный режим. При этом происходит рекуперация энергии в сеть. Если задать схеме управления на входе $\cos\varphi = \pm 1$, то во всех режимах при регулировании и торможении двигателя лифта из сети будет потребляться или в сеть будет отдаваться практически только активная мощность, а ток будет практически синусоидален, а, следовательно, вред, нанесенный питающей сети, будет минимален. Поэтому использование такого типа ПЧ может серьезно повысить энергетическую эффективность лифтовой установки и снизить потребление электроэнергии.

ПЧ, выполненные по подобной конструкции, выпускаются фирмами Yaskawa, Twerd, Siemens, Mitsubishi и др.

Еще одним способом улучшения энергетической эффективности лифтовых установок является применение асинхронных электроприводов на базе матричных преобразователей частоты (МПЧ). Функциональная схема такого электропривода показана на рис. 3.

МПЧ реализуется на 9 ключах с двунаправленной проводимостью, соединенных так, чтобы любая из трех входных фаз A, B, C была связана с любой из трех выходных фаз a, b, c . Исполнение двунаправленных ключей может быть самым разнообразным [8], а при их упорядоченной работе частота и напряжение АД может регулироваться с высокой степенью точности.

Среди достоинств МПЧ обычно выделяют хорошие массогабаритные показатели, высокие значения КПД и коэффициента мощности, отсутствие звена постоянного тока и возможность беспрепятственного обмена электроэнергией между питающей сетью и АД без дополнительных рекуперативных

устройств [9, 10]. Кроме того, входной ток такого ПЧ практически синусоидален и в процессе работы совпадает с фазой напряжения, а в тормозном режиме ток остается по форме близкой к синусу, однако происходит сдвиг на 180° , что приводит к небольшим гармоническим искажениям.

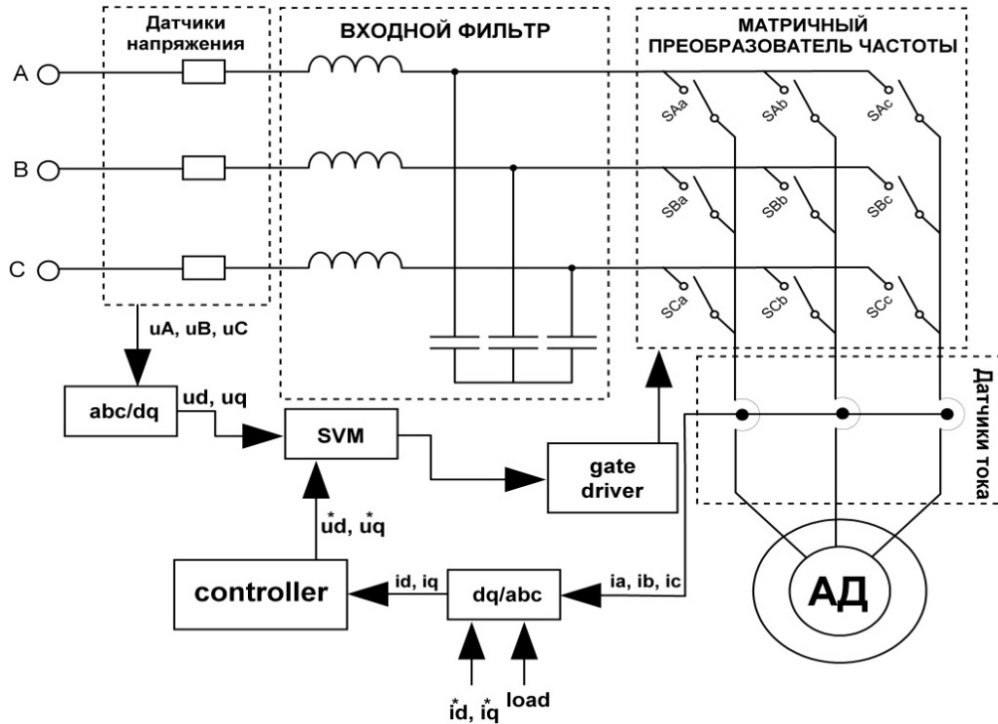


Рис. 3. Функциональная схема матричного преобразователя частоты

Внедрение при модернизации лифтовых установок технических решений, представленных на рис. 1 – 3, позволит существенно снизить энергопотребление при сохраненных электромеханических модулях. При этом в соответствии с техническими условиями безопасной эксплуатации представляется целесообразным исходить из того, что стоимость модернизации лифта намного дешевле, чем его полная замена. Поэтому, можно сделать вывод, что модернизация действующей лифтовой установки заключается в обновлении системы электропривода лебедки на основе АД с применением рекуперативных или матричных преобразователей частоты.

Статья подготовлена как часть прикладных исследований в соответствии с Соглашением о предоставлении субсидии №14.574.21.0135 при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Уникальным идентификатором прикладных исследований является RFMEFI57417X0135.

Список литературы

1. Афонин В.И. Основные направления повышения технического уровня двигателей для привода лифтов // Подъемные сооружения. Специальная техника. – 2004. – №4. – С. 38 – 39.

2. Денисов В.А. Электроприводы переменного тока с частотным управлением. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 163 с.

3. Архангельский Г.Г. Современные тенденции и совершенствование конструкции лифтового оборудования. – М.: Академия, 2006. – 172 с.

4. Хитров А.И., Хитров А.А. Перспективы применения энергосберегающих решений в электроприводах главного движения лифта // Электротехника. – 2014. – №1. – С. 367–376.

5. Кокорин Н.В. Исследование и разработка преобразователя частоты матричного типа для электроприводов переменного тока: дис. ... канд. техн. наук / Н. В. Кокорин; Чувашский гос. Университет – Чебоксары, 2010. – 157 с.

6. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока : учеб. пособие для вузов. – Иваново: ИГЭУ, 2008. – 298 с.

7. Гельман М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. – Челябинск.: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.

8. Климов В.П. Двухнаправленные ключи в матричных структурах преобразователей переменного тока / В.П. Климов, С.В. Климова // Силовая электроника. – 2008. – №4. – С. 25–28.

9. Байков Д.В., Карасев А.В. Матричный преобразователь частоты – перспективное решение в сфере экономии энергии и развития электропривода // Труды VIII Международной (XIX Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2014. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та. – 2014. – С. 492–494.

10. Мещеряков В.Н, Байков Д.В.. Энергосберегающий асинхронный электропривод на базе матричного преобразователя частоты // Электротехника: сетевой электронный научный журнал. – 2015. – Том 2. – №2. – С. 35–39.

УДК 519.812.3

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.

В.Р. Басенко¹, В.В. Максимов²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹vasiliybas123@mail.ru, ²viktor.maksimov.1968@mail.ru

Аннотация. Проектирование системы электроснабжения подразумевает собой целесообразный и оптимальный выбор электрооборудования. Выбранные аппараты защиты, передачи и коммутации должны удовлетворять показателям надежности, которые выдвигаются при проектировании системы электроснабжения. На современном этапе развития проектирования возникло понятие оптимизационного процесса, который подразумевает собой выбор оптимального решения поставленной задачи по заданным условиям. Одним из современных видов оптимизации является многокритериальная оптимизация.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, электрооборудование, проектирование систем электроснабжения, программное обеспечение, условия оптимизации, функция полезности.

Главной задачей проектирования систем электроснабжения является выбор оптимальной схемы электроснабжения и соответствующего всем требованиям, с точки зрения теории надёжности и экономической целесообразности, электрооборудования. Здесь к электрооборудованию будет относиться трансформаторы на главной понижающей подстанции (ГПП) и главном распределительном пункте (ГРП), цеховые трансформаторы, кабели, аппараты защиты. Каждый из видов оборудования имеет свои особенности и параметры для выбора (критерии выбора). Чтобы выбрать соответствующее электрооборудование необходимо произвести оптимизацию, то есть выбор оборудования, которое максимально удовлетворяет предъявляемым требованиям. Когда параметров выбор становится большое количество, такой вид оптимизации (выбора) считается многокритериальным.

Многокритериальная оптимизация подразумевает собой математическую постановку задачи выбора решения с выделением функции и условий выбора, как аргументов выделенной функции. Здесь, часто применяются свертки критериев выбора:

$$1) \psi(y) = \sum y_i;$$

$$2) \psi(y) = \min y_i;$$

$$3) \psi(y) = \prod y_i, \text{ при } y_i > 0;$$

$$4) \psi(y) = -\rho(y, y^*), \text{ где } \rho(y', y'') \text{ – определенное расстояние между}$$

критериальными точками y' и y'' , а y^* – идеальная точка.

Рассмотрим оптимизацию выбора кабельной системы, как пример эвристического подхода многокритериальной оптимизации.

Далее представлен расчет токов короткого замыкания, как пример расчета для выбора кабеля по условию электродинамической стойкости.

Расчет токов КЗ на шинах 6/10 кВ в системе электроснабжения.

Исходные данные:

система: $S_c = 1000$ МВА.

трансформатор ГПП ТРН-16000/110 : $S_T = 16000$ кВ·А; $P_{xx} = 17$ кВт;

$P_k = 85$ кВт, $U_{вн} = 115$ кВ; $U_{нн} = 10,5$ кВ; $U_{квн} = 10\%$; $I_{xx} = 0,7\%$;

ВЛ 110 кВ: длина $l = 10$ км; марка провода АС-120, $X_0 = 0,29$ Ом/км; $R_0 = 0,27$ Ом/км.

КЛ: длина $l = 300$ м; марка провода ААШв-3х95, $X_0 = 0,083$ Ом/км; $R_0 = 0,31$ Ом/км.

Расчетная схема представлена на рис. 1.

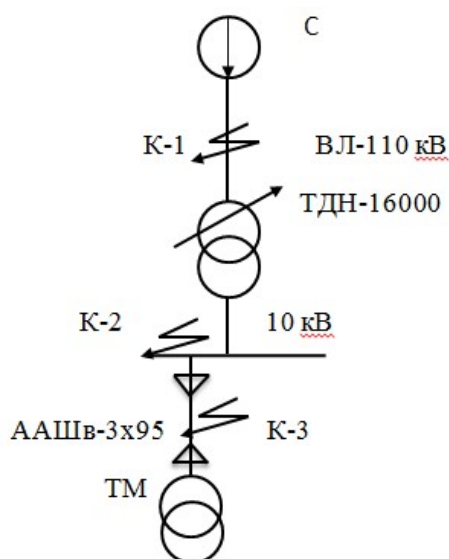


Рис. 1. Схема замещения системы электроснабжения

Расчет проводим в системе относительных единиц.

Базисная мощность $S_{\text{б}} = 1000$ МВА; $S_c = 1000$ МВА;

базисное напряжение $U_{\text{бI}} = 115$ кВ, $U_{\text{бII}} = 10,5$ кВ.

Базисный ток:

$$I_{\text{бI}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{бI}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,02 \text{ кА};$$

$$I_{\text{бII}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{бII}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55,05 \text{ кА}.$$

Параметры короткозамкнутой цепи:

Воздушная линия (ВЛ):

$$X_{\text{ВЛ}} = X_0 l = \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{бI}}^2} = 0,29 \cdot 10 \frac{1000}{115^2} = 0,219;$$

$$R_{\text{ВЛ}} = R_0 l = \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{бI}}^2} = 0,27 \cdot 10 \frac{1000}{115^2} = 0,204.$$

Кабельная линия (КЛ):

$$X_{\text{КЛ}} = X_0 l = \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{бII}}^2} = 0,083 \cdot 0,3 \frac{1000}{10,5^2} = 0,23;$$

$$R_{\text{КЛ}} = R_0 l = \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{бII}}^2} = 0,31 \cdot 0,3 \frac{1000}{10,5^2} = 0,844.$$

Система: $X_C = X_{C^{*(H)}} \frac{S_6}{S_C} = 0,7 \frac{1000}{1000} = 0,7.$

Трансформатор ГПП:

$$X_T = \frac{U_K S_6}{100 S_H} = \frac{10 \cdot 1000}{100 \cdot 16} = 6,25; \quad R_T = \Delta P_k \frac{S_6}{S_{НОМ}^2} = 0,085 \frac{1000}{16^2} = 0,33.$$

ЭДС системы: $E_C = \frac{U_{ср.НОМ}}{U_{61}} = \frac{115}{115} = 1.$

Сопротивление цепи относительно точки К-1:

$$Z_{K-1} = \sqrt{(X_C + X_{ВЛ})^2 + R_{ВЛ}^2} = \sqrt{(0,7 + 0,219)^2 + 0,204^2} = 0,941.$$

Сопротивление цепи относительно точки К-2:

$$R_{K-2} = R_1 + R_T = 0,204 + 0,33 = 0,534;$$

$$X_{K-2} = X_1 + X_T = 0,919 + 6,25 = 7,17;$$

$$Z_{K-2} = \sqrt{(X_{K-2})^2 + R_{K-2}^2} = \sqrt{(7,17)^2 + (0,534)^2} = 7,19.$$

Сопротивление цепи относительно точки К-3:

$$R_{K-3} = R_1 + R_T + R_{кл} = 0,204 + 0,33 + 0,844 = 1,38;$$

$$X_{K-3} = X_1 + X_T + X_{кл} = 0,919 + 6,25 + 0,23 = 7,4;$$

$$Z_{K-3} = \sqrt{(X_{K-3})^2 + R_{K-3}^2} = \sqrt{(7,4)^2 + (1,38)^2} = 7,53;$$

Периодический ток КЗ в точке К-1 в начальный момент времени:

$$I_{n0K-1} = I_{61} \cdot \frac{E_C}{Z_{K3}} = 5,02 \cdot \frac{1}{0,941} = 5,31 \text{ кА.}$$

Постоянная времени затухания: $T_{aK-1} = \frac{X_{K-1}}{\omega R_{K-1}} = \frac{0,919}{314 \cdot 0,204} = 0,015.$

Ударный коэффициент: $k_{удK-1} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,015}} = 1,526.$

Ударный ток:

$$i_{удK-1} = \sqrt{2} K_{удK-1} I_{n0K-1} = \sqrt{2} \cdot 1,526 \cdot 5,31 = 12,41 \text{ кА.}$$

Начальный периодический ток в точке К-2:

$$I_{n0K-2} = I_{6\Pi} \cdot \frac{E_c}{Z_{K-2}} = 55,05 \cdot \frac{1}{7,19} = 7,65 \text{ кА.}$$

Постоянная времени затухания: $T_{aK-2} = \frac{X_{K-2}}{\omega R_{K-2}} = \frac{7,17}{314 \cdot 0,534} = 0,043.$

Ударный коэффициент: $k_{удK-2} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,043}} = 1,79.$

Ударный ток: $i_{удK-2} = \sqrt{2} K_{удK-2} I_{n0K-2} = \sqrt{2} \cdot 1,79 \cdot 7,65 = 19,3 \text{ кА.}$

Действующее значение ударного тока:

$$I_{уст} = I_{n0K-2} \sqrt{2(k_{уд} - 1)^2 + 1} = 7,65 \sqrt{2(1,79 - 1)^2 + 1} = 9,75 \text{ кА.}$$

Ток термической стойкости:

$$I_{TK-2} = I_{устK-2} \cdot \sqrt{\frac{t_K}{t_H}} = 9,75 \cdot \sqrt{\frac{1,2}{3}} = 6,16 \text{ кА.}$$

Начальный периодический ток в точке К-3:

$$I_{n0K-3} = I_{6\Pi} \cdot \frac{E_c}{Z_{K-3}} = 55,05 \cdot \frac{1}{7,53} = 7,3 \text{ кА.}$$

Постоянная времени затухания: $T_{aK-3} = \frac{X_{K-3}}{\omega R_{K-3}} = \frac{7,4}{314 \cdot 1,38} = 0,017.$

Ударный коэффициент:

$$k_{удK-3} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,017}} = 1,55.$$

Ударный ток:

$$i_{удK-3} = \sqrt{2} K_{удK-3} I_{n0K-3} = \sqrt{2} \cdot 1,55 \cdot 7,3 = 15,8 \text{ кА.}$$

Действующее значение ударного тока

$$I_{уст} = I_{n0K-3} \sqrt{2(k_{уд} - 1)^2 + 1} = 7,3 \sqrt{2(1,55 - 1)^2 + 1} = 8,33 \text{ кА.}$$

Ток термической стойкости:

$$I_{TK-3} = I_{устK-3} \cdot \sqrt{\frac{t_K}{t_H}} = 8,33 \cdot \sqrt{\frac{1,2}{3}} = 5,27 \text{ кА.}$$

Далее по значению ударного тока и тока термической стойкости выбирается кабель, удовлетворяющий условию термической и электродинамической стойкости кабеля. Данному условию удовлетворяет кабель марки ААШв с различными сечениями в зависимости от длины линии.

Но данных расчетов недостаточно для выбора марки и сечения кабелей. С точки зрения многокритериальной оптимизации, необходимо учесть следующие условия: способ прокладки кабеля, условие экономической плотности тока, условия протекания длительно-допустимого тока, аварийные режимы при отключениях линии.

Пример выбора кабелей по вышеперечисленным критериям представлен в таблице. В ней представлен выбор оборудования с технической точки зрения. Для окончательного выбора необходимо произвести экономический расчёт по капиталовложениям в кабельные системы проектируемой схемы электроснабжения.

Марка и сечение кабеля

№ п/п	Назначение линии	n , шт	$I_{рн}$, А	$I_{ра}$, А	l , км	Способ прокладки		k_1	k_2
1	ГПП-ТП1	2	11,37	22,82	0,028	Траншея		0,78	1,25
2	ГПП-ТП2	2	38,24	77,51	0,089			0,8	1,15
3	ГПП-ТП3	1	28,84	–	0,028			0,78	–
4	ГПП-ТП4	2	50,15	101,54	0,124			0,78	1,15
№ п/п	Назначение линии	$I'_{рн}$, А	$I'_{ра}$, А	$I_{доп}$, А	$S_{п}$, мм ²	$S_{\Delta u}$, мм ²	$S_{э}$, мм ²	Количество и марка кабелей	
1	ГПП-ТП1	14,58	23,4	75	16	16	16	ААШв-3×16-10	
2	ГПП-ТП2	47,80	84,25	90	25	25	25	ААШв-3×25-10	
3	ГПП-ТП3	36,97	–	75	16	16	25	ААШв-3×25-10	
4	ГПП-ТП4	64,29	113,20	75	16	16	35	ААШв-3×35-10	

В заключении отметим, что многокритериальная оптимизация имеет множество методов, которые могут быть применимы при проектировании систем электроснабжения, в зависимости от условий поставленной задачи.

Список литературы

1. Лотов А.В., Поспелова И.И. Конспект лекций по теории и методам многокритериальной оптимизации: Учебное пособие / А.В. Лотов, И.И. Поспелова. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.
2. Васильев Ф.П. Методы оптимизации: Учебное пособие / Ф.П. Васильев. – Ч. 1. – М.: Изд. МЦНМО, 2011. – 624 с.
3. Сысоева В.В., Чедрик В.В. Алгоритмы оптимизации топологии силовых конструкций // Учёные записки ЦАГИ. – 2011. – Т. 42. – № 2. – С. 91-102.

4. Журнал «Международный студенческий научный вестник». – 2015. – № 3.

5. URL: <http://www.eduherald.ru>.

6. URL: <http://www.news.elteh.ru>.

УДК 621.314.263

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ УПРАВЛЯЕМЫХ СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ПИТАЮЩЕЙ СЕТЬЮ

А.С. Бодылев, Л.А. Рябишина

ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа

Аннотация. В данной статье была рассмотрена проблема электромагнитной совместимости управляемых статических преобразователей с питающей сетью. Широкое применение частотно-регулируемого электропривода в промышленности негативно сказывается на качестве электрической энергии питающей сети. В результате исследований асинхронного электропривода бурового насоса получены частотные спектры напряжения питающей сети в динамическом режиме.

Ключевые слова: Электромагнитная совместимость, питающая сеть, электрическая энергия, электропривод, управляемый статический преобразователь, гармоника, электромагнитные помехи.

Регулируемый электропривод как постоянного, так и переменного тока содержит силовые преобразователи электрической энергии, выполненные на силовых полупроводниковых ключах. Из-за роста установленной мощности преобразовательных аппаратов, происходит ухудшение электромагнитной обстановки, связанное с принципом их работы. Вследствие чего была обострена проблема обеспечения нормального функционирования других потребителей, подключённых к общей сети совместно с преобразователем, т.е. проблема электромагнитной совместимости.

В точке подключения вентиля входного (сетевое) выпрямителя преобразователя частоты к питающей сети, происходит ухудшение качественных показателей электрической энергии. Это явление объясняется тем, что при коммутационных процессах в вентильной группе происходит скачкообразное изменение параметров цепи. Так же показатели электрической энергии ухудшаются из-за изменения величины тока нагрузки и связанным с этим падением напряжения на индуктивном сопротивлении сети в коммутационном интервале. Нормы на качество электрической энергии оговаривают допустимые величины колебаний действующего напряжения сети и его коэффициента несинусоидальности [1].

Показатели качества электрической энергии в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц определяет ГОСТ Р 54149-2010[4] в точках общего применения (ТОП).

Существуют два пути распространения электромагнитных помех: индуктивный (под действием излучения электромагнитного поля) и кондуктивный (по проводам). Эти пути тесно взаимосвязаны между собой и можно лишь рассуждать только о преобладании того или иного явления в работе электронных и информационных аппаратов.

В дальнейшем эта задача стала актуальной и для электроэнергетики как проблема «засорения» электрических сетей при кондуктивном сопряжении с ними (по проводам) получивших широкое распространение вентильных преобразователей и других нелинейных нагрузок. Нелинейный нагрузки в свою очередь являются источниками высших гармоник и субгармоник тока.

Нормы качества электроэнергии устанавливаются для кондуктивных электромагнитных помех и являются обязательными для всех режимов работы систем электроснабжения, кроме режимов, обусловленных непредвиденными ситуациями.

Выработаны два вида норм качества электрической энергии – нормальные и предельно допустимые. Подлежат нормированию показатели качества электрической энергии (КЭ), характеризующие следующие виды его нарушения: отклонение напряжения; колебания напряжения; несинусоидальность напряжения; коэффициент искажения несимметрия напряжения; отклонение частоты; провал напряжения – это резкое снижение напряжения в точке электрической сети, численное значение которого оказывается ниже 90 % от номинального напряжения; импульс напряжения; временное перенапряжение [2].

На несинусоидальность напряжения на выходе оказывает влияние коммутационное искажение формы выходного напряжения. При этом напряжение можно представить в виде суммы двух составляющих: постоянная составляющая, равная среднему значению выходного напряжения за период и сумма гармонических составляющих. Постоянную составляющую равную среднему значению выходного напряжения U_d , а частота каждой гармоники:

$$f_{(v)} = v \cdot m \cdot f_C, \quad (1)$$

где v – частота гармоники, зависящая от её номера ($v = 1, 2, 3, 4, \dots$); m – эквивалентное число фаз выпрямительного устройства; f_C – частота питающей сети равная 50 Гц [3].

Частота 1-й гармоники для трёхфазного двухполупериодного мостового выпрямителя частота ν -ой гармоники будет: $f_{(1)} = 300$ Гц и $f_{(2)} = 600$ Гц. Чем выше f тем лучше для сети и потребителя.

Выражение для амплитуды ν -ой гармоники:

$$U_{(\nu)m} = \frac{2U_{d_0}}{\nu^2 m^2 - 1} \cos \alpha \sqrt{1 + \nu^2 m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}, \quad (2)$$

где U_{d_0} – среднее значение выходного напряжения УВ при $\alpha = 0$ (неуправляемая угловая скорость выпрямителя); α – угол задержки отпирания силовых ключей [3].

«Коэффициент пульсаций» или «относительное содержание гармоники»:

$$\frac{U_{(0)m}}{U_{d_0}} = \frac{2}{\nu^2 m^2 - 1} \cos \alpha \sqrt{1 + \nu^2 m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}. \quad (3)$$

Коэффициент пульсаций первой гармоники:

$$\frac{U_{(1)m}}{U_{d_0}} = \frac{2}{m^2 - 1} \cos \alpha \sqrt{1 + m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}. \quad (4)$$

При эквивалентном числе фаз и при $\alpha = 0$, содержание первой гармоники для $m = 6$ (для трёхфазного двухполупериодного мостового УВ): $f_{(1)} = 0,057$; $f_{(2)} = 0,014$; $f_{(3)} = 0,006$.

Таким образом, меньшее содержание, т.е. меньшая амплитуда гармоник и их более высокая частота является неоспоримым преимуществом трехфазных УВ по сравнению с однофазными.

Это значительно упрощает задачу сглаживания пульсаций выходного напряжения.

Представим графически зависимость содержания гармонической составляющей от угла управления α при фазных значениях эквивалентного числа фаз m .

Ток в первичных обмотках согласующих трансформаторов состоит из импульсов прямоугольной формы [3] Причём первая гармоника $I_{(1)}$ отстаёт по фазе от напряжения сети на $\angle \varphi = \alpha + \alpha/2$ [3].

Длительность импульсов тока в трехфазном двухполупериодном выпрямителе составляет $2\pi/3$ (при $m = 6$).

При этом амплитуда гармоник потребляемого тока обратно пропорциональна номеру гармоники:

$$I_{(v)m} = \frac{4I_d}{\pi k_{TP}} \frac{1}{v}, \quad (4)$$

где v – номер гармоники; $I_{(v)m}$ – амплитуда v -ой гармоники; I_d – среднее значение тока на выходе выпрямителя; k_{TP} – коэффициент трансформации согласующего (входного) трансформатора.

Тогда амплитуда первой гармоники для трехфазного двухполупериодного мостового УВ (при $m = 6$):

$$I_{(1)m} = \frac{2\sqrt{3}I_d}{\pi k_{TP}}. \quad (5)$$

Для исследования влияния частотно-регулируемого асинхронного электропривода на питающую сеть в пакете MATLAB используется блок (To Workspace). Он подключается к питающей сети через вольтметр. После окончания процесса расчёта модели в графическом интерфейсе пользователя Powergui выбирается функция FFT Analysis (быстрое преобразование Фурье), с помощью которой производится гармонический анализ исследуемого сигнала. Результаты для статического режима приведены на рис. 1, для динамического режима – на рис. 2.

Для сетей 6-35 кВ согласно ГОСТ Р 54149-2010[4] нормально допустимое значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения равно 5%. Результаты моделирования показывают, что значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения (THD) не превышает установленное ГОСТ нормально допустимое значение.

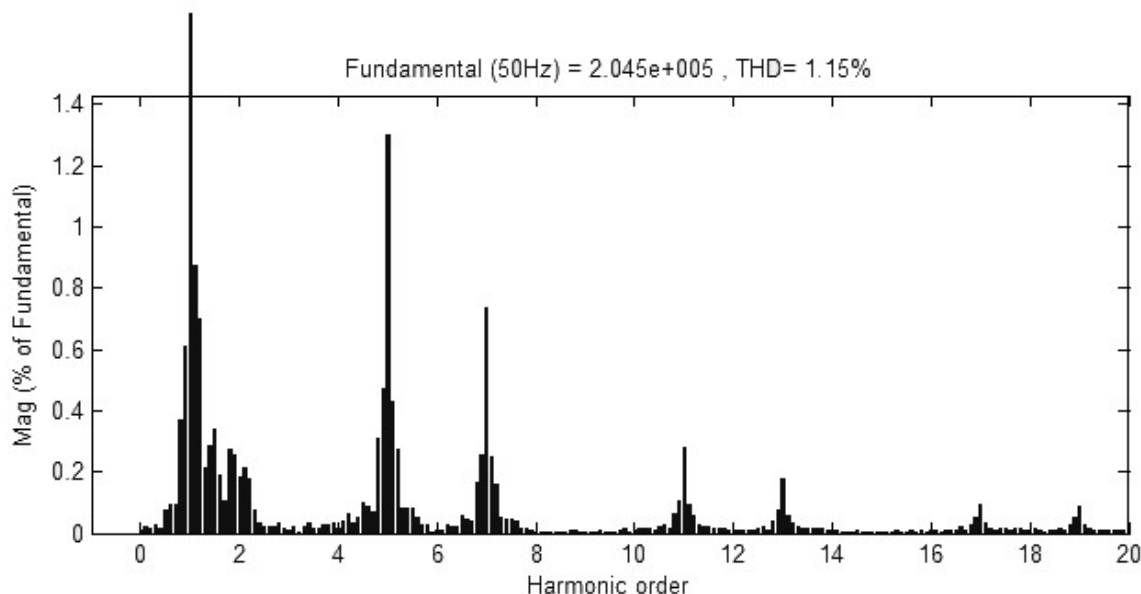


Рис. 1. Частотный спектр напряжения питающей сети в статическом режиме

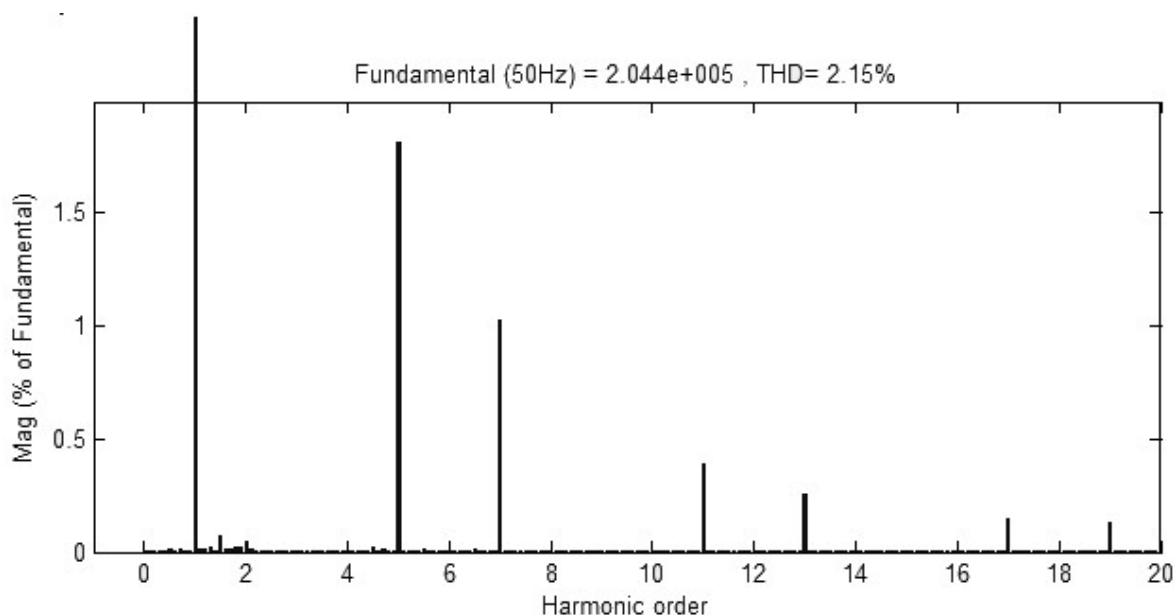


Рис. 2. Частотный спектр напряжения питающей сети в динамическом режиме

По результатам анализа можно сделать следующие выводы:

- влияние частотного преобразователя на питающую сеть не превышает нормально допустимое значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $KU = 5\%$, как в статическом, так и в динамическом режиме;
- влияние на питающую сеть в динамическом режиме больше чем в статическом на 1 %;
- наибольшее искажающее влияние вносят пятая и седьмая гармоники, в результате чего синусоида питающего напряжения имеет небольшое отклонение от формы.

Список литературы

1. Качество напряжения в сетях электроснабжения установок погружных электронасосов / В. П. Фрайштетер и др. // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 102–104.
2. Зиновьев Г.С. Силовая электроника: Учеб. пособие для бакалавров / Г.С. Зиновьев. – 5-е изд., испр. И доп. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 667 с.
3. С. Рама Редди. Основы силовой электроники: научное издание / С. Рама Редди. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.
4. ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2012. – С. 20.

УДК 621.313.333:62–83

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ НА РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Е.В. Боловин¹, А. Глазырин²

ФГАОУ ВО НИ ТПУ, г. Томск

E-mail: ¹bolovinev@mail.ru, ²asglazyrin@tpu.ru

Аннотация: Рассмотрены способы цифрового дифференцирования для решения задач идентификации параметров Т-образной схемы замещения асинхронных электродвигателей на основе дискретной модели в режиме реального времени. Проведенное сравнение полученных оценок выявило влияние различных способов цифрового дифференцирования на точность решения задачи идентификации асинхронных двигателей

Ключевые слова: идентификация параметров, Т-образная схема замещения, асинхронный электродвигатель, режим реального времени, билинейное преобразование, многоточечная аппроксимация, прямая разность

В работах [1, 2] был рассмотрен и апробирован алгебраический метод идентификации параметров асинхронных двигателей (АД). Однако в данных работах не акцентировалось внимание на проблемы построения дискретной модели. Указанные проблемы связаны с необходимостью использования цифрового дифференцирования при формировании решения, что может существенно влиять на точность отдельных полученных оценок параметров.

Существует множество различных методов численного дифференцирования [3, 4], однако все они основаны на аппроксимации функций. В общем можно выразить следующие основные группы методов численного дифференцирования:

1. Разности вперед (прямые разности) который состоит в аппроксимации производной конечной разностью:

$$\frac{dx}{dt} \rightarrow \frac{x[(n+1) \cdot \Delta t] - x(n \cdot \Delta t)}{\Delta t}$$

2. Разности назад (обратные разности) (ОР) в котором производная аппроксимируется разностью назад:

$$\frac{dx}{dt} \rightarrow \frac{x(n \cdot \Delta t) - x[(n-1) \cdot \Delta t]}{\Delta t}$$

3. Метод многоточечной аппроксимации (МА):

$$\frac{dx}{dt} \rightarrow \frac{x[(n-2) \cdot \Delta t] - 8 \cdot x[(n-1) \cdot \Delta t] + 8 \cdot x[(n+1) \cdot \Delta t] - x[(n+2) \cdot \Delta t]}{12 \cdot \Delta t}$$

Все остальные методы численного дифференцирования можно считать видоизменениями либо усовершенствованием, представленных основных методов. К сожалению, любое изменение приводит к усложнению метода и уменьшению его быстродействия, что недопустимо при решении задач идентификации параметров T-образной схемы замещения АД в режиме реального времени.

Стоит отметить, что существуют и другие способы цифрового дифференцирования, а именно отображения производных из s -плоскости в z -плоскость. Ярким примером такого отображение является билинейное преобразование (БП). Данное преобразование описано в [5]. Здесь же представлена его подробная суть и способ получения. В общем виде билинейное преобразование выглядит: $s \rightarrow \frac{2}{\Delta t} \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}$.

Для сравнительного анализа идентификации параметров дискретных моделей асинхронного двигателя на основе различных методов цифрового дифференцирования при решении реальных задач проводилось исследование модели двигателя ST132L, параметры которого приведены в [6]. В ходе моделирования были получены переходные характеристики оценок параметров T-образной схемы замещения АД и вычислены интегральные среднеквадратические ошибки оценивания данных параметров δ с учетом построения различных моделей для их определения (табл. 1).

Таблица 1

Показатели качества T-образной схемы замещения АД

Оценка	\hat{L}_1			\hat{L}_2			\hat{R}'_2			\hat{T}_2			\hat{L}_m		
	ОР	МА	БП	ОР	МА	БП	ОР	МА	БП	ОР	МА	БП	ОР	МА	БП
$\delta, \%$	5,9	3,2	2,1	7,0	3,2	2,2	7,5	1,6	1,1	4,4	1,9	1,2	7,1	6,5	4,9

Таким образом, были рассмотрены методы цифрового дифференцирования, применяемые для построения дискретных моделей асинхронных двигателей при решении задач идентификации параметров T-образной схемы замещения асинхронного двигателя и доказана работоспособность таких решений. Были получены асимптотически устойчивые оценки параметров T-образной схемы замещения асинхронного двигателя и установлено, что погрешности расчета оценок значительно меньше (табл. 1) при использовании билинейного преобразования при формировании решения задачи идентификации.

Список литературы

1. Bolovin, E.V., Glazyrin, A.S. Method for identifying parameters of submersible induction motors of electrical submersible pump units for oil production // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. – 2017. – Pp. 123–131.
2. Глазырин А.С., Боловин Е.В. Метод идентификации параметров асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором на основе разностных схем // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013 – № 8 (79). – С. 178–185.
3. Chang Shu. Differential Quadrature and its Application in Engineering: Engineering Application. – Springer, 2000. – 340 p.
4. Burden R.L., Faires J.D. Numerical Analysis, 7th Ed. – Brooks / Cole, 2000. – 837 p.
5. Белодедов М.В. Методы проектирования цифровых фильтров. Учебное пособие. – Волгоград: Издательство Волгоградского государственного университета, 2004. – 60 с.
6. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 448 с.

УДК 681.5:636.6

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ИНКУБАЦИОННОЙ КАМЕРЕ

А.А. Варенов, В.П. Зенцов¹

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹vpzen@yandex.ru

Аннотация. Фундаментальный принцип управления по ошибке использован при разработке математической модели системы стабилизации температуры в инкубационной камере. Проведено моделирование с использованием ПК МВТУ. Даны рекомендации по выбору параметров системы.

Ключевые слова: математическая динамическая модель, стабилизация температуры, инкубационная камера.

В различных технологических процессах возникает необходимость в поддержании постоянной температуры в каком-либо объекте независимо от температуры окружающей среды. Эта задача может решаться с помощью системы автоматического регулирования, которую назовём системой стабилизации температуры (ССТ). Принцип построения ССТ, в общем случае, можно представить структурной схемой, изображенной на рис. 1.

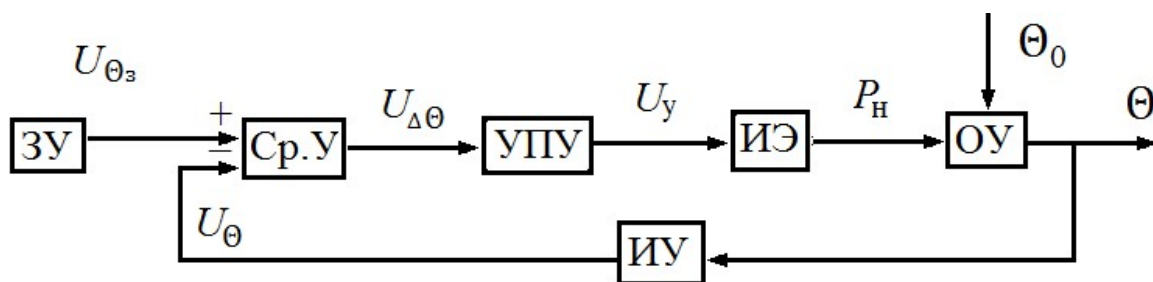


Рис. 1. Структурная схема: ЗУ – задающее устройство; Ср.У – сравнивающее устройство; УПУ – усилительно-преобразовательное устройство; ИЭ – исполнительный элемент; ОУ – объект управления; ИУ – измерительное устройство; Θ_z – заданное значение температуры; Θ – фактическое значение температуры; $\Delta\Theta$ – ошибка системы; Θ_0 – температура окружающей среды; U_y – напряжение управления; P_n – мощность нагревателя; $U_{\Delta\Theta}$ – сигнал ошибки

Система реализует фундаментальный принцип управления по ошибке, основным достоинством которого является то, что здесь ошибка сводится к нулю или к допустимо малой величине вне зависимости от причины её порождающей, т.е. это может быть θ изменение задающего или возмущающего воздействия. Процесс изменения управляющего воздействия заканчивается при равенстве заданного θ_z и фактического θ значения управляемой величины (температуры).

В докладе применительно к ССТ в инкубационной камере разработана математическая модель в следующих формах её представления: дифференциальные уравнения; операторная форма их записи в изображениях Лапласа; передаточные функции по управляющим и возмущающим воздействиям; структурная схема динамической модели (ССДМ), которая положена в основу анализа данной системы. Исполнительным элементом в системе является тиристорный регулятор напряжения, подаваемого на электронагревательный элемент (НЭ), расположенный внутри объекта управления.

Известно, что мощность НЭ пропорциональна квадрату напряжения и обратно пропорциональна его активному сопротивлению. Это приводит к нелинейности уравнения электрического состояния НЭ, следовательно, и всей электрической системы. В работе проведена линеаризация нелинейности, получены условия устойчивости с определением критического значения коэффициента передачи системы. Моделирование проведено с использованием программного комплекса ПК МВТУ. Анализ результатов позволил дать рекомендации по выбору параметров системы исходя из возможностей их физической реализации.

УДК 004.9:[681.5.08+622.276]

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИН ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СМЕЩЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ДЛИН ВОЛН ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКИ БРЭГГА В КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКАХ

А.А. Вишневский¹, В.Х. Ясовеев²

ФГБОУ ВО «УГАТУ», г. Уфа

E-mail: ¹host_of_peace@list.ru, ²yasov@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены возможности и особенности определения величины температуры, деформации (давления) по изменению длины волны отраженного излучения. Рассмотрен вариант зависимости давления от смещения центральной длины волны датчика температуры в виде полинома второй степени в зависимости от смещения центральной длины волны датчика давления, а также зависимости температуры от смещения центральной длины волны датчика температуры в виде полинома третьей степени. Произведены математические расчеты давления и температуры в зависимости от изменения центральных длин волн волоконно-оптических решеток Брэгга. Выделено выражение для частного случая полинома пятой степени для аппроксимации температуры через смещения центральных длин волн датчиков температуры и давления. Показано, что данное выражение может быть использовано в дальнейшем для постановки и решения задач калибровки волоконно-оптических датчиков.

Ключевые слова: комплексирование, волоконно-оптические датчики, волоконная решетка Брэгга, центральная длина волны, смещение, давление, температура, калибровка.

Построение совмещенных волоконно-оптических датчиков (ВОД), актуальность комплексирования которых подтверждена в [1], на основе волоконной решетки Брэгга (ВРБ) согласуется с его физическими свойствами.

Часть лазерного излучения с непрерывным спектром, проходя через оптоволокно, отражается с ВРБ на длине волны, соответствующей центральной длине волны ВРБ. Изменяется длина волны отраженного от ВРБ излучения в связи с изменением интервала между узлами ВРБ, что является следствием температурного и механического воздействия (давления) на ВРБ.

Таким образом, величины температуры, деформации (давления) можно определить по изменению длины волны отраженного излучения. В этом состоит один из принципов самокалибровки ВОД [2], который может быть реализован на основе математических расчетов и построения зависимостей давления и температуры от изменения центральных длин волн волоконно-оптических решеток Брэгга [4].

Известны факты воздействия температуры и давления на чувствительные элементы соответственно ВОД давления, а также воздействия температуры и давления на чувствительные элементы соответственно ВОД температуры [3].

Рассмотрим случай, когда зависимость давления от смещения центральной длины волны датчика температуры может быть найдена в виде полинома второй степени в зависимости от смещения центральной длины волны датчика давления $\Delta\lambda_P$, а зависимость температуры (T) от смещения центральной длины волны датчика температуры будем искать в виде полинома третьей степени от $\Delta\lambda_T$. Получим:

$$P = f(\Delta\lambda_P, \alpha_2, \alpha_1, \alpha_0) = \alpha_2 \cdot (\Delta\lambda_P)^2 + \alpha_1 \cdot \Delta\lambda_P + \alpha_0, \quad (1)$$

$$T = g(\Delta\lambda_T, \beta_2, \beta_1, \beta_0) = \beta_3 \cdot (\Delta\lambda_T)^3 + \beta_2 \cdot (\Delta\lambda_T)^2 + \beta_1 \cdot \Delta\lambda_T + \beta_0, \quad (2)$$

Не только действие самой температуры оказывает влияние на смещение центральной длины волны датчика температуры, но и влияние от деформации давлением. Для учета влияния давления на датчик температуры предположим, что в соотношении (2) коэффициенты β_i , $i = \{0, 1, 2\}$ зависят от давления. Причем, эта зависимость имеет вид (1). То есть, соотношение (2) справедливо будет переписать в виде (3):

$$T = G(\Delta\lambda_T, \beta_k) = \beta_3(p) \cdot (\Delta\lambda_T)^3 + \beta_2(p) \cdot (\Delta\lambda_T)^2 + \beta_1(p) \cdot \Delta\lambda_T + \beta_0, \quad (3)$$

где

$$\beta_n(p) = \alpha_{2,n} \cdot (\Delta\lambda_P)^2 + \alpha_{1,n} \cdot \Delta\lambda_P + \alpha_{0,n}. \quad (4)$$

При данных условиях получаем зависимость температуры от смещения центральных длин волн датчиков температуры и давления ($\Delta\lambda_P, \Delta\lambda_T$) в виде:

$$T = G(\Delta\lambda_P, \Delta\lambda_T, \alpha_{m,n}) = \sum_{m=0}^2 \sum_{n=0}^3 \alpha_{m,n} \cdot (\Delta\lambda_P)^m \cdot (\Delta\lambda_T)^n. \quad (5)$$

Произведем вычисления (6):

$$\begin{aligned} T = G(\Delta\lambda_P, \Delta\lambda_T) = & \alpha_{2,3} \cdot \Delta\lambda_P^2 \cdot \Delta\lambda_T^3 + \alpha_{2,2} \cdot \Delta\lambda_P^2 \cdot \Delta\lambda_T^2 + \alpha_{2,1} \cdot \Delta\lambda_P^2 \cdot \Delta\lambda_T + \\ & + \alpha_{2,0} \cdot \Delta\lambda_P^2 + \alpha_{1,3} \cdot \Delta\lambda_P \cdot \Delta\lambda_T^3 + \alpha_{1,2} \cdot \Delta\lambda_P \cdot \Delta\lambda_T^2 + \alpha_{1,1} \cdot \Delta\lambda_P \cdot \Delta\lambda_T + \\ & + \alpha_{1,0} \cdot \Delta\lambda_P + \alpha_{0,3} \cdot \Delta\lambda_T^3 + \alpha_{0,2} \cdot \Delta\lambda_T^2 + \alpha_{0,1} \cdot \Delta\lambda_T + \alpha_{0,0}. \end{aligned} \quad (6)$$

Сделаем замену переменных $x = \Delta\lambda_P$, $y = \Delta\lambda_T$, упростив (6).

Итак, частный случай полинома пятой степени относительно x и y для аппроксимации температуры через смещения центральных длин волн датчиков температуры и давления имеет вид (7):

$$\begin{aligned} T = G(\Delta\lambda_P, \Delta\lambda_T) = & \alpha_{2,3} x^2 y^3 + \alpha_{2,2} x^2 y^2 + \alpha_{2,1} x^2 y + \alpha_{2,0} x^2 + \\ & + \alpha_{1,3} x y^3 + \alpha_{1,2} x y^2 + \alpha_{1,1} x y + \alpha_{1,0} x + \alpha_{0,3} y^3 + \alpha_{0,2} y^2 + \alpha_{0,1} y + \alpha_{0,0}. \end{aligned} \quad (7)$$

Полученное выражение может быть использовано в дальнейшем для постановки и решения задач калибровки ВОД.

Список литературы

1. Вишневский А.А. Распределенные волоконно-оптические информационно-измерительные системы давления и температуры для применения в нефтегазовой сфере // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – №2 (30). – С. 193–207.

2. Вишневский А.А., Ясовеев В.Х. Распределенные волоконно-оптические датчики давления и температуры для применения в нефтегазовой сфере и их самокалибровка // Труды третьей международной конференции «Интеллектуальные технологии обработки информации и управления», 10 – 12 ноября, Уфа, Россия. – 2015. – С. 65–68.

3. Вишневский А.А., Ясовеев В.Х. Интеллектуальный подход к улучшению метрологических характеристик волоконно-оптических систем измерения давления и температуры, предназначенных для нефтегазовой отрасли // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – № 3 (31). – С. 158–167.

4. Нуреев И.И. Математические аспекты задач калибровки комплексированных волоконно-оптических датчиков. – 2016. – 7-я Научно-практическая INTERNET-конференция. Тольятти, 2016.

УДК 621.311.04

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

С.С. Гаримадов

Научный руководитель – канд. пед. наук, доц. Р.Ш. Бикбов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Актуальность работы. Важнейшим показателем, во многом определяющим уровень экономического развития и благосостояния населения, а также национальную безопасность любой страны, является экономически эффективное потребление энергии. В последние годы существования СССР электроэнергетика Таджикистана была одной из лучших не только среди союзных республик, но и государств Азии, причем создали ее на базе гидроэнергетики. Произошедшие политические события неблагоприятно отразились на энергетической отрасли республики.

Сложилось так, что для РТ гидроэнергетика стала важнейшей частью энергетики – природа наделила республику огромным потенциалом, то есть запас возобновляемых и экологически чистых гидроресурсов сулит стране блестящее будущее.

Ледники республики (14 500 с общей площадью оледенения в 11 000 кв. км, что составляет около 8% ее территории) дают начало всем крупным рекам. В силу выше изложенного Таджикистан занимает первое место в Центральной Азии и восьмое — в мире по запасам гидроэнергетических ресурсов, к сожалению, в настоящее время эти ресурсы используются лишь на 3,1% в основном гидроэлектростанциями, построенными на реке Вахш.

Цель работы и задачи исследований. Целью данной работы является определение оптимальных источников электроэнергии для энергетики Республики Таджикистана и эффективное использование имеющихся энергетических ресурсов для развития энергетики Республик также оценки ресурсов различных видов возобновляемых и не возобновляемых источников энергии.

УДК 621.313.33:622.233

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРХНЕГО ПРИВОДА В ЧАСТИ «ЭФФЕКТА ПРУЖИНЫ»

А.А. Гимазетдинов, Г.Р. Шарафутдинова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Научный руководитель – к.т.н., доцент, зав. каф. О.В. Козелков

Аннотация. Приведены основные принципы работы СВП, описаны его преимущества и недостатки. Рассмотрен и изучен «эффект пружины».

Ключевые слова: система верхнего привода, торсионный эффект, бурение, эффект пружины.

Система верхнего привода (СВП) являются принципиально новым типом механизмов буровых установок, обеспечивающих выполнение целого ряда технологических операций: вращение буровой колонны при бурении, проработке и расширении ствола скважины; свинчивание, докрепление буровых труб; проведение СПО с буровыми трубами и т.д.

Основные преимущества СВП с электрическим приводом: малая удельная масса подвесной части; компактность подвесной части; бесступенчатое (частотное) регулирование скорости вращения вала вертлюга от 0 до 180 об/мин; реверсивность; автоматичность изменения момента от минимального до номинального значений при постоянной заданной скорости вращения выходного вала.

Одним из главных недостатков СВП является - отсутствие самоторможения привода, при возникновении «эффекта пружины», в случае прихвата бурильной колонны и ее обратном вращении, разрушающую электронную систему управления СВП.

Эффектом пружины называется – замедление долота или элементов компоновки низа бурильной колонны, при контакте с породой от трения, ведущее к остановке вращения. При этом энергия вращения продолжает поступать на колонну от верхнего привода или ротора, пока она не преодолеет силу трения. Тогда колона начинает раскручиваться с ускорением, превышающем в два раза или больше номинальную скорость вращения. Также как и при поперечной вибрации это увеличивает ударную нагрузку на резцы, приводящую к их сколу и слою.

Возникновение эффекта пружины сильно зависит от глубины внедрения резца. При большой глубине внедрения реактивный момент возрастает, а, следовательно, возрастает и риск возникновения эффекта пружины

Работа направлена на изучение «эффекта пружины», а так же на разработку системы управления, позволяющую предотвратить данную проблему.

УДК 621.313:620.1

ИСПЫТАНИЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСЛЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

В.В. Грозов¹

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц., А.Н. Цветков²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹grozovvalera@gmail.com, ²tsvetkov9@mail.ru

Аннотация. Анализ существующих способов диагностики асинхронных двигателей, анализ диагностических признаков, направленные на создание испытательного комплекса, позволяющего в полной мере дать информацию о работоспособности электродвигателя после капитального ремонта.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, приводной механизм, испытательные устройства, оптимизация и совершенствование

В промышленности электродвигатель является самым распространённым типом электроустановок, в частности, асинхронный электродвигатель (далее АД, электродвигатель). На их работу сильно влияют условия окружающей среды, режим работы приводного механизма, квалификация персонала, обслуживающего данный электродвигатель. Отказ электродвигателя по приведённым причинам наносит огромный финансовый ущерб промышленному предприятию из-за простоя оборудования, т.к. это влечёт недоотпуск продукции. Это обстоятельство побуждает персонал в кратчайшие

сроки произвести осмотр электродвигателя (в большинстве случаев причина отказа известна и дефектация электродвигателя проходит быстро), выполнить качественный ремонт (замена подшипников, замена сгоревшей обмотки) и провести качественное послеремонтное испытание.

Согласно нормативным документам, регламентирующим испытание электрических машин, первыми действиями должны быть испытания активной части (обмотки и изоляции обмотки) на целостность и способность работать на заданном напряжении. Испытательный комплекс вполне может автоматически проводить эти испытания и выводить результаты. Оператору достаточно лишь подключить двигатель ко всем цепям. Проанализировав результаты, комплекс может приступить к нагрузочным испытаниям. В ходе всех испытаний необходимо обратить внимание на вибрацию частей двигателя и регистрировать их, а также связанные с ней изменения в потребляемых токах и напряжении, и температурах обмотки и подшипникового узла.

Существует устройство для испытания асинхронных двигателей под нагрузкой с тиристорным управлением подачи напряжения и ограничителем тока в статоре, что позволяет проводить испытания в условиях, приближенных к эксплуатационным. Однако проводить испытания следует, предварительно оценив состояние изоляции и целостности обмоток.

Способы испытания, основанные на анализе спектра токов и напряжений, перспективны, но применяются преимущественно для машин переменного тока.

Существует стенд для испытаний электроприводов, включающий в состав частотный преобразователь, программируемый логический контроллер и нагрузочный электромагнитный модуль. Данный стенд многофункционален, однако не учитывается температура подшипникового узла. Но так как в измерении температуры наблюдается некая инерционность, то систему следует дополнить датчиками вибрации, которые уже на ранних порах способны обнаружить причины нагрева.

Множество различных способов ориентированы на исследование одного диагностического признака электродвигателя или наоборот очень большого количества признаков, порой удорожая устройство, внедряя в него большое количество датчиков и прочих преобразователей, хотя некоторые признаки свидетельствуют об одном и том же дефекте. Поэтому создание способа, технического устройства, способного испытывать электродвигатели, учитывать их особенности, необходимо для снижения времени простоя промышленного агрегата, где могут быть задействованы асинхронные электродвигатели.

Список литературы

1. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования. – 1997. – 153 с.
2. Петухов В.С., Соколов В.А. Диагностика состояния электродвигателей. Метод спектрального анализа потребляемого тока // Новости ЭлектроТехники. – 2005. – № 1 (31). – С. 50–52.
3. Патент РФ № 2 521 788 С2, 22.06.2012. СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ// Патент России № 2 521 788 С2. 27.12.2013 Бюл. № 36. / Богатырев Н.И., Оськин.С.В., Темников В.Н. [и др.].

УДК 621

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

О.Г. Губаева¹, Д.Ф. Губаев²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹mr.gubaev@mail.ru, ²d-gubaev@mail.ru

Аннотация. Разработана модель, проведены расчеты и анализ переходных процессов в кабельной сети 10 кВ с изолированной нейтралью в режиме дугового ОЗЗ. Процесс гашения дуги носит вероятностный характер. В существующей математической модели учтены факторы, снижающие кратности перенапряжений при ОЗЗ. В расчетную модель введено условие повторного пробоя дугового промежутка. Проведено обоснование условия гашения дуги, с целью разработки математической модели расчета переходных процессов при ОЗЗ в сетях с компенсированной и резистивно-заземленной нейтралью.

Ключевые слова: модель, кабельная сеть, однофазное замыкание на землю, дуга, перенапряжения.

Сети 6-35 кВ в 70-80% подвержены однофазному замыканию на землю (ОЗЗ). Натурные испытания на предмет изучения характера переходных процессов в сетях с изолированной нейтралью и возможность перехода на заземление через дугогасительный реактор проводились в 60-х годах прошлого столетия. По результатам этих экспериментов написана работа [1]. Эти исследования послужили основой для разработки теоретических методов анализа и методов математического моделирования на ЭВМ переходных процессов при ОЗЗ в электрических сетях среднего напряжения, в том числе и в сетях 6–10 кВ.

Теории расчета перенапряжений при дуговых перемежающихся ОЗЗ в электрических сетях, работающих с изолированной нейтралью разработаны авторами: В. Петерсен, Дж. Петерс, Х. Слепян и Н.Н. Беляков.

Последние экспериментальные результаты подтверждают, что гашение однофазной дуги в изоляции кабеля происходит при первом или последующем переходах высокочастотного тока дуги через нуль. При этом возникновение повторных пробоев определяется не только соревнованием скоростей восстанавливающейся электрической прочности и переходного восстанавливающегося напряжения, но и скоростью перехода ВЧ тока дуги через нуль [2].

Состояние изоляции кабеля влияет на изменения скорости перехода ВЧ тока через нуль. В большинстве эксплуатационных организаций нет приборов, контролирующих скорости прохода высокочастотного тока через нуль. Для того чтобы восстановить характер переходного процесса, в математической модели необходимо задать дополнительное условие повторного загорания дуги. Очевидно, последующее загорание дуги будет связано со снижающейся электрической прочностью изоляции.

При проектировании электрической сети и управлении режимами ее работы стремятся удерживать колебания напряжения в границах, определенных действующими нормами. ГОСТ 1516.3-96 устанавливает величину наибольшего напряжения электрооборудования, совпадающую с верхним пределом длительно допустимого напряжения в электрической сети [3]. В связи с этим, условием повторных зажиганий дуги при ОЗЗ может явиться величина наибольшего напряжения сети $1,2 \cdot U_{\text{ном}}$, в зависимости от времени горения первоначальной дуги.

На основании сформулированных условий:

1. Разработана математическая модель и проведены расчеты для кабельной сети 10 кВ с изолированной нейтралью в режиме дугового ОЗЗ. Расчеты показали, что характер переходного процесса для одной и той же сети различен. Он определен состоянием изоляции кабеля. Процесс гашения дуги носит вероятностный характер. Выражение, согласно которому дуга гаснет представлено в теории Беякова Н.Н.

2. В предложенной математической модели учтены факторы, снижающие кратности перенапряжений при ОЗЗ, полученные на основе экспериментальных исследований [1].

3. В расчетную модель введено условие повторного пробоя дугового промежутка.

4. Проведено обоснование условия гашения дуги с целью разработки математической модели расчета переходных процессов при ОЗЗ в сетях с компенсированной и резистивно заземленной нейтралью.

Список литературы

1. Лихачев Ф.А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. – М.: Энергия, 1971. – 152 с.
2. Ширковец А.И. Исследование и моделирование электромагнитных процессов при замыканиях на землю в кабельных сетях с неэффективным заземлением нейтрали. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Новосибирск. – 2013.
3. Халилов Ф.Х. Классификация перенапряжений. Внутренние перенапряжения. Учебное пособие. Издание НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», Санкт-Петербург. – 2012.

УДК 621

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ ФЕРРОРЕЗОНАНСНЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕТЯХ СРЕДНЕГО КЛАССА НАПРЯЖЕНИЙ

О.Г. Губаева¹, Д.Ф. Губаев², И.А. Шайдуллин³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹mr.gubaev@mail.ru, ²d-gubaev@mail.ru, ³yota-ilnar@mail.ru

Аннотация. Показана актуальность темы выявления и ликвидации феррорезонансных процессов в сетях 6-35 кВ.

Ключевые слова: изолированная нейтраль, феррорезонансные явления, повреждения оборудования, однофазное замыкание на землю, перенапряжения, нелинейное явление.

Значительное число повреждений оборудования в сетях 6-35 кВ с изолированной нейтралью связано с феррорезонансом, так как это явление вызывает перенапряжения или сверхтоки, на воздействие которых оборудование не рассчитано и от которых оно не защищено. Кроме того, феррорезонанс возникает чаще, чем другие виды воздействий, и особенно опасен тем, что длительность его существования неограничена.

В стандарте организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.10.191-2014, положения которого предназначены для применения проектными и эксплуатационными организациями, выдвинуты требования которые распространяются на защиту электрооборудования от резонансных повышений напряжения на вновь сооружаемых, подлежащих техническому перевооружению и реконструкции энергообъектах. В качестве основной причины повреждений трансформаторов напряжения названы феррорезонансные процессы.

Исследования позволили отделить от перенапряжений при дуговых замыканиях на землю более опасные феррорезонансные перенапряжения. Было установлено, что именно феррорезонанс во многих случаях являлся причиной возникновения пробоя изоляции на землю.

Проблеме анализа феррорезонансных явлений посвящены исследовательские работы, проведенные: Н.Н. Беляковым, Л.Е. Дударевым, Г.А. Евдокуниным, М.Х. Зихерманом, К.П. Кадомской, Ф.А. Лихачевым, В.С. Поляковым, И.М. Сиротой, Ф.Х. Халиловым, Е.Ф. Цапенко, В.Л. Шаргородским. За рубежом актуальность проблемы повреждения оборудования в электрических сетях из-за феррорезонансных явлений подтверждается исследованиями, проводимыми в США, Канаде, Франции, Германии: С. Bergmann, С. Kieny, К. Heuck, N. Janssens, А.С. Soudack и т. д.

Данная проблема актуальна сейчас, поскольку число аварий по причине феррорезонансных явлений, как показывает практика, не сокращается. Одной из причин, объясняющей данное положение, является то, что в ранее проведенных исследованиях в ряде случаев проводится только качественный анализ феррорезонансных явлений. Количественная оценка возможности возникновения феррорезонансных явлений, получаемая по известным методикам, в некоторых случаях не дает приемлемые на практике результаты. Идет анализ места и предотвращения феррорезонансных явлений.

Феррорезонанс является нелинейным резонансным явлением, которое оказывает негативное воздействие на электрические сети и до сих пор является нерешенной проблемой в энергетических системах. Значительное повышение уровня гармоник, перенапряжения и сверхтоки, вызванные феррорезонансом, часто приводят к повреждениям электроэнергетического оборудования. Многие аварии в энергосистемах, которые классифицируются как происходящие «по невыясненным причинам», происходят именно из-за этого нелинейного явления.

Ввиду того, что наибольшие кратности перенапряжений в распределительных сетях с изолированной нейтралью возникают в процессе однофазных дуговых замыканий на землю (ОДЗ), опасные феррорезонансные колебания чаще всего сопровождают именно этот процесс, обусловленный смещением нейтрали сети. Условия существования опасных феррорезонансных колебаний чаще соблюдаются в сетях, имеющих небольшую протяженность, из-за относительно небольшой емкости этих сетей и большей вероятности возникновения резонансных условий в контурах, содержащих емкость сети и индуктивности намагничивания фаз ТН.

Целью исследования является: выявление феррорезонансных процессов и разработка способов их ликвидации для предотвращения повреждений дорогостоящего оборудования.

Список литературы

1. Халилов Ф.Х., Евдокунин Г.А., Поляков В.С. и др. Защита сетей 6–35 кВ от перенапряжений. / Под ред. Ф.Х. Халилова, Г.А. Евдокунина, А.И. Таджибаева. – СПб. – 2002. – 260 с. с ил.
2. СТО 56947007-29.240.10.191-2014 методические указания по защите от резонансных повышений напряжения в электроустановках.
3. Саенко Ю.Л., Попов А.С. Исследование феррорезонансных процессов с учетом варьирования вебер-амперной характеристики трансформаторов напряжения.
4. Виштибеев А.В., Гаврилко А.И. Особенности феррорезонансных явлений в электрических сетях // Проблемы энергетики, 2016. – № 1, 2.

УДК 620.91

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФОТОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ СИСТЕМОЙ ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Ю.В. Даус¹, И.В. Юдаев²

АЧИИ ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград
E-mail: 1zirochka2505@gmail.com, 2etsh1965@mail.ru

Аннотация. В условиях реализации Программ сокращения бюджетных расходов на коммунальные нужды актуальным является внедрение в практику энергоснабжения возобновляемых источников энергии. Объектом исследования является система внутреннего освещения производственного здания двух отделений мельницы хлебопекарного помола в Ростовской области. При анализе различных вариантов компоновки фотоэлектрическими модулями солнечной электростанции, что необходимо для снижения потребления электрической энергии системой освещения производственного здания, было рассмотрено три варианта: максимальное использование имеющейся площади установки модулей с учетом условий затенения (2 ряда по 13 модулей) и аккумулярованием электроэнергии; режим генерации без использования накопителей электрической энергии (1 ряд из 11 модулей); 1 ряд фотомодулей из 13 модулей и установками для аккумулярования. Использование меньшего количества фотоэлектрических модулей (2 вариант) несмотря на то, что обеспечивается меньшее количество вырабатываемой электрической энергии за год, позволяет сократить количество используемого дополнительного оборудования, а также не менять конфигурацию существующей системы электроснабжения потребителя.

Ключевые слова: система освещения, фотоэлектростанция, солнечный модуль, график нагрузки, оптимальный угол наклона.

Введение. В условиях реализации Программ сокращения бюджетных расходов на коммунальные нужды и содержание социальной сферы актуальным является внедрение мероприятий энергоснабжения и возобновляемых источников энергии. Среди энергоустановок функционирующих на возобновляемой энергии наиболее интенсивно в настоящее время развиваются те из них, которые реализуют в своей работе принцип утилизации солнечной энергии.

Применение установок небольшой мощности наиболее широко освещено в специальной литературе, где приводятся два аспекта их эксплуатации: первый – это солнечные электростанции, у которых фотоэлектрические панели расположены под заданным углом к горизонту на плоской крыше здания; второй – солнечные электростанции с интегрированными в конструкцию здания фотоэлектрическими панелями. Но зачастую использование таких систем электроснабжения ограничено конструктивными особенностями крыш зданий сооружений. Для первого подхода при формировании структуры и оценки параметров работоспособности солнечной электростанции необходимо учитывать взаимное затенение, как рядов фотоэлектрических панелей, так и элементов конструкции [1–3]. Все это приводит к ограничению мощности установки и ограничению использования технического потенциала солнечной энергии места их установки. При интеграции фотоэлектрических панелей в конструкцию здания снижение объемов вырабатываемой электрической энергии связано с отклонением от оптимального их пространственной ориентации [4, 5], что приводит к уменьшению коэффициента использования установленной мощности электрооборудования, то есть низкой эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую.

Цель исследования – анализ различных вариантов компоновки фотоэлектрическими модулями солнечных электростанций для снижения общего потребления электрической энергии системой освещения производственного здания.

В качестве объекта исследования рассматривается система внутреннего освещения производственного здания двух отделений мельницы хлебопекарного помола в Ростовской области, у которого потребление из сети электрической энергии постоянное в течение суток. Годовой объем потребляемой электрической энергии равен $10275,75 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}$. Тариф на оплату за потребленную электрическую энергию составляет $b = 8,18 \text{ руб}/\text{кВт} \cdot \text{ч}$.

Методика исследования. Расчет интенсивности приходящего суммарного солнечного излучения осуществлялся с помощью разработанной компьютерной программы [6], а выбор параметров элементов солнечной фотоэлектростанции осуществлялся по методике [7].

Выбор количества фотоэлектрических панелей осуществлялся исходя из потребляемой мощности потребителя, геометрических размеров и пространственной ориентации места предполагаемой их установки.

Результаты и их обсуждение. Определим параметры элементов солнечной электростанции при размещении их на крыше производственного здания размером 13 м × 39 м, ориентированного узкой стороной строго на юг и высотой бордюрной кромки 0,5 м.

Для организации системы снабжения электрической энергией внутри-цехового освещения здания необходимо провести расчет количества фотоэлектрических модулей, которые можно расположить на крыше с учетом взаимного затенения рядами панелей и элементами конструкции крыши. Для проектирования используем фотоэлектрические монокристаллические батареи марки Solarland SLP180-24 Silver Poly Solar Panel [8], характеристики которых указаны в табл. 1.

Таблица 1

Электрические характеристики Solarland SLP180-24 Silver Poly Solar Panel [8]

Мощность, Вт	180
Напряжение холостого хода, В	43,2
Напряжение при работе на нагрузку, В	34,4
Номинальное напряжение, В	24
Ток при работе на нагрузку, А	5,23
Габариты, мм	1482 × 992 × 40
Температура эксплуатации и хранения, °С	– 40 ÷ +85
Класс защиты	IP 65
Солнечные элементы	Монокристалл
Вес, кг	20

Количество фотоэлектрических панелей, которое можно расположить на крыше здания, ограничено её размерами и конструктивными особенностями. Прежде всего, тем, что крыша сориентирована узкой частью на юг, поэтому ряды панелей будут устанавливаться параллельно этой линии. Исходя из размеров Solarland SLP180-24, вертикально в один ряд можно расположить их не более 13 штук. Минимальное расстояние между нижними точками модулей в соседних рядах для времени суток $t = 9$ часов 22 декабря (время подъема Солнца над горизонтом для самого короткого дня года) при оптимальном угле наклона приемной площадки составит 21,36 м. А наименьшее расстояние от кромки крыши, в тоже время года, составило 20,83 м. Исходя из геометрических размеров крыши, можно на ней разместить 2 ряда фотоэлектрических панелей типа Solarland SLP180-24, параллельных её узкой стороне и состоящие из 13 штук в каждом [10].

Рассмотрим три варианта компоновки солнечной электростанции фотоэлектрическими панелями: 1 вариант – максимальное использование имеющейся площади и расположение на ней 13 модулей в два ряда с учетом условий затенения и наличием системы накопления электрической энергии; 2 вариант – режим генерации без использования накопителей электрической энергии с размещением 11 модулей в один ряд; 3 вариант – размещение 13 фотоэлектрических модулей в один ряд и наличие системы аккумулирования электрической энергии. Результаты расчета и выбора параметров элементов солнечной электростанции по выбранным вариантам представлены в табл. 2.

Таблица 2

Перечень выбранного оборудования для различных вариантов компоновки фотоэлектрических панелей на солнечной электростанции

Вариант	Тип фотопанелей и количество	Тип инверторов и количество	Тип аккумуляторной батареи и количество	Тип контроллера заряда и количество
1	Solarland 180 Silver Poly, 26 шт	Sunny Boy 5000TL-21 ST, 1 шт	HZY12 -230, 23 шт.	CM2024 12/24В, 26 шт.
2	Solarland 180 Silver Poly, 11 шт	MAP·HYBRID·24 В 2 кВт, 1 шт.	–	CM2024 12/24В, 0 шт.
3	Solarland 180 Silver Poly, 13 шт	Sunny Boy 2500TL-21 ST, 1 шт.	6-GP-150, 13 шт.	CM2024 12/24В, 13 шт.

На рис. 1 представлен суточный график выработки электрической энергии для 1 варианта компоновки фотоэлектрическими модулями солнечной электростанции на примере 1 января, 1 апреля, 1 июля и 1 октября.

Солнечная станция с компоновкой из 26 фотоэлектрических модулей, расположенных в 2 ряда под углом 38° к горизонту и ориентированных на юг, наибольшую выработку обеспечивает в период максимума солнечной активности, в 14^{00} дня – летом 3,01 кВт·ч, весной и осенью 2,57–2,83 кВт·ч, зимой 1,02 кВт·ч. При этом потребление электроэнергии полностью обеспечивается от станции летом в период с 10^{00} до 18^{00} , хотя в полдень выработка превышает нагрузку в 2 раза. В осенне-весенний период система освещения получает питание только от солнечной электростанции с 11^{00} до 17^{00} , при этом регенерация составляет от 59 до 81 %. Зимой же только 2 часа в день электроснабжение от модулей достаточно для обеспечения нагрузки с 13^{00} до 15^{00} (98-100 %). То есть такой подход требует практически весь год кроме зимних месяцев использования дополнительного аккумулирующего оборудования либо подключения дополнительных потребителей для утилизации избытка генерируемой электрической энергии.

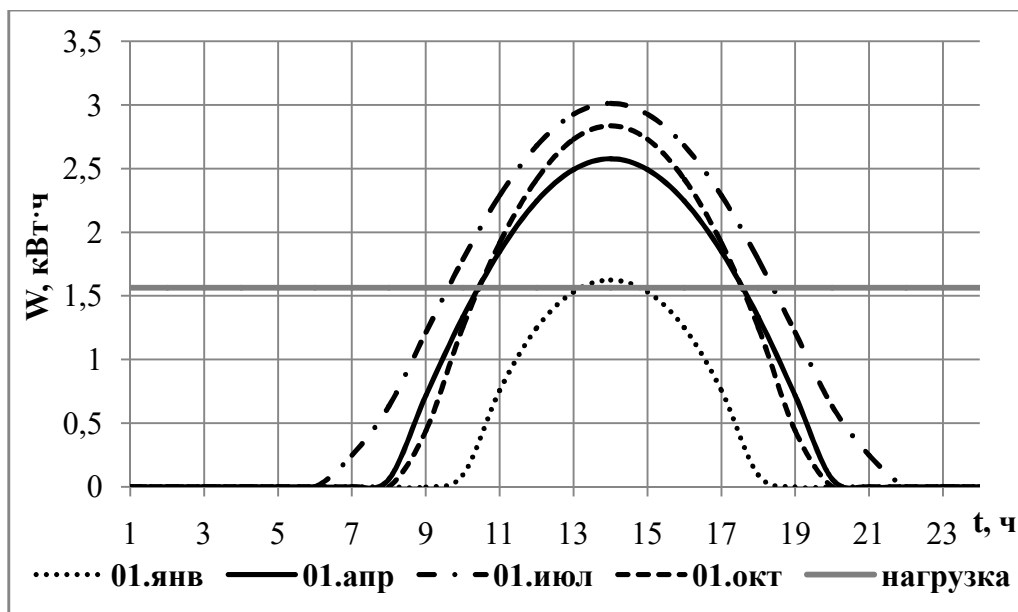


Рис. 1. Суточный график выработки и потребления электрической энергии для 1 варианта её компоновки фотоэлектрическими модулями

На рис. 2 представлен суточный график выработки электрической энергии по различным вариантам компоновки фотоэлектрических модулей на солнечной электростанции на примере 1 июля.

Минимальный режим генерации электрической энергии обеспечивается при втором варианте компоновки, и он не требует использования аккумуляторных батарей. Компоновка из 13 фотомодулей предполагает накопление избытка электрической энергии в летние месяцы.

На рис. 3 представлено годовая выработка электрической энергии для различных вариантов компоновки фотоэлектрическими модулями солнечной электростанции при ориентации их под оптимальным углом к горизонту 38° .

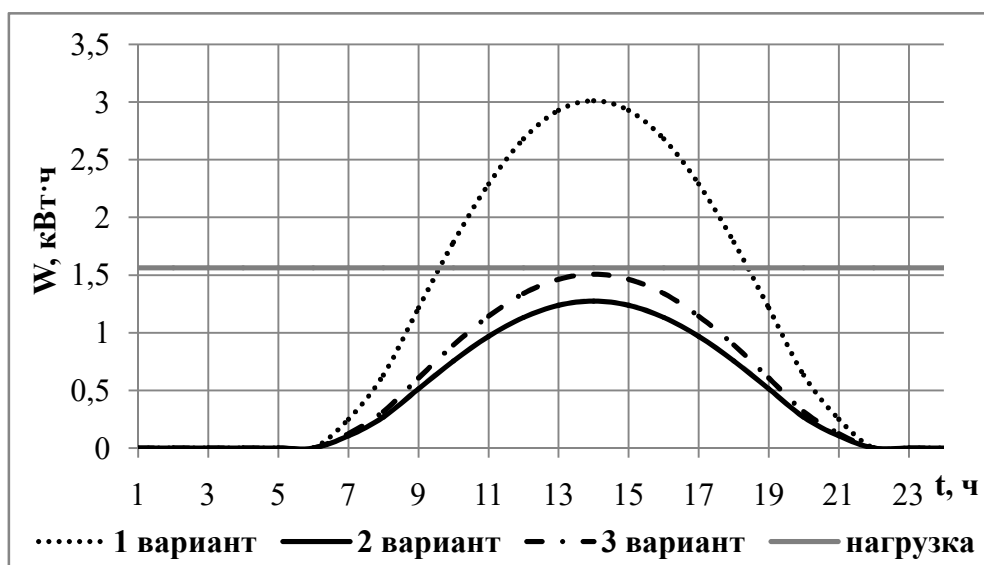


Рис. 2. Суточный график выработки и потребления электрической энергии по различным вариантам её компоновки фотоэлектрическими модулями на примере 1 июля

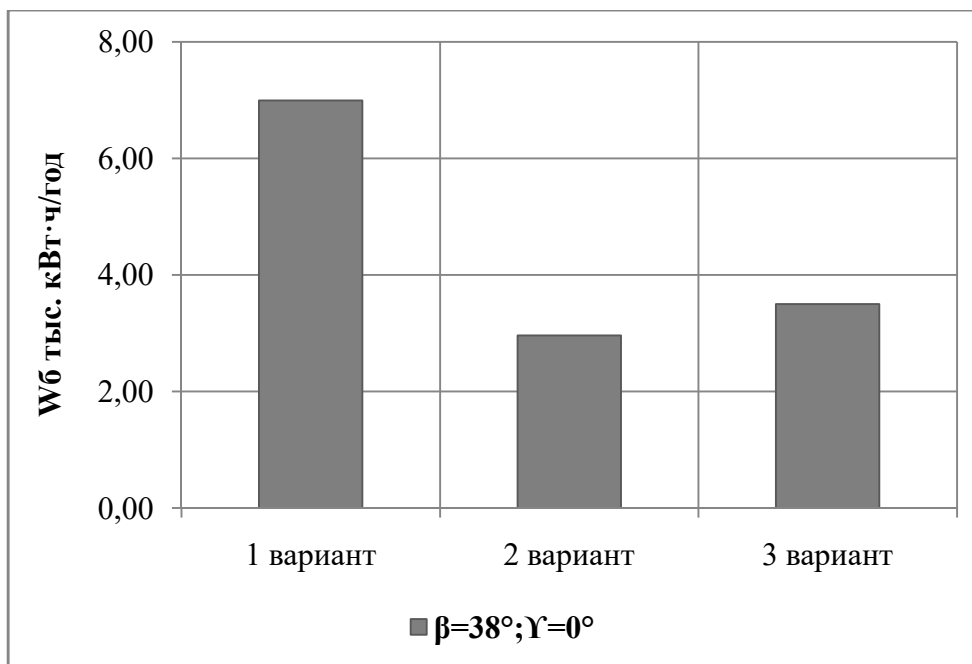


Рис. 3. Суточный график выработки и потребления электрической энергии по различным вариантам её компоновки фотоэлектрическими модулями на примере 1 июля

Из анализа данных рис. 3 видно, что использование меньшего количества фотоэлектрических модулей (2 вариант) несмотря на то, что обеспечиваем меньшее количество вырабатываемой электрической энергии за год, позволяет сократить количество используемого дополнительного оборудования, а также не менять конфигурацию существующей системы электроснабжения потребителя.

Выводы. При анализе различных вариантов компоновки солнечной электростанции фотоэлектрическими модулями для снижения потребления электрической энергии системой освещения производственного здания было рассмотрено три варианта: 1 вариант – максимальное использование имеющейся площади и расположение на ней 13 модулей в два ряда с учетом условий затенения и наличием системы накопления электрической энергии; 2 вариант – режим генерации без использования накопителей электрической энергии с размещением 11 модулей в один ряд; 3 вариант – размещение 13 фотоэлектрических модулей в один ряд и наличие системы аккумуляции электрической энергии. Использование меньшего количества фотоэлектрических модулей (2 вариант) несмотря на то, что обеспечивает меньшее количество вырабатываемой электрической энергии за год, позволяет сократить количество используемого дополнительного оборудования, а также не изменять конфигурацию существующей системы электроснабжения потребителя.

Список литературы

1. Jee Joe Michael Economic analysis and environmental impact of flat plate roof mounted solar energy systems / Jee Joe Michael, Iniyan Selvarasan // *Solar Energy*. – 2017. – №. 142. – Pp.159–170
2. A. Martinez-Rubio, F. Sanz-Adan, J. Santamaria Optimal design of photovoltaic energy collectors with mutual shading for pre-existing building roofs. *Renewable Energy*, 2015. – Vol. 78. – Pp. 666–678.
3. Hamid Moghadam, Saeed Moghadam Deymeh Determination of optimum location and tilt angle of solar collector on the roof of buildings with regard to shadow of adjacent neighbors. *Sustainable Cities and Society*, 2015. – Vol. 14. – Pp. 215–222.
4. M. Libra, V. Beránek, J. Sedláček, V. Poulek, I.I. Tyukhov Roof photovoltaic power plant operation during the solar eclipse. *Solar Energy*, 2016. – № 140. – Pp. 109–112.
5. Даус Ю.В. Ресурсный потенциал солнечной энергии для установок, использующих ее в системе энергоснабжения потребителей г. Волжского / Ю.В. Даус, Н.М. Веселова, И.В. Юдаев, С.А. Ракитов // *Политехнический сетевой электронный научный журнал КубГАУ*. – 2017. – № 129 (05). – С. 297–307.
6. Daus Yu. V. Evaluation of Solar Radiation Intensity for the Territory of the Southern Federal District of Russia when Designing Microgrids Based on Renewable Energy Sources / Yu. V. Daus, V. V. Kharchenko, and I. V. Yudaev // *Applied Solar Energy*. – 2016. – Vol. 52. – №. 2. – Pp. 124–129.
7. Daus Yu.V. Computerized method for determining optimal angle of photovoltaic panels / Yu.V. Daus, V.V. Kharchenko, I.V. Yudaev // *Proceedings of International Conference of Industrial Technologies and Engineering*. – 2016. – Shymkent, Kazakhstan, October 28–29, 2016. – Pp. 203–205.
- 8 Охоткин Г.П. Методика расчета мощности солнечных электростанций / Г.П. Охоткин // *Вестник Чувашского университета*. – 2013. – №3. – С.222 – 231; Велькин В. И., Щеклеин С. Е. Обеспечение минимальных энергетических потребностей удаленного дома за счет солнечных ФЭП // *Альтернативная энергетика и экология*. – 2012. – № 3. – С. 52–54.
9. Официальный сайт Solarland USA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.solarlandusa.com (Дата обращения: 01.02.2017).
10. Даус Ю.В. Крышная фотоэлектростанция для электроснабжения системы круглосуточного внутрицехового освещения мельницы / Ю.В. Даус, В.В. Головинов // *Инновации в сельском хозяйстве*. – 2017. – № 2 (23). – С. 265 – 270.

УДК 681.521.2/681.525

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИСТЕМ В В БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

Н.А. Дудка

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

E-mail: dnovoros57@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается подход к управлению траекторией движения беспилотного транспортного средства (транспортно – грузовой платформы) на основе комплексного использования инерциальных измерительных систем и корреляционно – экстремальных систем навигации. Движение беспилотного транспортного средства осуществляется по заранее заданному обособленному маршруту самостоятельно или в составе колонны. В контрольных точках маршрута или точках технологической остановки производится оценка текущих координат, полученных с учетом измерений инерциальной системой, и результатов сравнения текущего изображения местности, полученного для конкретной точки местоположения транспортного средства, с эталонным изображением для этой же точки. Полученные результаты рассогласования между текущей траекторией движения и программной используются для коррекции траектории движения транспортного средства на основе векторного управления. При этом изображения для различного времени суток могут быть получены для различных диапазонов спектра и преобразованы к контурному виду, что позволит расширить возможности применения транспортного средства и сократить время для принятия решения для корректировки маршрута движения.

Ключевые слова: беспилотное транспортное средство; корреляционно-экстремальные системы навигации; эталонные и текущие изображения; инерциальная измерительная система; векторное управление.

В настоящее время в рамках развития интеллектуальных транспортных систем (ИТС) ведутся разработки интеллектуальных транспортных средств (ИТСр). Разработки проводятся по трем основным направлениям:

- 1) SmartPilot – создание «умных» помощников для водителей автомобилей;
- 2) AirPilot – создание автомобилей с дистанционным управлением;
- 3) RoboPilot – создание автомобилей, движущихся в режиме «автопилот» (без участия водителя).

К RoboPilot за рубежом на сегодня в некоторой мере уже можно отнести такие разработки легковых автомобилей как Google (Гугломобиль на базе Toyota Prius) и грузовых автомобилей Daimler (Future Truck).

Основу оборудования транспортных средств RoboPilot класса составляют системы датчиков (лидары, радары, видеочамеры стерео зрения, обзорные камеры, датчики положения управляемых колес и т.д.) и системы обработки информации для принятия решений по управлению ИТСр (вычислительные средства и системы).

Проведенные недавно предварительные испытания в ограниченных условиях беспилотного грузового автомобиля Камаз-5350 показали обнадеживающие перспективы разработки и развития отечественных беспилотных транспортных средств. При этом нужно подчеркнуть, что имеющиеся отечественные разработки позволяют работать ИТСр в более сложных дорожных условиях (отсутствие дорожной разметки, неблагоприятные погодные условия, внезапное появление животных и других объектов на дороге и пр.) нежели их зарубежные аналоги.

Очевидно, что решение задач по расширению возможностей применения беспилотных транспортных средств на территории нашей страны будет диктоваться возможностями их применения в различных ситуационных и природно-климатических условиях. Это в свою очередь означает, что информационные сигналы системой ИТСр должны восприниматься для различных ситуаций (движение в транспортном потоке, движение по обособленному маршруту, движение по обособленному маршруту в составе колонны ИТСр и т.д.) и в условиях воздействия помех различного рода и различной интенсивности (дождь, туман, снег, пыль и др.). Кроме того, при движении по маршруту транспортного средства в системе будут накапливаться ошибки измерения расстояний и координат в контрольных (технологических) точках. Однако с учетом всех выше перечисленных факторов решения по управлению ИТСр в таких случаях должны быть однозначными и исключаящими аварийные ошибки.

В основу движения ИТСр по заданному маршруту положены принципы и алгоритмы, предложенные на сегодня как отечественными, так и зарубежными разработчиками. В силу новизны разработок, естественно, их существенное содержание не раскрывается. Тем не менее, очевидным является то, что в основе процесса управления движением ИТСр на маршруте лежит сравнение его текущего положения (состояния) с заданным программным (эталонным) положением и устранение выявленного рассогласования.

С учетом многоплановости рассматриваемой темы, в данной статье рассматривается концепция построения беспилотного транспортного средства (БТС) в виде транспортно-грузовой автомобильной платформы для использования в карьерах и других подобных местах. Интерес к таким системам уже проявляет металлургический бизнес (Коммерсантъ, №185 (5935), 6 октября 2016, с. 8).

В последние годы в практических приложениях автомобильной промышленности бурно развивается сегмент инерциальных систем. При этом опыт успешного применения полнофункциональных инерциальных модулей на основе MEMS-гироскопов и MEMS-акселерометров доказал, что они могут служить хорошей основой для проектирования полнофункциональной навигационной и измерительной системы автомобиля [1,2]. Ошибки измерений связанные с дрейфом акселерометров предлагается корректировать с помощью приемников GPS [2]. Однако такое решение для коррекции дрейфа является не всегда продуктивным по ряду причин:

- отсутствие сигнала в темных для него зонах карьера;
- высокая стоимость использования системы и т.д.

При этом анализ отечественных разработок инерциальных систем для навигации в авиации, судовождении и наземном транспорте показывает, что их точностные характеристики выше, нежели зарубежные (АО Инерциальные технологии «Технокомплекса», г. Раменское, Московская область).

Представленные в работах [3, 4, 5, 6, 7] результаты проведенных исследований показали достаточно высокую эффективность применения корреляционно – экстремальных систем для высокоточного наведения и навигации летательных аппаратов (КЭСН). С учетом этого для навигации применительно к БТС предлагается как вариант совместное использование инерциальной системы и корреляционно – экстремальной системы навигации. Это может обеспечить его навигацию по заданному (программному) маршруту и компенсацию с определенной точностью дрейфа акселерометров и ошибок измерений инерциальной системой. Следует подчеркнуть и ряд преимуществ использования КЭСН для навигации транспортных средств перед традиционной системой, используемой для навигации летательных аппаратов:

- малые скорости движения (теоретически до 120 км/час);
- малый радиус корреляции используемого для целей навигации БТС геофизического поля;
- возможность использования нескольких геофизических полей (например, оптического, радиолокационного, теплового и др.);
- возможность проведения предварительной обработки текущих изображений в реальном масштабе времени.

Таким образом, в предлагаемом концептуальном варианте БТС в качестве элементов комплексированной системы используются КЭСН, работающая в оптическом диапазоне (включая ультрафиолетовый, инфракрасный диапазон и диапазон видимого света), и инерциальная навигационная система (ИНС).

Принцип функционирования предлагаемой системы поясняется рис. 1. Здесь XOY – глобальная система координат, точка O начала координат совпадает с точкой начала движения БТС по программному маршруту. Указанные на маршруте точки (1 – 10) совпадают с точками изменения направления движения и технологического останова (например, для загрузки БТС – точка 2, для выгрузки – точка 7). Маршрут готовится заранее, для маршрутных точек задаются координаты в глобальной системе координат и расстояния между ними. С БТС связана текущая система координат $x_T y_T z_T$, начало которой связано с фиксированной точкой кинематики управления движением, а направление оси x совпадает с его продольной осью. Предполагается, что датчики КЭСН и ИНС расположены на высоте h в кабине БТС.

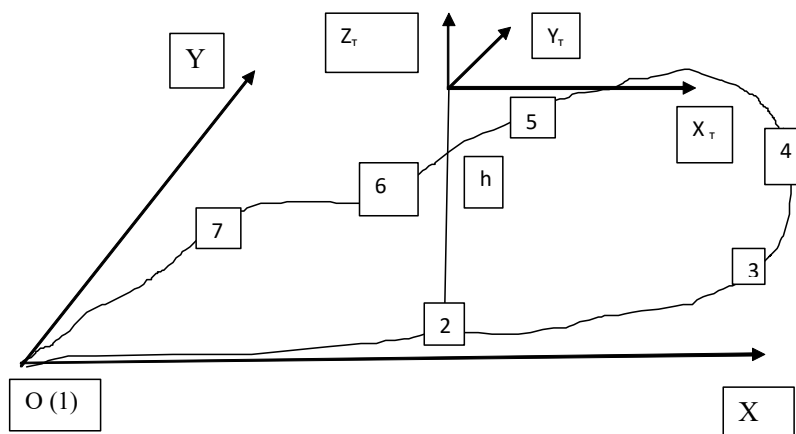


Рис. 1. Системы координат БТС текущая и глобальная

С началом движения БТС из т. $O(1)$ на основе показаний измеренных ИНС ускорений и направления оцениваются пройденное им текущее расстояние L_T и текущие координаты $X_{1T} Y_{1T}$, которые сравниваются с координатами $X_2 Y_2$ точки 2. На основании данных координат вычисляется расстояние до точки 2 и угол α направления дальнейшего движения, т.е. задается вектор движения. Таким образом, управление движением будет фактически векторным управлением. С учетом количественных показателей ошибок измерений ИНС в заданных маршрутных точках включается КЭСН. Формируемое текущее изображение окружающей местности сравнивается с эталонным изображением на основе использования выбранной критериальной функции [9, с. 25]. Определение положения экстремума (максимума) значения критериальной функции сходства изображений позволяет вычислить смещение центра текущего изображения относительно центра эталонного и на этой основе произвести оценку текущих координат местоположения БТС на маршруте движения. Для оценки точности определения экстремума критериальной функции было

проведено моделирование с использованием пакета Image Processing Toolbox системы Matlab. На рис. 2 представлено эталонное изображение гипотетической трассы в области видимого света. На рис. 3 представлено текущее изображение как фрагмент (меньшая часть) эталонного изображения.



Рис. 2. Эталонное изображение



Рис. 3. Текущее изображение

Результаты вычислений критериальной функции представлены соответственно на рис. 4. По осям задана размерность эталонного изображения в пикселях. При проведении моделирования предполагалось, что искажения текущего изображения типа «размасштабирование» и «поворот» отсутствуют.

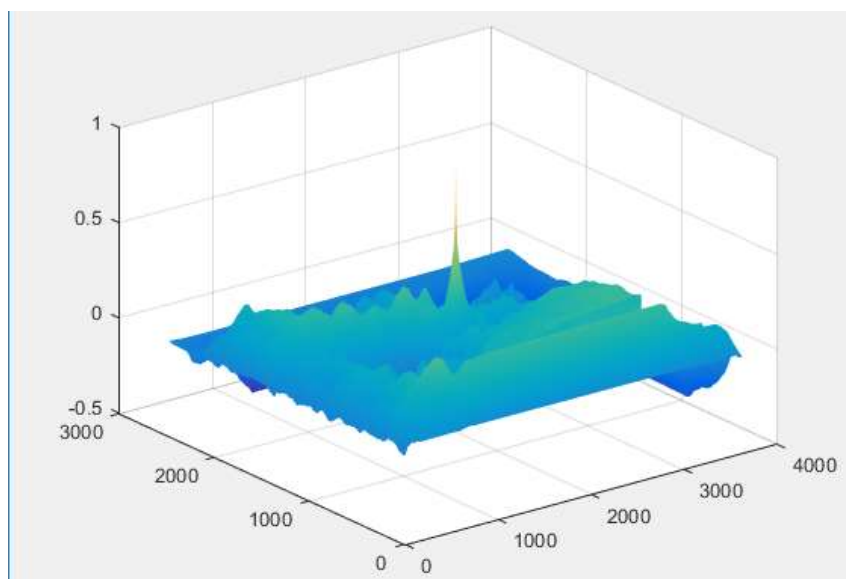


Рис. 4. График критериальной функции

Из графика видно, что имеется один экстремум, значение пика которого существенно выделяется на фоне других значений критериальной функции. Вычисленные координаты пика экстремума позволяют оценить рассогласование между положением текущего изображения относительно эталонного и, таким образом, позволяют оценить текущее местоположение (координаты) БТС в соответствии с которыми и вводятся соответствующие поправки.

Следует подчеркнуть, что выше представленные изображения имеют избыточную информативность для решения поставленных задач. Для навигации предлагаемого БТС, как вариант, возможно использование стендов с бинарными изображениями различных фигур: окружность, крест, звезда, эллипс и т.п. При этом, например, использование окружности предпочтительнее, поскольку ее изображение инвариантно к искажению типа «поворот» относительно продольной оси x БТС, а заданные эталонные геометрические размеры позволяют оценить текущие искажения типа «масштабирование» и «поворот» в горизонтальной плоскости текущего изображения.

Как известно, контуры играют первостепенную роль в восприятии изображений объектов. При смене времени года, например, с лета на осень, происходит смена окраски обстановки окружающей трассу (травы, листьев деревьев). Для совмещения текущих (цветных) для этого времени года изображений потребуются соответствующие этому времени года эталонные изображения. С целью оценки информативности контурных изображений проводилась фильтрация «полных» изображений. Выделение контуров проводилось с использованием Matlab операторами Робертса, Превитта, Собеля. Эксперименты показали, что методы Превитта и Собеля обеспечивают сохранение большего числа деталей, нежели метод Робертса. Это относится и к бинарным изображениям. Поэтому для стабильного используемого маршрута движения целесообразным является «оконтурить» бинарные эталонные изображения выбранных фигур на этапе формирования маршрута, а текущие изображения будут обрабатываться в масштабе реального времени.

Как было отмечено выше, эксплуатация БТС будет производиться в различных погодных условиях. Дождь, снег, туман будут накладывать помехи на текущее изображение, искажая, в том числе, и его контуры. Для оценки точности выделения контуров изображений, формируемых в условиях воздействия помех, производилось моделирование в системе Matlab. При этом помеха формировалась в виде «гауссова шума» и накладывалась

на изображение. В качестве метода выделения контуров выбран алгоритм на основе критерия Уилкоксона [8]. Длина выборки варьировалась от 5 до 7 пикселей. В отличие от подхода, рассмотренного в работе [8] выделение контуров производилось на плоскости по координатам X и Y изображений со скольжением по пикселям. В местах перехода яркости на изображениях наблюдается экстремум функции выделения контура. Установлено, что среднеквадратическое значение ошибки выделения границы контура возрастает с увеличением шума, однако являются допустимыми для выбранного метода соотношение сигнал/шум даже равным единице. При этом совмещение изображений в КЭСН производится с ошибкой, допустимость которой для принятия решения по управлению определяется чувствительностью системы навигации БТС.

Таким образом, в предлагаемом концептуальном варианте БТС в качестве элементов комплексированной системы используются КЭСН, работающая в оптическом диапазоне, и инерциальная навигационная система. Точность работы предлагаемой системы зависит от точности работы ИНС и КЭСН. Именно выбранные элементы системы и алгоритмическое обеспечение ее работы позволят произвести оценку погрешностей навигации БТС. На сегодня разрабатывается имитационная модель навигации предлагаемого БТС, результаты которой могут быть положены в проект его реализации.

Список литературы

1. Светлана Сысоева. Новые сенсорные решения. Выход на новый уровень измерений // Компоненты и технологии, 2011. – № 8. – С. 59–68.
2. Боб Скэннелл (Bob SCANNELL) Применение прецизионных MEMS-датчиков в новых навигационных приложениях // Компоненты и технологии, 2011. – № 9. – С. 50–52.
3. Баклицкий В.К., Юрьев А.Н. Корреляционно-экстремальные системы навигации. – М.: Радио и связь, 1982. – 256 с.
4. Белоглазов И.Н., Тарасенко В.П. Корреляционно-экстремальные системы. – М.: Сов. Радио, 1974. – 392 с.
5. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н., Иванов Н.М., Богодистов С.С. Баллистика и навигация ракет. – М.: Машиностроение, 1985. – 104 с.
6. Красовский А.А., Белоглазов И.Н., Чигин Г.П. Теория корреляционно-экстремальных навигационных систем. – М.: Наука, 1979. – 448 с.
7. Экстремальная радионавигация/ В.И. Алексеев, А.М. Корилов, Р.И. Полонников, В.П. Тарасенко; Под ред. Р.И. Полонникова и В.П. Тарасенко. – М.: Наука, 1978. – 279 с.

8. Дудка Н.А. Повышение эффективности применения КЭСН в условиях воздействия помех: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Казань.

9. Совмещение изображений в корреляционно – экстремальных навигационных системах. Монография / Под. ред. Л.Н. Костяшкина, М.Б. Никифорова. – М.: Радиотехника, 2015. 208 с.: ил. (Науч. серия «Многоспектральные системы технического зрения летательного аппарата»).

УДК 621

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТИ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

А.М. Дюрягин

КАЗ им. С.П. Горбунова – Филиал ПАО «Туполев», г. Казань

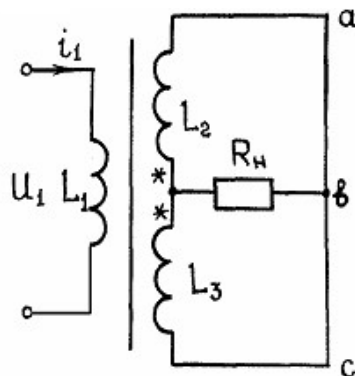
Аннотация. Вопросам исследования и проектирования двигателей и трансформаторов в топливно-энергетическом комплексе посвящено большое количество работ. Практически в каждой из них ставится вопрос о повышении надежности и увеличении КПД при уменьшении себестоимости и трудозатрат при эксплуатации.

Ключевые слова: энергобезопасность, трансформатор, двигатель, магнитопровод.

Вопрос энергобезопасности в современном мире становится всё более актуальным. Техногенные катастрофы за последнее время стали достаточно частыми, а их последствия приобретают огромные масштабы.

Современные представления о строении веществ, позволяют раскрыть физическую сущность работы T_p , выявить недостатки и причины, влияющие на их качественные характеристики.

На рисунке приведена электрическая схема трёхфазного трансформатора, которая позволяет обеспечению противофазности токов с применением простой и эффективной схемы трансформатора.



При использовании гипотезы магнитных спинов атомов (молекул) при объяснении электромагнитных процессов, возможно дать более правдоподобные утверждения и более аргументированные решения.

Например, скорость движения электронов – при рассмотрении их в форме частиц или в форме облаков – и скорость распространения электрической энергии вполне соизмеримы. Если при этом предполагать, что под действием разности потенциалов на концах проводника орбиты электронов из круговых переходят в эллиптические, когда их скорость в перигелий (точке, ближайшей к ядру) будет наибольшей, а в афелий (наиболее удалённой от ядра) – наименьшей, то можно дать объяснения нескольким моментам:

Во-первых, переход электронов с круговых орбит на эллиптические связан с накоплением энергии магнитного поля. После устранения разности потенциалов атомы (молекулы) вещества, переходя в равновесное состояние, возвращают накопленную энергию.

Во-вторых, наибольшие скорости движения (в апогеи) электронов, которые они проходят дважды, дают объяснение удвоенной частоты энергетических процессов.

В-третьих, при приложении разности потенциалов к концам проводника направление вращения электронов не меняется, меняется эксцентриситет эллипса, чем подтверждается наличие постоянной составляющей намагничённости, её зависимости от начальной фазы тока и коэрцитивной силы ферроматериала.

В-четвёртых, в зависимости от плотности тока, протекающего по проводнику, магнитные моменты атомов (молекул) принимают преимущественно ориентированное направление, создавая результирующее магнитное поле вокруг проводника.

Результаты аналитических исследований показывают, что при резистивной нагрузке T_p , в его вторичной обмотке появляется поперечная составляющая тока I_{21} . Казалось бы, что она должна порождать поперечную составляющую магнитного потока. Однако подтвердить это экспериментально не представилось возможным, хотя при $R = \omega L$ продольный и поперечный токи соизмеримы. Следовательно, физическая природа этого тока несколько иная.

При рассмотрении ЭДС самоиндукции обычно пользуются упрощённой формулой:

$$E_{\text{сам}} = -L \frac{dI}{dt}.$$

В действительности ЭДС самоиндукции определяется другим выражением:

$$E_{\text{сам}} = -\frac{d\psi}{dt} = -\frac{d(LI)}{dt} = -\left(L \frac{dI}{dt} + I \frac{dL}{dt} \right),$$

где ψ характеризует потокосцепление.

Что касается абсолютной магнитной проницаемости μ_α и её производной $\dot{\mu}_\alpha$, то она полностью определяется ферромагнитным материалом, который используется для изготовления МП. Естественно, в таких случаях используется наилучший материал, который на сегодня имеется. Обращает на себя внимание, что недостатки, отмеченные выше, присущи всем T_p , независимо от их назначения, мощности и конструкции, т.е. они носят методический характер. А это означает, что возможны и другие методы построения или подключения соответствующих устройств, включения обмоток и т.д., которые позволили бы свести отмеченные недостатки к минимуму. В этой связи два простейших варианта схем построения T_p .

На рис.1 изображена схема одной из трёх составляющих трёхфазного T_p , две обмотки которых, одинаковые по своим техническим характеристикам, используются во вторичных цепях, к которым подключается нагрузка R_H . Согласно приведённой схеме (рис. 1), вторичные обмотки соединены встречно, при этом обе обмотки работают на одну нагрузку R_H .

Предположение о том, что таким схемным решением удастся в какой-то степени решить обозначенные выше проблемы T_p , базируется на следующих соображениях:

Во-первых, по каждой вторичной обмотке с индуктивностями L_2 и L_3 протекает ток меньший, чем он мог быть при согласном включении обмоток.

Во-вторых, встречное включение обмоток L_2 и L_3 означает, что при подключении к ним нагрузки R_H , напряжения на этих обмотках всегда будут в противофазе: потенциалы точек a , b , c в любой момент времени равны нулю. Каждая обмотка работает на одну нагрузку, т.е. токи в обмотках имеют противоположные направления. Однако, несмотря на противофазность токов в обмотках, ими будет создаваться однонаправленный результирующий магнитный поток, который и обеспечит отбор энергии из первичной обмотки во вторичную.

При одинаковых технических характеристиках обеих обмоток взаимное влияние одной вторичной обмотки на другую проявляется в равной степени – действие равно противодействию – они работают независимо друг от друга.

Согласно того же рис. 1, токи в обеих обмотках будут одинаковыми и, из-за разнонаправленности витков этих обмоток, они будут создавать однонаправленный магнитный поток, встречный магнитному потоку, порождённому в первичной обмотке.

Что касается вопроса обеспечения требуемого напряжения на нагрузке, то он всегда может быть решён за счёт расчёта соответствующего количества витков в обмотках.

Введением двух вторичных обмоток T_p удаётся сцентрировать результирующий магнитный поток, порождённый во вторичных обмотках, относительно магнитного потока первичной обмотки. Или иначе, с помощью двух вторичных обмоток T_p можно симметризовать результирующий магнитный поток, обусловленный протеканием по ним токов, относительно магнитного потока первичной обмотки. В результате этого оба магнитных потока оказываются в противофазе, происходит линейный отбор электрической энергии из первичной обмотки во вторичную.

В результате частично снижается нагрузка на остальные элементы системы, уменьшаются затраты на перемагничивание, снижаются потери в системе. Что в свою очередь ведет к уменьшению нагрева, снижению вибраций трансформаторов. В итоге снижается влияние негативных факторов на изоляционные материалы и повышается надежность.

Таким образом одним из способов по повышению энергобезопасности в топливно-энергетическом комплексе является разработка электрических машин и трансформаторов с улучшенными характеристиками составных частей данных устройств.

УДК 621.314

РЕКУПЕРАТИВНОЕ КОНДЕНСАТОРНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ ГРУППЫ ЦЕНТРИФУГ С ЧАСТОТНО-УПРАВЛЯЕМЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

В.И. Капаев¹, С.Г. Таеров¹, М.В. Зиланов²

¹ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

²ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

Анализ технологических процессов, выполняемых центрифугами с электроприводом на основе асинхронных двигателей, показал, что продолжительное время свободного выбега вращающихся частей, имеющих большой кинетический момент, непроизводительно затягивает технологический процесс в целом, а начальное ударное действие тормозного момента отрицательно влияет на качество выходного продукта. В связи с этим возникает задача разработки эффективного безударного способа торможения асинхронного электропривода с большим кинетическим моментом.

В настоящей работе предлагается инновационная идея адаптивного конденсаторного торможения асинхронного двигателя за счет плавного увеличения емкости тормозных конденсаторов, с помощью подключенного к ним управляемого дросселя, обеспечивая безударное действие начального тормозного момента и оптимальные условия самовозбуждения асинхронного двигателя в процессе всего цикла торможения, а уменьшение нагрева двигателя в процессе торможения может быть обеспечено за счет отвода генерируемой асинхронным двигателем в процессе торможения электрической энергии на балластный резистор.

Кроме того, предложенный конденсаторный способ торможения приводных асинхронных двигателей центрифуг циклического типа открывает перспективу для внедрения в процесс частотного управления группы центрифуг циклического типа торможение электродвигателей с рекуперацией энергии в их локальную питающую сеть, что способствует энергосбережению производства и как следствие, снижению себестоимости продукции.

УДК 621.314.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАТИМОГО ТРЕХФАЗНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ PSIM

А.В. Карасев

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск

E-mail: karasevav@list.ru

Аннотация. Рассматриваются некоторые особенности моделирования трехфазного обратимого выпрямителя на транзисторных модулях для зарядки накопителей электроэнергии станций ускоренной зарядки аккумуляторов электромобилей в среде моделирования PSIM. Получены модели для исследования переходных и установившихся режимов и результаты моделирования.

Ключевые слова: выпрямитель, транзисторный модуль, модель, система управления, энергетические характеристики, накопители энергии.

Улучшение использования мощности сетей переменного тока в случае переменных нагрузок, например, на станциях ускоренной зарядки аккумуляторов электромобилей, является актуальной задачей. С этой целью можно использовать накопители энергии, заряжающиеся при малом потреблении, и отдающие энергию в случае кратковременных нагрузок. Для зарядки таких накопителей необходимы выпрямители с высоким коэффициентом мощности и возможностью возврата энергии в сеть.

Освоение промышленностью мощных IGBT модулей и использование цифровых систем управления на основе сигнальных процессоров и программируемой логики открывает новые возможности в схемотехнических решениях трехфазных выпрямителей с характеристиками, приближающимися к идеальным.

Кафедра электроники и электротехники Мордовского государственного университета имени Н.П.Огарева уже несколько лет разрабатывает преобразователи напряжения различного назначения с цифровыми системами управления. Удобным инструментом для проектирования и отладки алгоритмов управления, подбора параметров реактивных элементов силовых схем является система моделирования PSIM [1]. Данная система имеет модели всех необходимых элементов силовых схем и систем управления в своих библиотеках [2].

На рис. 1 приведена модель трехфазного выпрямителя на IGBT модулях со стабилизацией выходного напряжения и контролем коэффициента мощности.

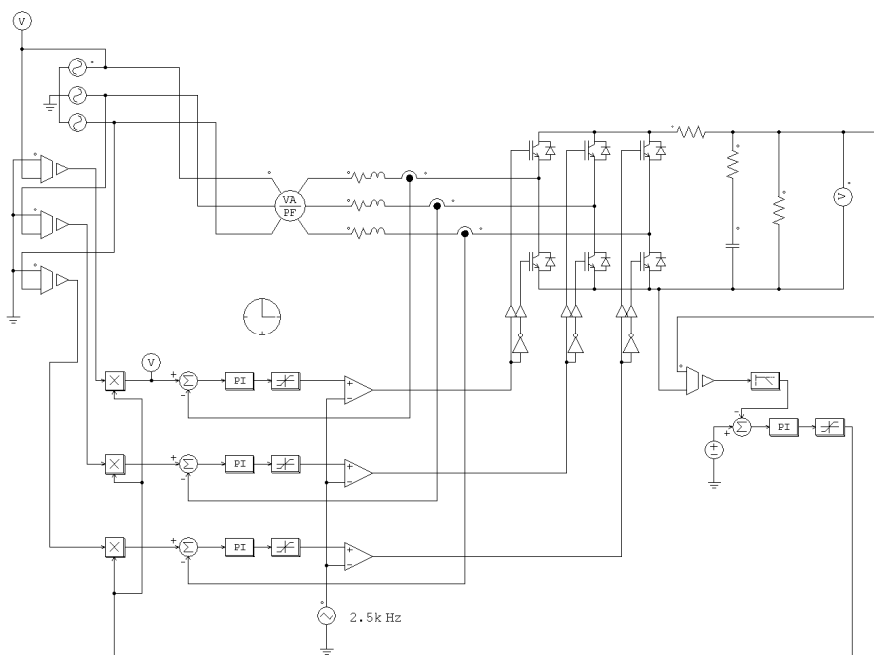


Рис. 1. Модель преобразователя в режиме выпрямления

Система управления приведенным выпрямителем может быть построена несколькими разными способами [3, 4]. В данной модели реализован способ релейного формирования формы входного тока выпрямителя по задающим фазным сетевым напряжениям, что позволяет получить высокий коэффициент мощности. Величина входного тока задается обратной связью по выходному напряжению. Для получения наилучших характеристик значение выходного напряжения должно быть больше амплитуды линейного напряжения питающей сети. В данном случае при напряжении питающей сети 380 В используется стабилизация выходного напряжения на уровне 700 В.

Частота модуляции должна быть согласована со значением индуктивности входных дросселей и значением мощности выпрямителя. Так для мощности 50 кВа использована частота модуляции 2,5 кГц и значение индуктивности 1 мГн, что позволило получить практически синусоидальный входной ток с нулевым сдвигом относительно сетевого напряжения и небольшой уровень пульсаций выходного напряжения, рис. 2.

Требуемое значение пульсаций выходного напряжения может быть подобрано изменением емкости выходного конденсатора, рис. 3.

Результаты моделирования пуска и интегральные характеристики выпрямителя показаны на рис. 4 и 5.

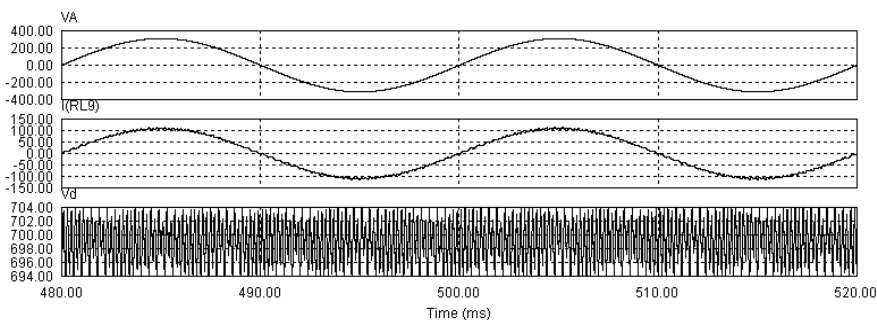


Рис. 2. Напряжение сети U_A , входной ток $I(RL9)$ и выходное напряжение выпрямителя U_d в установившемся режиме

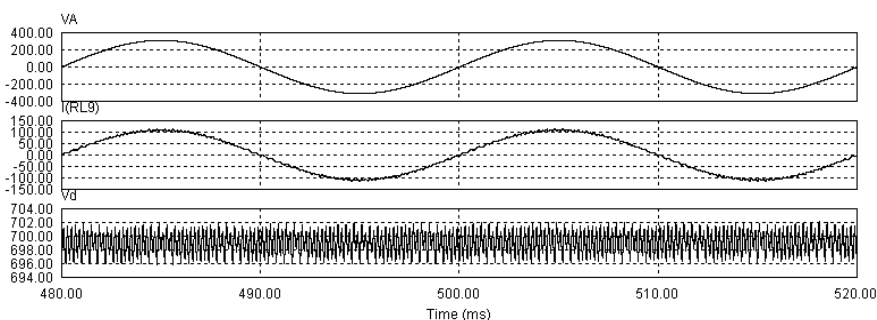


Рис. 3. Входной ток $I(RL9)$ и выходное напряжение выпрямителя U_d в установившемся режиме при увеличении емкости выходного фильтра

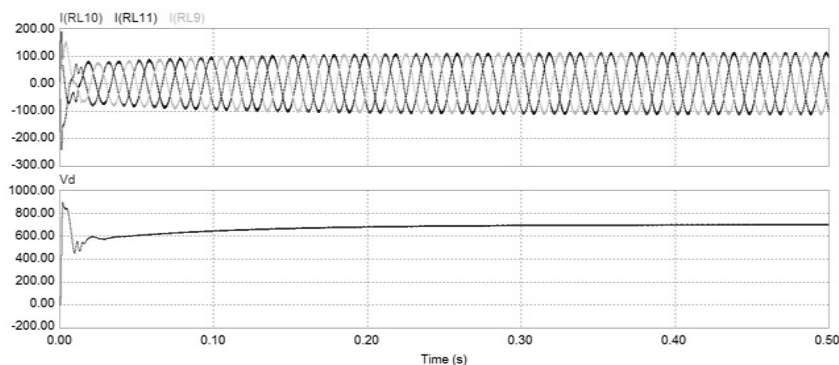


Рис. 4. Входные токи фаз выпрямителя I_i и выходное напряжение U_d выпрямителя в режиме пуска

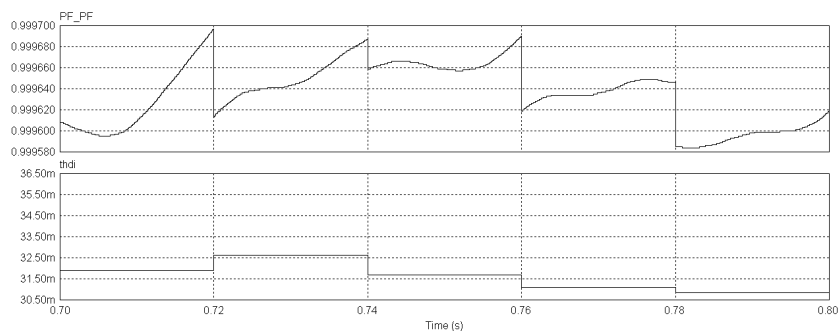


Рис. 5. Коэффициент мощности PF_PF и коэффициент несинусоидальности $thdi$ входного тока выпрямителя

Преобразователь при выбранных параметрах обеспечивает высокий коэффициент мощности и малые искажения сетевых токов.

В режиме рекуперации энергии нагрузки в питающую сеть, модель системы управления приведена на рис. 6. Здесь преобразователь является источником тока, форма которого близка к синусоиде, а величина задается обратной связью по напряжению в цепи постоянного тока. Результаты моделирования режима рекуперации приведены на рис. 7.

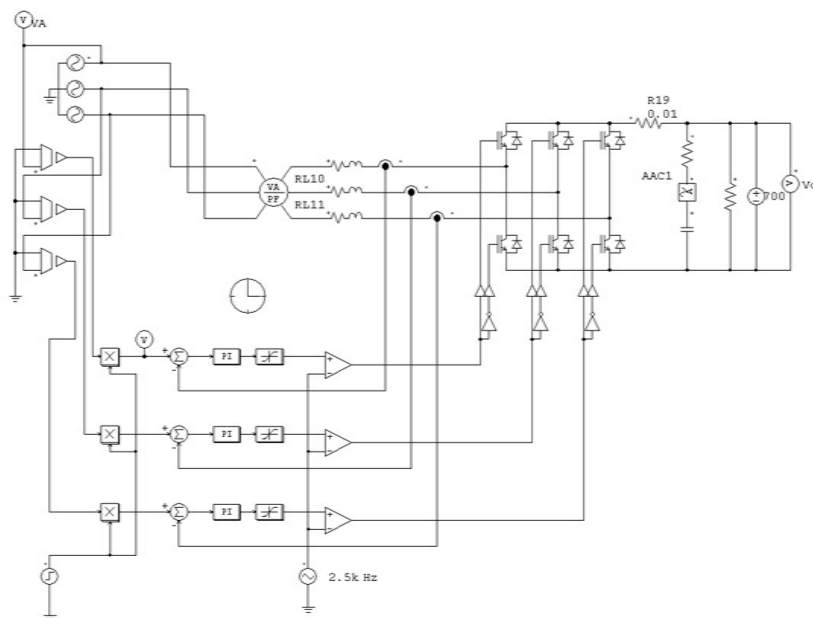


Рис. 6. Модель преобразователя в режиме рекуперации энергии

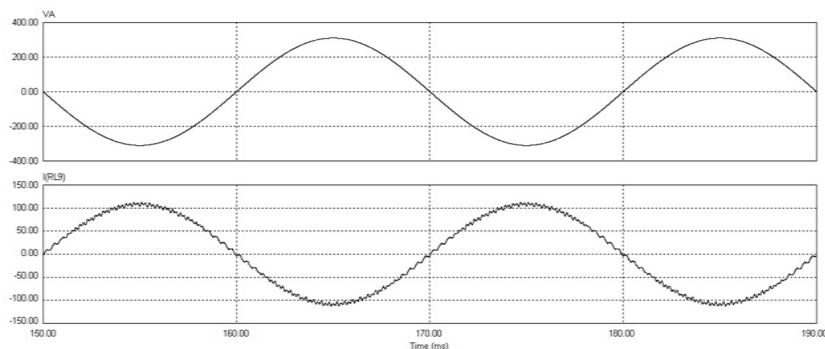


Рис. 7. Сетевое напряжение UA и ток I(RL9) в режиме рекуперации

Таким образом, разработанные модели обратимого выпрямителя позволяют исследовать все необходимые характеристики в переходном и установившемся режиме, определить оптимальные значения варьируемых параметров, настроить алгоритм управления.

Статья подготовлена как часть прикладных исследований (ПНИ) в соответствии с Соглашением о предоставлении субсидии № 14.574.21.0143 с министерством образования и науки Российской Федерации. Идентификатор Соглашения (ПНИ) RFME-FI57417X0143.

Список литературы

1. Система моделирования PSIM. URL: <https://powersimtech.com>.
2. Карасев А. В., Тетюшкин В. С. Некоторые особенности моделирования устройств силовой электроники в системе PSIM // Проблемы

и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: материалы XII Всеросс. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Саранск: Издатель Афанасьев В.С., 2017. – С. 573–577.

3. Карасев А.В., Евдокимов А.С. Моделирование источника электропитания с высоким коэффициентом мощности //Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: материалы XII Всеросс. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Саранск: Издатель Афанасьев В.С., 2017. – С. 577–580.

4. Карасев А.В., Тетюшкин В.С. Модель обратимого трехфазного выпрямителя. //Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: материалы XII Всеросс. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Саранск: Издатель Афанасьев В.С., 2017. – С. 569-573.

УДК 621.313.29

СИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ С МАГНИТНОЙ РЕДУКЦИЕЙ С УЛУЧШЕННЫМИ МАССОГАБАРИТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

К.А. Килиманов¹, А.Ю. Афанасьев²

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

E-mail: ¹kostik.kilimanov@mail.ru, ²afanasiev_eo@mail.ru

Аннотация. В данной работе рассмотрен синхронный электродвигатель с магнитной редукцией. Целью работы является уменьшение массы и габаритов при высоком выходном моменте и надежности. Электродвигатель содержит ротор быстрого вращения с постоянными магнитами, диски статора и ротора, состоящие из чередующихся ферромагнитных и немагнитных секторов. Проведено сравнение двигателей с одной и двумя обмотками статора по потокам рассеяния и по условиям охлаждения. В результате был получен высокий выходной момент при сравнительно малых габаритах электродвигателя, уменьшенных полях рассеяния и улучшенных условиях охлаждения.

Ключевые слова: синхронный электродвигатель, магнитная редукция, постоянный магнит, магнитопровод, катушка, диск, ферромагнитный сектор.

В работе рассмотрен патент РФ № 2604058 [1]. Сущность его заключается в том, что синхронный электродвигатель с магнитной редукцией имеет корпус, пакет статора с зубцами и с многофазной обмоткой, ротор быстрого вращения с постоянными магнитами и с подшипником, ротор медленного вращения на валу с подшипниками и статор имеют чередующиеся диски, состоящие из ферромагнитных и немагнитных элементов в виде секторов, постоянные магниты имеют вид секторов и намагничены аксиально с чередующейся полярностью, пакет статора выполнен в виде двух колец из ленты электротехнической стали путем навивки, расположенных по торцам электродвигателя, накладные зубцы с катушками и коронками установлены на торцевой поверхности кольца пакета статора, на поверхности другого кольца имеются клиновидные выступы, имеющие

свои одинаковые угловые размеры и положения с ферромагнитными элементами дисков статора, причем количества ферромагнитных элементов на диске статора z_c и на диске ротора медленного вращения z_p связаны равенством $z_p = z_c \pm 2p$, а угловые размеры ферромагнитных элементов дисков статора и ротора медленного вращения различны, подшипник ротора быстрого вращения установлен на валу ротора медленного вращения, а толщина постоянных магнитов h_m на роторе быстрого вращения определяется соотношением $h_m = 2m\delta$, где δ – зазор между дисками, m – число дисков ротора медленного вращения.

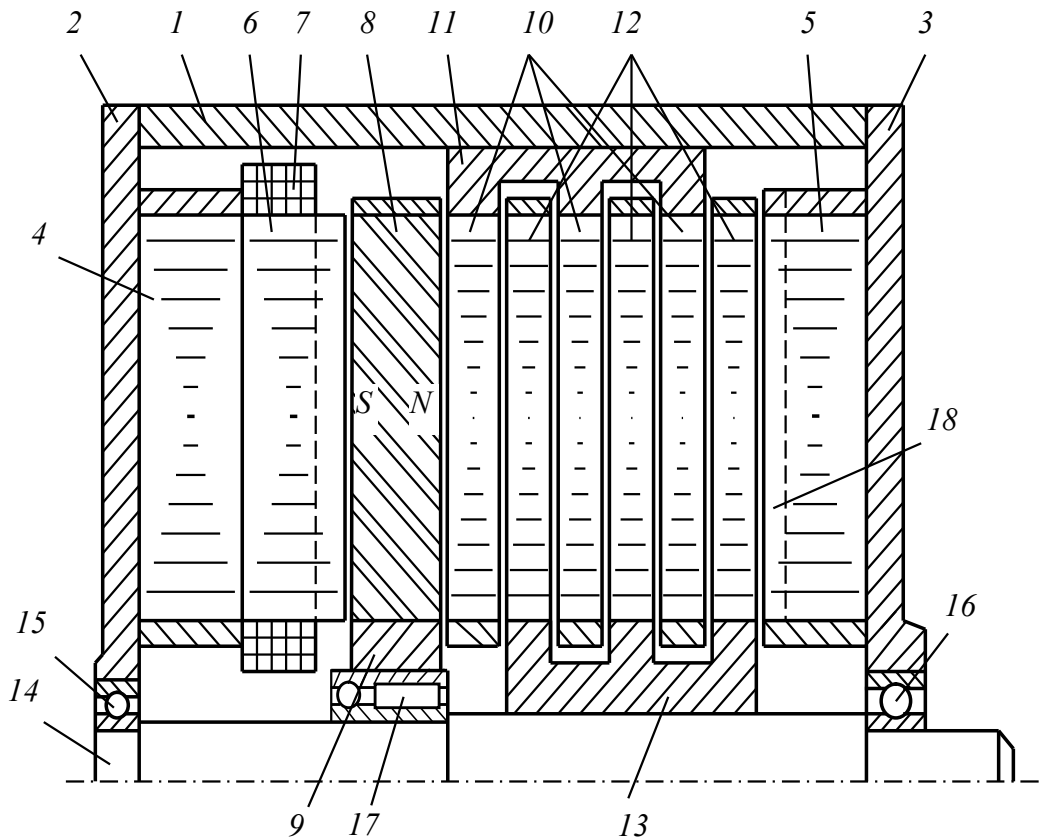


Рис. 1. Синхронный электродвигатель с одной обмоткой

Недостатком известного электродвигателя является наличие осевого усилия на вал медленного вращения из-за несимметрии магнитной системы, большой поток рассеяния из-за большой МДС одного постоянного магнита и трудность охлаждения из-за расположения обмотки с одного торца электродвигателя, что снижает энергетические показатели и надежность электродвигателя.

Предлагается дополнить конструкцию вторым пакетом зубцов и катушек статора, а также поместить ротор быстрого вращения между двумя группами дисков статора и ротора. Улучшенная конструкция приведена на рис. 2.

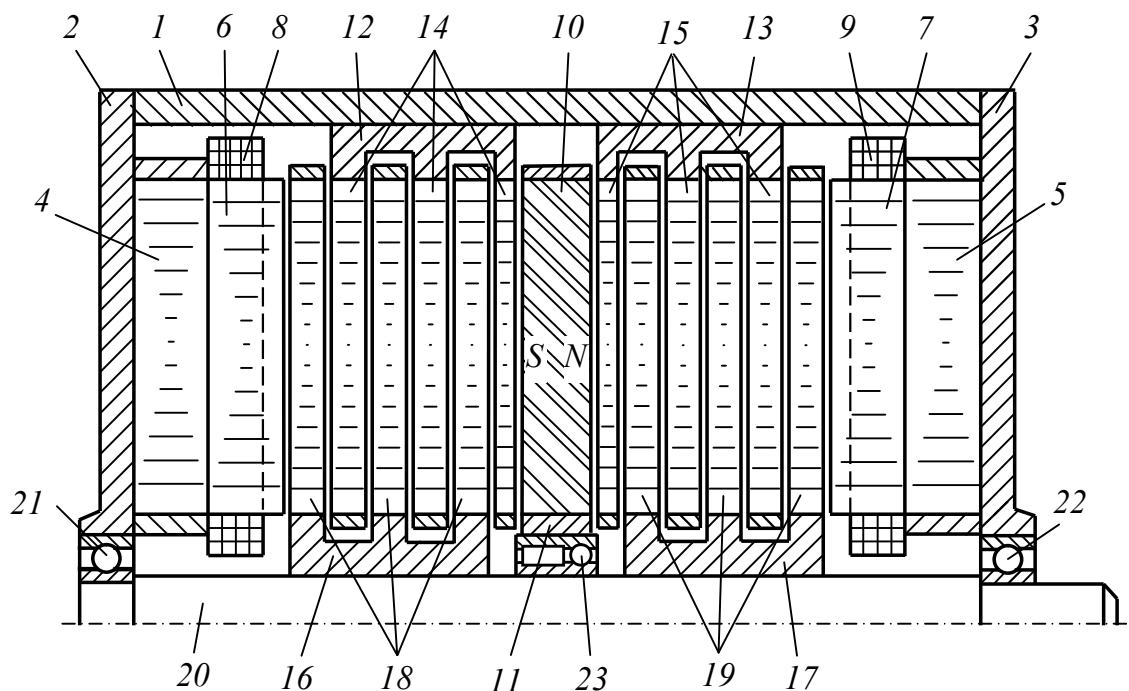


Рис. 2. Синхронный электродвигатель с двумя обмотками: 1 – корпус; 2, 3 – подшипниковые щиты; 4, 5 – кольца пакета статора; 6, 7 – зубцы; 8, 9 – катушки; 10 – постоянный магнит; 11 – втулка ротора быстрого вращения; 12, 13 – втулки статора; 14, 15 – диски статора; 16, 17 – втулки ротора медленного вращения; 18, 19 – диски ротора медленного вращения; 20 – вал; 21, 22 – подшипники ротора медленного вращения; 23 – подшипник ротора быстрого вращения

Корпус 1 жестко связан с подшипниковыми щитами 2, 3. На них установлены кольца 4, 5 пакета статора. На кольце 4 имеются шесть зубцов 6 с катушками 8. На кольце 5 имеются шесть зубцов 7 с катушками 9.

Четыре постоянных магнита 10 установлены на втулке 11 ротора быстрого вращения. Диски 14, 15 статора закреплены на втулках 12, 13 статора, установленных на корпусе 1. Диски 18, 19 ротора медленного вращения установлены на втулках 16, 17 ротора медленного вращения, установленных на валу 20. Вал 20 опирается на подшипники 21, 22, установленные в подшипниковых щитах 2, 3. Ротор быстрого вращения установлен на подшипнике 23, установленном на валу 20. Подшипник 23 имеет большую ширину и является радиально-упорным для обеспечения требуемого положения ротора быстрого вращения.

Кольца 4, 5 магнитопровода статора и зубцы 6, 7 выполнены лентой из электротехнической стали путем навивки. Зубцы 6, 7 с коронками имеют вид секторов. Они установлены на кольцах 4, 5 магнитопровода статора. Катушки 8, 9, расположенные диаметрально, соединены последовательно встречно и образуют три фазы обмотки статора: А, В и С.

Ротор быстрого вращения имеет четыре постоянных магнита *10* из высококоэрцитивного магнитотвердого материала, имеющие вид секторов (на рис. 3 показаны закрашенными), и немагнитные сектора (на рис. 3 не закрашены). Сектора намагничены по оси вращения и образуют на торцевых поверхностях чередующиеся полюса.

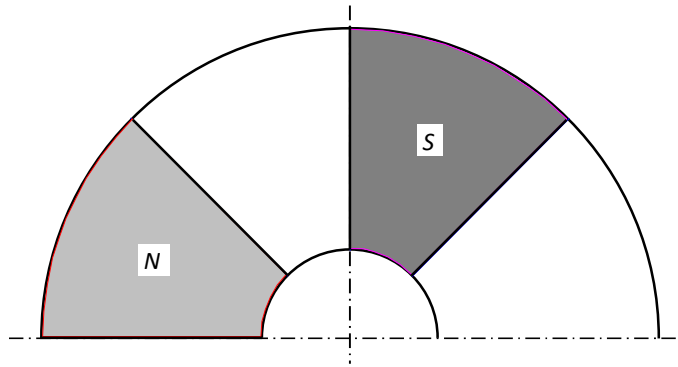


Рис. 3. Ротор быстрого вращения

Диски *14*, *15* статора имеют чередующиеся секторы из магнитомягкого материала (на рис. 4 показаны темными) и немагнитного материала (на рис. 4 светлые). Магнитные элементы выполнены шихтованными из электротехнической стали.

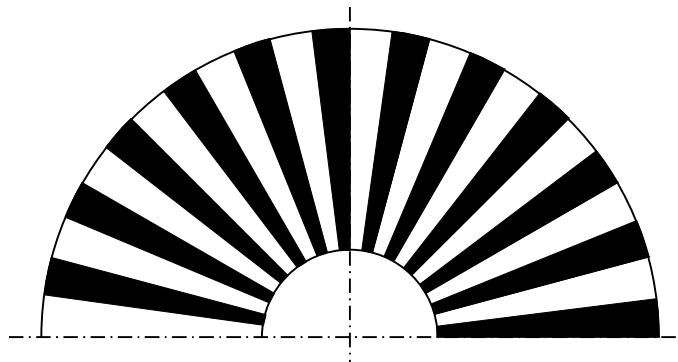


Рис. 4. Диск статора

Диски *18*, *19* ротора медленного вращения имеют чередующиеся секторы из магнитомягкого материала (на рис. 5 показаны темными) и немагнитного материала (на рис. 5 светлые). Магнитные элементы выполнены шихтованными из электротехнической стали.

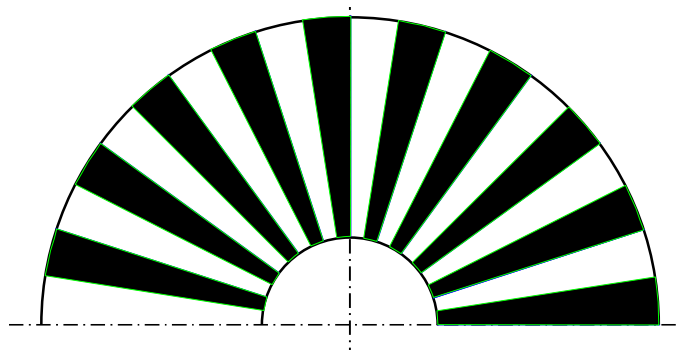


Рис. 5. Диск ротора медленного вращения

Количество ферромагнитных элементов дисков статора z_c и ферромагнитных элементов дисков ротора медленного вращения z_p , приходящихся на одно полюсное деление, отличаются на единицу. На рис. 4 и 5 показан случай, когда число пар полюсов $p = 2$, $z_c = 24$, $z_p = 20$.

На торцевых поверхностях коронок зубцов b , 7 имеются клиновидные выступы (рис. 6). Их угловое положение совпадает с положением ферромагнитных элементов дисков статора.

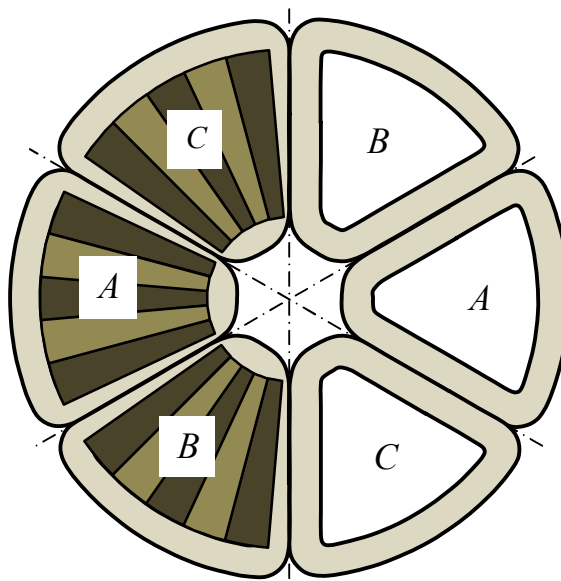


Рис. 6. Зубцы с катушками

Синхронный электродвигатель с магнитной редукцией работает следующим образом. При подаче на обмотку статора трехфазной системы напряжений возникает вращающееся магнитное поле с четырьмя полюсами. Оно увлекает за собой ротор быстрого вращения. Вместе с ним вращаются области большой магнитной индукции в дисках статора и ротора медленного вращения. В результате ротор медленного вращения поворачиваются так, что места совпадения положений ферромагнитных элементов дисков статора и соответствующих ферромагнитных элементов дисков ротора медленного вращения находятся в зонах максимума модуля магнитной индукции.

За половину периода напряжения питания $T/2 = \pi/\omega$ ротор быстрого вращения повернется на угол $\pi/2$, а места максимума модуля магнитной индукции повторятся. При этом ротор медленного вращения должен повернуться на один сектор, т.е. на угол $2\pi/z_p$. Следовательно, магнитный редуктор имеет передаточное отношение $z_p/4$. Поэтому скорость вращения ротора медленного вращения будет $\omega_m = 2\omega/z_p$. Здесь ω – угловая частота напряжения питания. Момент на валу медленного вращения $M_m = z_p M_6/2$.

Наличие нескольких дисков статора и ротора вызывает многократную деформацию магнитного поля в зоне дисков, что увеличивает развиваемый момент и позволяет улучшить массогабаритные показатели.

На рис. 7 показаны пути прохождения магнитного потока в данной конструкции, где внешний магнитопровод отсутствует, а объем и масса малы.

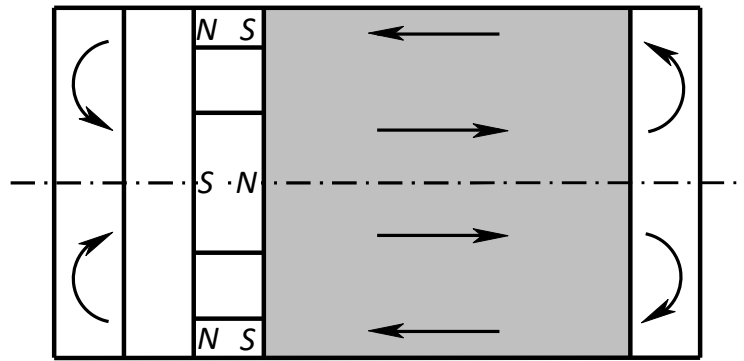


Рис. 7. Пути прохождения магнитного потока

Ферромагнитные элементы дисков статора и ротора медленного вращения выполнены из электротехнической стали шихтованными для уменьшения потерь в стали на вихревые токи, поскольку в процессе работы магнитная индукция в секторах изменяется (рис. 8).

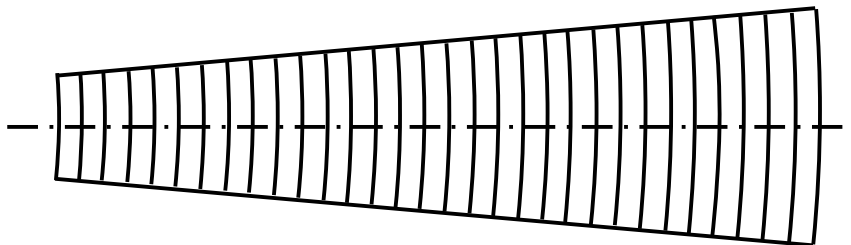


Рис. 8. Ферромагнитный элемент дисков статора и ротора

Передача момента от ротора быстрого вращения к ротору медленного вращения является упругой – через магнитное поле. При увеличении момента нагрузки на валу медленного вращения он отстает на некоторый угол от положения, соответствующего холостому ходу.

Электродвигатель не имеет механических контактов между подвижными активными частями, бесшумен в работе, имеет большой срок службы, определяемый подшипниками, допускает ударные нагрузки, так как связь между роторами осуществляется через магнитное поле.

Удельная энергия магнитного поля определяется выражением

$$w = \frac{BH}{2}.$$

При линейной кривой размагничивания максимальная энергия постоянного магнита достигается при условии равенства магнитных сопротивлений постоянного магнита и нагрузки, которой являются зазоры между дисками статора и ротора медленного вращения. Это равенство выполняется, если толщина магнита равна сумме длин зазоров между дисками, т.е. при выполнении равенства

$$h_m = 2m\delta,$$

где δ – зазор между дисками, m – число дисков ротора медленного вращения. За счет этого заявленный электродвигатель имеет повышенные энергетические показатели.

Благодаря установке подшипника 17 ротора быстрого вращения на вал 14 увеличивается база для вала и упрощается конструкция, т.к. вал быстрого вращения отсутствует. Ротор быстрого вращения усиливает поле, созданное обмоткой двигателя, и передает момент транзитом от статора к магнитному редуктору.

Благодаря двум статорам с катушками и двум группам дисков снимается осевое усилие, действующее на вал. Постоянные магниты ротора быстрого вращения создают осевые усилия, равные по величине и направленные в противоположные стороны. В результате подшипник разгружается от осевого усилия и снижается напряжение трогания электродвигателя, а также повышается его надежность.

Использование двух статоров с катушками и двух групп дисков делает магнитную систему электродвигателя симметричной. В результате магнитный поток рассеяния в магнитном редукторе снижается приблизительно в четыре раза.

На рис. 9 показана схема замещения магнитной системы с одной обмоткой.

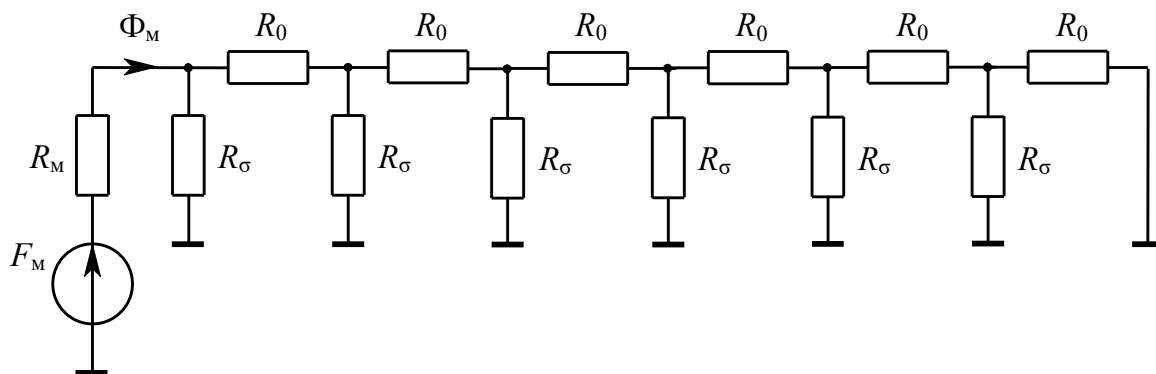


Рис. 9. Схема замещения магнитной системы с одной обмоткой

Здесь F_M – магнитодвижущая сила постоянного магнита; R_M – магнитное сопротивление постоянного магнита; R_0 – магнитное сопротивление участка магнитной цепи; R_σ – магнитное сопротивление потока рассеяния. Магнитное напряжение постоянного магнита зависит от его магнитного потока:

$$U_M = F_M - R_M \Phi_M.$$

Магнитный поток определяется суммой полезного магнитного потока и потоков рассеяния.

На рис. 10 показана схема замещения магнитной системы предлагаемого электродвигателя.

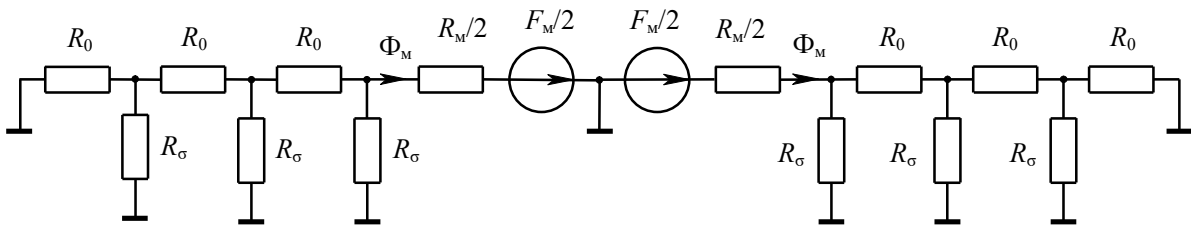


Рис. 10. Схема замещения магнитной системы с двумя обмотками

Постоянные магниты расположены симметрично. И МДС, и магнитное сопротивление постоянного магнита на каждую сторону в два раза меньше. Магнитный поток рассеяния, входящий в поток постоянного магнита, приближенно в четыре раза меньше, так как магнитное напряжение для одной стороны в два раза меньше, а эквивалентное сопротивление рассеяния в два раза больше. В результате магнитное напряжение на магните больше, чем напряжение магнита у прототипа. Это увеличивает полезный магнитный поток, проходящий через диски статора и ротора медленного вращения, что увеличивает максимальный вращающий момент электродвигателя.

Мощность потерь в обмотках, приходящаяся на один торец электродвигателя, в два раза меньше, чем у прототипа, поскольку для создания той же МДС необходим в два раза меньший ток в каждой из катушек. Это облегчает охлаждение электродвигателя и снижает температуру обмоток, что повышает его надежность.

Таким образом, в полученном электродвигателе с двумя статорными обмотками и симметричной магнитной системой выше надежность, благодаря отсутствию осевых усилий на ротор быстрого вращения и улучшенным условиям охлаждения, а также меньше потерь магнитного напряжения, вследствие изменения магнитной системы.

Список литературы

1. Афанасьев А.Ю., Макаров А.В., Березов Н.А. Синхронный электродвигатель с магнитной редукцией. Патент РФ 2604058, МПК H02K 16/02, H02K 19/24, H02K 19/06. 10.12.2016.

УДК 621.3.072

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОМБИНИРОВАННОЙ ОБМОТКОЙ

В.Ю. Корнилов, А.Н. Цветков¹

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹tsvetkov9@mail.ru

Аннотация. В статье описана система автоматизированного контроля, позволяющая получать параметры асинхронных двигателей в процессе испытания. Датчики, интегрированные в состав системы, позволяют составить полную картину процесса испытания и получить достаточное количество данных с высокой точностью измерения. Гибкость алгоритма управления системой и объектом исследования позволяет проводить широкий спектр различных видов испытаний трехфазных асинхронных двигателей.

Ключевые слова: система автоматизированного контроля, энергетические характеристики, силовой модуль, программное обеспечение.

Неуклонное снижение объемов добычи нефти из-за роста процента труднодобываемой нефти, требует от предприятий, занимающихся нефтедобычей, постоянного повышения энергоэффективности скважин с целью повышения их рентабельности.

Одним из путей решения поставленной задачи, является применение новых конструкций электроприводов на станциях качалках. Это в свою очередь требует проведения больших объемов испытаний электродвигателей в различных режимах работы. Очень часто подобные испытания должны проводиться непосредственно на объекте в полевых условиях.

При проведении испытаний электрических машин, требуемый объем получаемой информации неуклонно растет. Поэтому возникает актуальная задача создания автоматизированных испытательных систем. Применение в таких системах микропроцессорных модулей и цифровых датчиков позволяет в большой мере повысить точность, скорость измерений и объем полученной информации, а значит и достоверность.

При создании системы автоматизированного контроля (САК) ставился широкий спектр задач. САК должна работать с двигателями различных мощностей, измерять и регистрировать большой набор параметров, а также иметь возможность экспорта полученных данных в различные форматы. Кроме этого САК должна быть мобильной.

Состав САК представлен на рис. 1. Конструктивно система состоит из двух блоков – силового модуля и технологического контроллера. Силовой модуль 1 (рис. 1) устанавливается на столе и подключается к сети с помощью входящего в состав комплекса гибкого кабеля. Исследуемый объект подключается к силовому модулю через гибкий кабель, присоединяемый к разъему 9. Силовой модуль на лицевой панели имеет следующие органы управления и контроля: панель LCP, управляющая и индицирующая состояние блока управления и измерения параметров нагрузки; индикаторы наличия питания и работы различных режимах, кнопки пуска и останова; кнопка аварийного отключения нагрузки.

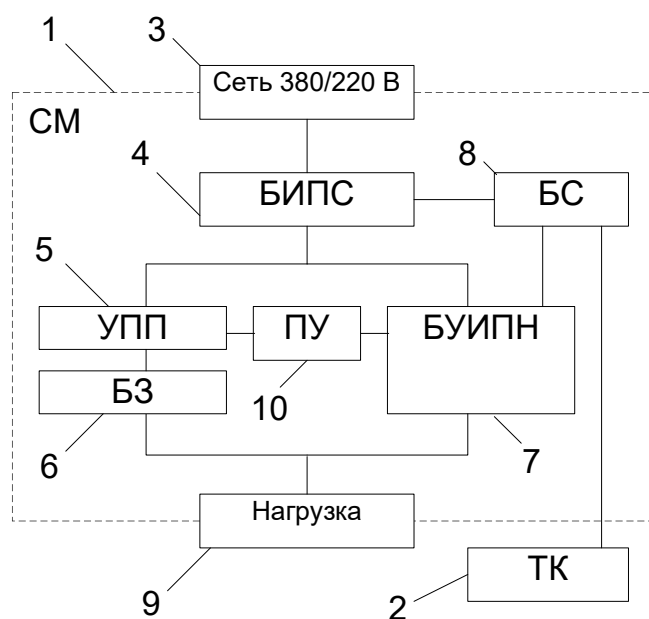


Рис. 1. Функциональная схема САК: 1 – силовой модуль; 2 – технологический контроллер; 3 – разъем питания; 4 – блок измерения параметров сети; 5 – устройство прямого пуска; 6 – блок защиты; 7 – блок управления и измерения параметров нагрузки; 8 – блок согласования; 9 – разъем подключения нагрузки; 10 – панель управления

Силовой модуль (СМ) предназначен для соединения объекта испытаний с электрической сетью, управления режимами работы и измерения параметров. Для измерения параметров сети и нагрузки используется система цифровых датчиков, информация от которых передается модулю управления. В состав СМ входят: система измерений (СИ) (рис. 2) и система силового питания (ССП) (рис. 3).

Устройство измерения параметров сети, входящее в состав СИ предназначено для измерения таких величин как напряжение фазное, напряжение линейное, токи в фазах, измерение полной, активной и реактивной мощности, измерение частоты первой гармоники, измерение коэффициента мощности, измерение фазового угла. Блок согласования преобразует данные

полученные от блоков измерения с сигналами модуля управления и осуществляет преобразование стандарта RS-485 в стандарт USB. Устройство измерения параметров нагрузки предназначено для определения состояния объекта испытания. Этим блоком измеряются напряжения, токи, коэффициент мощности. Блок датчиков параметров сети предназначен для измерения параметров питающей сети. Блок состоит из датчиков тока и напряжения. Блок датчиков параметров нагрузки предназначен для измерения параметров объекта испытания.

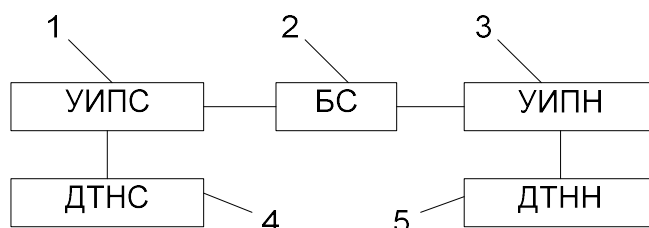


Рис. 2. Состав СИ: 1 – устройство измерения параметров сети; 2 – блок согласования; 3 – устройство измерения параметров нагрузки; 4 – блок датчиков параметров сети; 5 – блок датчиков параметров нагрузки

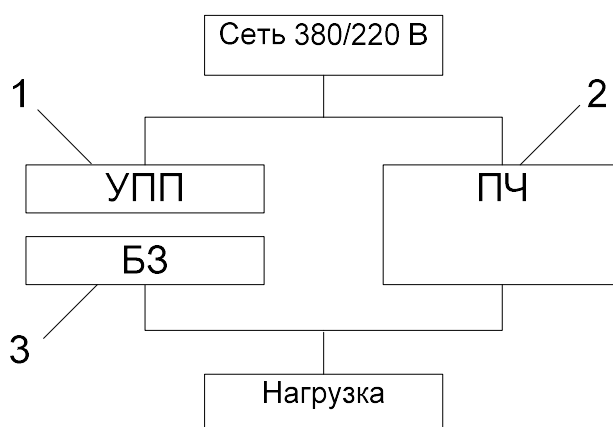


Рис. 3. Состав СП: 1 – устройство прямого пуска; 2 – преобразователь частоты; 3 – блок защиты

ССИ осуществляет питание и защиту объекта испытания и содержит такие блоки как устройство прямого пуска, предназначенное для определения параметров объекта испытания при подаче полного напряжения сети, преобразователь частоты для определения параметров объекта испытания при подаче управляемого напряжения требуемой частоты, параметры которого задаются системой управления, блок защиты для защиты объекта испытания от перегрузок при подаче прямого напряжения сети.

Технологический контроллер (ТК) предназначен для контроля и управления всеми процессами испытания и для создания архивов и формирования протоколов испытаний. Модуль представляет собой персональный компьютер с установленным программным обеспечением (ПО).

В состав САК входит программное обеспечение, необходимое для функционирования комплекса.

Программа создана в среде объектно-ориентированного программирования Visual Studio производства Microsoft, и представляет собой автономно функционирующий модуль с применением стандартных библиотек. Программа имеет широкие возможности настройки процесса испытания, задания режимов работы, вычисления дополнительных величин на основе полученных данных.

Полученные данные расшифровываются и преобразуются в вид, используемый для дальнейшей обработки, индикации и архивации. Оператор имеет возможность получать как полный список параметров, так, и часть списка. В программе реализованы решения по визуализации полученных и вычисленных данных, которые помогают оператору вносить корректировки в процесс испытания.

В программе реализован модуль обработки ошибок, помогающий оператору оперативно отлаживать и настраивать работу системы. Модуль выдает код и расшифровку возникшей ошибки, а также рекомендации по ее устранению.

Это в свою очередь сокращает время простоев оборудования и общую длительность эксперимента.

Работа программы основана на взаимодействии с Силовым модулем комплекса по открытому протоколу обмена данными ModBusRTU с последующим преобразованием его блоком согласования.

В результате работы программного обеспечения осуществляется измерение и архивация следующих параметров:

- напряжение питающей сети фазное и линейное в вольтах;
- сила тока нагрузки на сеть по фазам в амперах;
- активная мощность, потребляемая из сети в киловаттах;
- реактивная мощность, потребляемая из сети в киловаттах;
- полная мощность, потребляемая из сети в киловаттах;
- частота первой гармоники в герцах;
- коэффициент мощности;
- фазовый угол в градусах;
- напряжение на обмотках двигателя в вольтах;
- ток нагрузки двигателя в амперах;
- активная мощность, потребляемая двигателем в киловаттах;
- частота вращения двигателя в оборотах в минуту;
- напряжение цепи постоянного тока привода в вольтах;
- температура радиатора привода в градусах цельсия;
- заданная частота вращения двигателя.

После запуска программы необходимо выполнить все настройки, предложенные программой, убедиться в наличии связи с силовым модулем и запустить процесс архивации полученных данных (рис. 4).

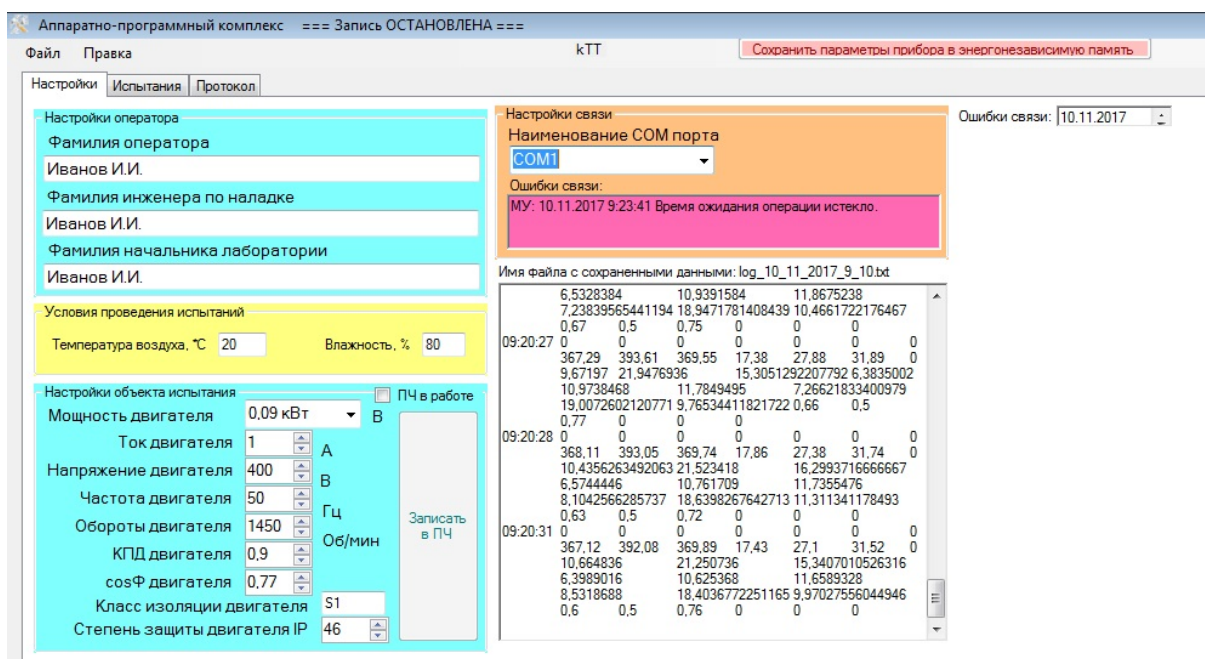


Рис. 4. Внешний вид программы. Вкладка «Настройки»

В программе имеется возможность изменения параметров связи с силовым модулем, частоты опроса параметров и выбора параметров для архивации, а также есть возможность установки меток для выделения изменения режимов проведения эксперимента (рис. 5).

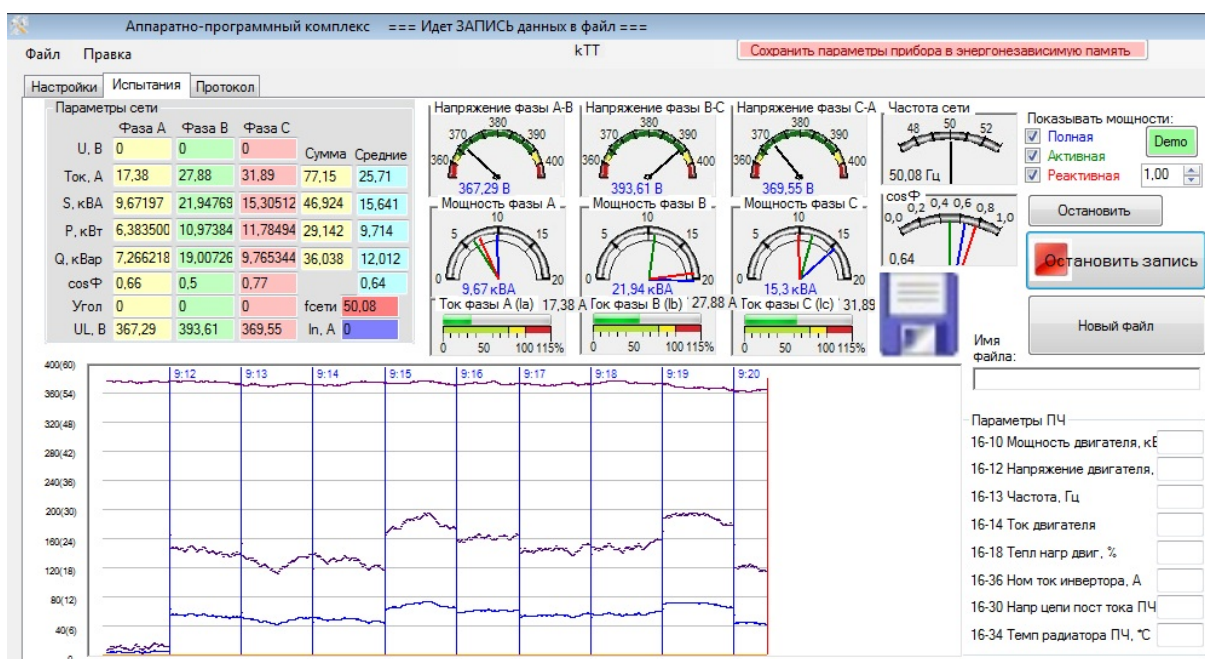


Рис. 5. Пример работы программы. Режим испытания и архивация

Полученные данные хранятся в файле, имеющем информацию о дате и времени проведения испытания. На основе полученных данных формируется протокол, содержащий результаты испытаний и заключение о состоянии объекта испытаний.

Созданная САК позволяет проводить испытания асинхронных двигателей в диапазоне мощностей от 0,09 кВт до 15 кВт с регистрацией энергетических характеристик в полном спектре.

УДК 621.313.045(3)

ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР СОВРЕМЕННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

К.К. Крутиков, В.В. Рожков¹

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Смоленск

E-mail: ¹umo@sbmpei.ru

Аннотация: Рассмотрен вариант тренажера-модели насосной станции (НС), выполненный с использованием программного обеспечения одного из современных технологических контроллеров. Тренажер позволяет моделировать технологический процесс современной насосной станции, содержащей частотный преобразователь и устройство плавного пуска. Приведены примеры использования разработанного тренажера.

Ключевые слова: частотно-регулируемый электропривод, виртуальный тренажер, программируемый логический контроллер, эксплуатационные режимы.

В настоящее время в сфере ЖКХ происходит интенсивная модернизация насосных станций с заменой нерегулируемого электропривода насосов на полупроводниковый с общим контроллером. Наиболее проработанным решением, обеспечивающим качественное выполнение требований технологического процесса водоснабжения, является комплекс на основе частотно-регулируемого электропривода с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором [1]. Его использование обеспечивает плавные пуски, регулирование и стабилизацию требуемой технологической переменной, в первую очередь, скорости, а для насосного привода и давления в магистрали. В диапазоне мощностей до сотен кВт и напряжением 380 В и 6,3 кВ типовым решением стало применение преобразователей частоты на базе полностью управляемых транзисторных ключей для асинхронного электропривода [2]. До недавнего времени возможность регулирования давления в трубопроводе обеспечивалась лишь неэкономичным методом дросселирования [3]. Переход к регулируемому электроприводу в водоснабжении позволяет экономить до 50 % электроэнергии, 25 % воды и до 10 % тепла [4]. Применение частотно-регулируемого электропривода преследует две основные

цели – регулирование электрических, механических и технологических параметров в соответствии с требованиями технологии работы насосов и экономию энергоресурсов.

Типовое оборудование современной НС включает три асинхронные машины со своими насосными агрегатами, один преобразователь частоты (ПЧ), одно устройство плавного пуска (УПП), общий технологический контроллер (ТК), пульт управления и сигнализации для задания режимов работы насосной станции и контроля электрических и технологических переменных. Так, в одной из насосных станций на Смоленской АЭС (г. Десногорск) использованы три асинхронных двигателя с короткозамкнутым ротором мощностью 250 кВт каждый, насосные агрегаты ДПУ-800, релейный датчик давления в магистрали, преобразователь частоты VAT 2000 компании GE, устройство плавного пуска ASTAT Plus, технологический контроллер PLC SIMATIC S7-2246ES7 фирмы Siemens [5].

Использование только одного ПЧ и одного УПП обусловлено экономическими соображениями. Координация работы элементов насосной станции осуществляется при помощи ТК. Работа насосной станции сопровождается периодическими подключениями и переключениями двигателей насосных агрегатов к различному оборудованию (ПЧ или УПП) или непосредственно к сети. Все коммутации должны производиться автоматически под управлением ТК в соответствии с алгоритмом, заложенным при его программировании.

Эксплуатация современной насосной станции имеет свои особенности и сопряжена с определенными трудностями технического и методического характера. Широко распространенной проблемой является отсутствие у обслуживающего персонала четкого понимания алгоритма работы ТК. Контроллер на электрических схемах часто представлен лишь в виде «чёрного ящика», у персонала отсутствует программное обеспечение используемого контроллера, а также непосредственный алгоритм его функционирования на понятном и доступном «языке».

Персоналу станции желательно иметь возможность удобного и эффективного изучения работы ТК без постоянного взаимодействия с реальным «железом».

Указанную возможность может обеспечить компьютерный тренажер по работе с ТК. Подобный тренажер представляет собой модель, выполненную на основе одной из версий программного обеспечения современных прикладных контроллеров. Использование персоналом такого тренажера

позволяет освоить реакции оборудования на заданные с пульта режимы работы станции. Появляется возможность диагностики неполадок в работе оборудования. Важным аргументом в пользу применения компьютерного тренажера является принципиальная недоступность реального ТК в период нормальной эксплуатации насосной станции для какого-либо вмешательства из-за недопустимости внепланового останова оборудования. Кроме возможностей тренажера для целей обучения персонала, им можно воспользоваться для программирования ТК. Обслуживающий персонал может использовать тренажер в исследовательских целях, а при необходимости корректировать и создавать требуемые алгоритмы работы насосной станции.

Во время планового профилактического обслуживания насосной станции естественно обеспечить «считывание» имеющейся программы с реального ТК. Это нетрудно сделать при помощи соответствующего программного обеспечения реального ТК и необходимого интерфейсного оборудования. Затем считанный алгоритм можно подробно прокомментировать и использовать в методических целях для обучения персонала или усовершенствования алгоритма. При этом возникают некоторые трудности. Негативной особенностью программной оболочки ряда «линеек» контроллеров является отсутствие режима моделирования при их программировании. Это выражается в невозможности удобного интерактивного изучения и отладки программ без непосредственного взаимодействия по используемому интерфейсу с самим ТК. В ряде ТК предусматривается лишь так называемый режим мониторинга – отладка имеющейся программы и её непосредственная отработка на имеющемся оборудовании. Подобный режим удобен только для лабораторных условий, но не при эксплуатации ТК.

В соответствии с упомянутыми свойствами, особенностями и характеристиками НС с частотно-регулируемым электроприводом подпиточных насосов ДПУ-800 разработанный виртуальный тренажер-модель насосной станции (НС) может иметь вид рис. 1.

Эта модель построена в соответствии с техническим описанием работы НС [5], инструкциями и паспортами к ПЧ [6], УПП и ТК. В модели рис.1 используется один из трех основных способов программирования ТК: с помощью ассемблерных инструкций, посредством языка релейно-контакторных схем, с помощью функциональных блоков. Тренажер выполнен в полностью русифицированном пакете для программирования контроллеров « α -2» фирмы Mitsubishi Electric. Этот достаточно простой ТК программируется при помощи третьего способа, наиболее близкого обычному пользователю – инженеру-эксплуатационнику.

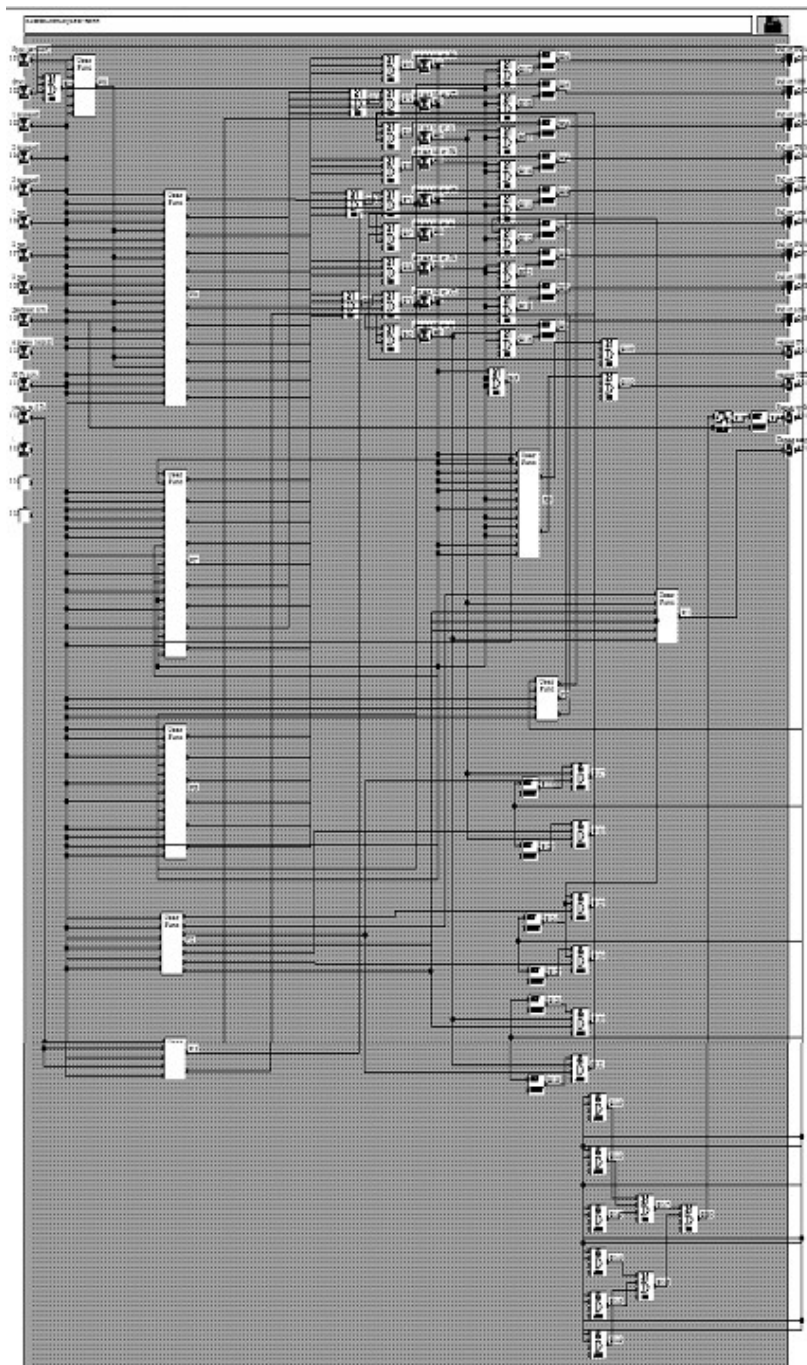


Рис.1. Окно виртуального тренажера

Число входов и выходов технологического контроллера обусловлено требованиями к количеству управляющих сигналов предварительного задания роли насосов (основной, дополнительный, резервный) с пульта и обратных связей с датчиков и выходов с преобразователей. В настоящем тренажере выбрано их максимально возможное число для ТК « α -2» – 15 входов и 13 выходов. Среда содержит достаточный набор элементов, используемый в современных контроллерах для разнообразных задач автоматизации. Это - различного типа ключи (кнопки, тумблеры, сигналы аналоговых и релейных датчиков), состояние которых оператор может

задавать вручную, элементы контроля, диагностики, набор элементов логики, как низшего уровня типа И, ИЛИ, НЕ и т.п., так и среднего (триггеры), таймеры, счетчики, всевозможные устройства, подключаемые к выходам (двигатели, лампы и др.), элементы индикации и т.п.

В действительности к выходам ТК в реальной схеме подключаются не сами двигатели, сигнальные лампы состояния оборудования и т.п., а входы управления этими машинами и оборудованием, т.е. ПЧ, УПП, катушки контакторов, пускателей и другие слаботочные цепи. Состояние выхода отображается иконкой, например, «М1 от ПЧ» и служит для удобства понимания, чем функционально управляет данный выход – в данном случае подключением двигателя М1 к преобразователю частоты. Сигнал с него воздействует на обмотку контактора, подключающего М1 к выходу ПЧ, и вход управления ПЧ, отвечающий за условное направление вращения двигателя «Вперед».

Набор элементов, имеющих в распоряжении разработчика и пользователя этого тренажера, находится в левом верхнем углу окна программирования (рис. 2).

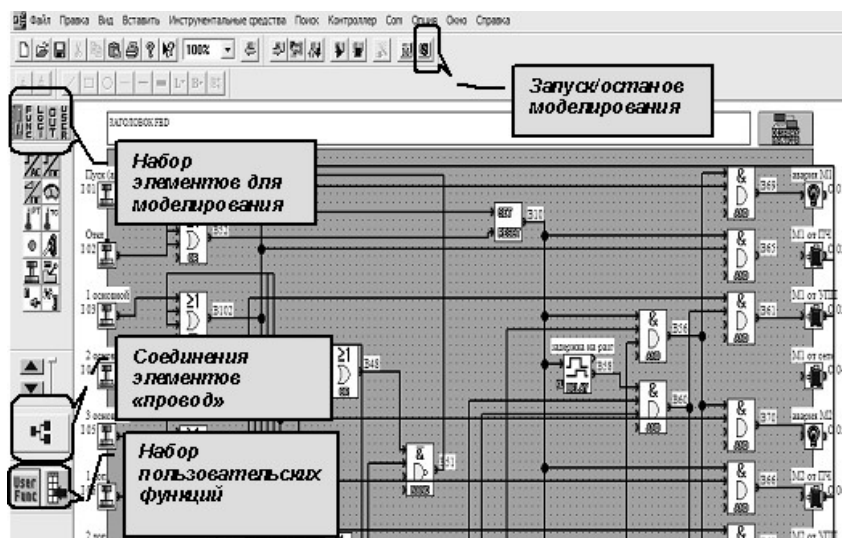


Рис. 2. Фрагмент окна тренажера с рядом пользовательских опций

Этот набор содержит четыре раздела: входы (IN), функции (FUNC), логические элементы (LOGI), выходы (OUT), а также пользовательские функции (USER). Для соединения элементов используется кнопка «провод», расположенная под движком выбора элементов над кнопками пользовательских функций (см. рис. 2).

В соответствии с технологией работы НС созданы следующие входы – управляющие воздействия на ТК: I 01 – Пуск (в автоматическом режиме); I 02 – Останов (Откл.); I 03 – Выбор 1-го насосного агрегата в качестве

основного; I 04 – Выбор 2-го насосного агрегата в качестве основного; I 05 – Выбор 3-го насосного агрегата в качестве основного; I 06 – Выбор 1-го насосного агрегата в качестве дополнительного; I 07 – Выбор 2-го насосного агрегата в качестве дополнительного; I 08 – Выбор 3-го насосного агрегата в качестве дополнительного; I 09 – Индикатор наличия заданного давления от релейного датчика давления; I 10 – Режим суточного чередования; I 11 – Вход «Есть 50 Гц» – сигнал с выхода ПЧ, имитирующий достижение рассматриваемым двигателем номинальной скорости; I 12 – Вход «Есть 5 Гц» – сигнал с выхода ПЧ, имитирующий необходимость отключения дополнительного насоса при обеспечении основным необходимого давления; I 13 – не задействован.

Предусмотрены следующие выходы – управляющие воздействия от ТК на оборудование НС: О 01 – Работа М1 от ПЧ; О 02 – Работа М1 от УПП; О 03 – Работа М1 от сети; О 04 – Работа М2 от ПЧ; О 05 – Работа М2 от УПП; О 06 – Работа М2 от сети; О 07 – Работа М3 от ПЧ; О 08 – Работа М3 от УПП; О 09 – Работа М3 от сети; ЕО 01 – Авария ПЧ; ЕО 02 – Авария УПП; ЕО 03 – Разрыв трубопровода; ЕО 04 – Полная авария.

Работа с тренажером

При входе в исполняемый файл тренажера схема находится в режиме, готовом к записи созданной программы в контроллер. Для перехода от готовности к записи программы к режиму моделирования производится кнопкой «S»-simulation (Запуск/останов моделирования) (см. рис.2). При этом связи элементов окрашиваются в синий и красный цвета, причем синий цвет соответствует логическому «0» в этом канале, а красный – логической «1». Выключение режима моделирования – отключение кнопки «S» – возвращает схему к исходному состоянию.

Двойное нажатие «мышью» на любой вход в режиме моделирования имитирует ситуацию, что на этот вход поступил сигнал управления (т.е. вход включен, имеется сигнал логической «1»).

Применение тренажера предполагает предварительное ознакомление с техническим описанием работы НС и инструкцией по эксплуатации устройств. При применении тренажера это важно потому, что не любое произвольное сочетание входных имитируемых воздействий в принципе возможно при работе НС. Так, при моделировании можно осуществить пуск без выбора основных и дополнительных агрегатов, имитировать наличие

давления или разгон до номинальной частоты при выключенных машинах, одновременный выбор одной и той же машины и в качестве основной, и в качестве дополнительной и другие подобные невозможные на практике ситуации. При этом модель, конечно же, будет работать, но неадекватно реальным режимам. Кроме того, некоторые имитируемые воздействия, задаваемые здесь вручную, в действительности заводятся в реальный контроллер от оборудования, работающего в автоматическом цикле. В частности, это сигналы от датчика перепада давления, с выхода ПЧ. При использовании модели надо учитывать подобные соображения и вовремя вручную подавать необходимые сигналы.

Функциональные назначения насосов могут меняться в процессе работы и в общем случае могут быть следующими:

а) основной – насосный агрегат, работающий длительно в режиме нормальной эксплуатации при условии, если он создает требуемое давление в трубопроводе;

б) резервный – насосный агрегат, подключающийся взамен основного при возможной его аварии;

в) дополнительный – насосный агрегат, подключающийся параллельно на магистраль совместно с основным в случае его штатной работы, но при условии, что основной агрегат не обеспечивает требуемого давления.

В качестве примеров далее приведены некоторые возможные ситуации работы НС и показано использование для их моделирования на тренажере:

Пример 1. Нормальная длительная работа основного агрегата, различные аварийные режимы, подключение дополнительных агрегатов.

1. Выбираем функции насосов (к примеру, имитируем 1-й агрегат как основной, 2-й – как дополнительный).

2. Нажимаем кнопку «Пуск». Видим, что активировался выход «М1 от ПЧ», означающий, что начинается разгон основной машины в нормальном режиме.

3. Далее возможны варианты. Например, если не воздействовать на вход «50 Гц есть», означающий, что преобразователь частоты полностью разогнал первый насосный агрегат, то запускается дополнительный насос М2 от УПП (активизируется выход «М2 от УПП»). При этом по существующей технологии ПЧ настроен таким образом, что с началом параллельной работы, например, М1 и М2, для исключения избыточного давления ПЧ начинает уменьшать скорость машины, подключенной к его выходу.

Допустим, порог низкой частоты с выхода ПЧ составляет 5 Гц. Имитируем выключение «Есть 50 Гц» и включение «Есть 5 Гц». Видим, что выход «М2 от УПП» стал неактивен, т.е. агрегат М2 отключился от УПП. При этом ПЧ разгоняет М1 до необходимой скорости, обеспечивающей требуемое давление.

Предположим далее, что в ситуации, когда работают и М1 и М2, по некоторой причине исчезло давление, т.е. отключаем вход «Давление есть». Тогда через заданную выдержку времени 20 с активизируется выход «Авария М1». Допустим далее, что через небольшой задаваемый пользователем интервал, отключаются и М1, и М2. Если через лимитируемые 20 с не появится сигнал на входе «Давление есть», то активизируется выход «Разрыв трубопровода». Таким образом, в соответствии с технологией работы НС подтверждается, что если обе машины не способны создать требуемое давление, то в трубопроводе обязательно присутствует серьезная утечка жидкости.

Пример 2. Работа контроллера при неисправности двигателей насосных агрегатов.

1. Этот режим отличается от предыдущего тем, что моделируется ситуация, предполагающая неисправность двигателя, например, М1 при условии исправности ПЧ. В этом случае ПЧ продолжает формировать напряжение и частоту для М1 по заданному закону, но М1 не запускается, или его пуск затягивается по причине, например, механического заклинивания и т.п. Агрегат М1 может не запускаться от множества причин (сигнал неисправности от самодиагностики устройств). Имитируется это рядом кнопок в поле моделирования (в частности, «не запустился М1 от ПЧ»).

2. Имитируем то, что М1 не запустился от ПЧ. Видим, что активизируется выход «М3 от ПЧ». Таким образом, запускается резервный агрегат опять от ПЧ (М2 выбран в примере в качестве дополнительного, следовательно, М3 – резервный).

3. Имитируем то, что и М3 не запустился от ПЧ. Активизируется выход «Авария ПЧ», т.к. и основной, и резервный агрегаты не смогли запуститься от ПЧ. В этом случае подключается М1 от УПП. В случае, если и от УПП агрегат М1 не запустился, то подключается резервный М3 от УПП. При не запуске М3 от УПП делается попытка запуска М1 от сети. Активизируется выход «Авария УПП», т.к. в этом случае и основной, и резервный агрегаты не смогли запуститься от УПП. При невозможности запуска М1 от сети резервный агрегат М3 подключается от сети. Если и это не произошло, активизируется выход «Полная авария». Одновременно остаются активными сигнализация «Авария ПЧ» и «Авария УПП».

4. При имитации режимов, когда работающие агрегаты достигают полной скорости (вход «50 Гц есть») возможны ситуации, аналогичные рассмотренным в п.3 предыдущего примера, но уже для пары соответствующих насосов. К примеру, если при выборе агрегата М1 как основного, М2 как дополнительного, М1 от ПЧ по какой-либо причине не запускается, и происходит запуск М3 от ПЧ, тогда при выходе М3 на основную скорость (воздействуем на вход «50 Гц есть»), запускается М2 от УПП. Если за лимитируемые 20 с не поступит сигнал от датчика «Давление есть», то активизируется выход «Разрыв трубопровода».

Аналогичны рассмотренным случаям и другие ситуации при назначении любым агрегатам произвольного функционального назначения типа «основной», «дополнительный», «резервный».

Выводы: разработанный тренажер обеспечивает моделирование различных режимов в соответствии с технологическим циклом работы НС. Тренажер допускает оптимизацию, усовершенствование интерфейса работы с пользователем (например, объединение узлов в функциональные подсистемы для большей компактности и наглядности схемы) и может быть полезен в методических целях для обучения инженерного обслуживающего персонала НС.

Список литературы

1. Ильинский Н.Ф. Электропривод в современном мире. Сборник материалов V Международной (XVI Всероссийской) науч. конф. по автоматизированному электроприводу АЭП-2007. 18–21 сентября 2007 г. СПб., 2007. – С. 17–19.
2. Цапин А. Энергосберегающий электропривод. Рынок электротехники, 2006. – №1.
3. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 576 с.
4. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 224 с.: ил.
5. Техническое описание работы насосной станции на 7 л. Смоленская АЭС- 2002. Приложение 1.
6. Параметры настройки VАТ 2000 для станций управления СУ-ЧЭ-ПП-А-200 на 9 л. Смоленская АЭС, 2008.

УДК 621.313.333

**АНАЛИЗ И СИНТЕЗ
МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
ЛИНЕЙНОГО АСИНХРОННОГО ДВУХФАЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Д.В. Лукиянов¹, А.Л. Кислицын²

УлГТУ, г. Ульяновск

E-mail: ¹denirus73@mail.ru, ²alk37@mail.ru

Аннотация. Решение задачи анализа и синтеза САР переменного тока малой мощности определяется принятой математической моделью исполнительного линейного асинхронного двухфазного двигателя (ЛАДД). В основу формирования иерархической системы моделей положены два варианта – стационарный и нестационарный. Широкое распространение при решении задач анализа динамики и расчета устойчивости САР получили линейные стационарные модели ЛАДД.

Ключевые слова: линейный асинхронный двухфазный двигатель, математического описания, решение задач анализа динамики, безинерционными звеньями, эквивалентная схема, математическая модель.

Основные задачи анализа и синтеза САР переменного тока малой мощности определяется функциональным назначением систем регулирования и включают: расчет быстродействия и формирование оптимальных переходных процессов, обеспечение требуемых динамических характеристик системы в широком диапазоне частот управляющего воздействия, анализ динамики «в малом» и получение требуемых запасов устойчивости.

Решение каждой из перечисленных задач определяется принятой математической моделью исполнительного линейного асинхронного двухфазного двигателя (ЛАДД), который в общем случае описывается системой нелинейных неоднородных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами. Решение этого вопроса может быть получено путем построения иерархии моделей, отражающей эволюционное развитие математического описания ЛАДД в процессе синтеза системы управления.

В основу формирования иерархической системы моделей положены два альтернативных варианта представления математического описания ЛАДД – как стационарного и нестационарного элемента САР [1].

Первая группа объединяет линейные стационарные модели различной степени сложности, начиная от моделей, построенных на основе семейства механических или регулировочных характеристик двигателя, и кончая эквивалентной передаточной функцией по огибающей моделированного сигнала.

Наиболее широкое распространение при решении задач анализа динамики и расчета устойчивости САР получили линейные стационарные модели ЛАДД, начиная от представления передаточной функции двигателя апериодическим звеном первого или второго порядка, а также передаточной функцией по огибающей амплитудно-моделированного сигнала. Одним из существенных недостатков таких структур является ограниченный частотный диапазон, в котором линейные стационарные модели адекватно отражают динамические свойства ЛАДД.

Вторую группу составляют модели, отражающие нестационарные свойства ЛАДД как звена переменного тока, полученные путем аналитических преобразований системы уравнений, описывающей электромеханические процессы преобразования энергии в двухфазном линейном асинхронном двигателе.

С целью выявления особенностей, вносимых каждой моделью, расчет устойчивости производился для такой структуры следящей системы, в которой все устройства, кроме ЛАДД, представляются безинерционными звеньями [2].

Построение нестационарной математической модели ЛАДД выполнялось посредством ряда аналитических преобразований исходной системы дифференциальных уравнений, описывающих идеализированную электрическую машину. Как показали исследования, практическое использование разработанной эквивалентной схемы динамического звена усилитель–ЛАДД затруднено существенной сложностью математического аппарата и значительным объемом вычислений.

Для случая, когда спектр частоты входного сигнала не превышает частоты модуляции двигателя, предлагается упрощенный вариант структуры математической модели, в виде соединения демодулятора и апериодического звена первого порядка, который адекватно отражает свойства ЛАДД.

Список литературы

1. Беспалов В.Я., Мощинский Ю.А., Петров А.П. Математическая модель асинхронного двигателя в обобщенной ортогональной системе координат // *Электричество*, 2002. – С. 33–39.
2. Дмитриев В.Н., Кислицын А.Л. Исследование параметров и характеристик встроенных асинхронных двигателей / В.Н. Дмитриев, А.Л. Кислицын. – Ульяновск: УлГТУ, 2012. – 280 с.

УДК 621

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ АВТОНОМНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Д.Х. Маджитов

Научный руководитель – докт. техн. наук, проф. Н.К. Андреев

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Актуальность. Насосная станция предназначена для создания напора и регулирования давления в трубопроводах жилищных зданий. Главная часть насосного агрегата – это электродвигатель. Около 70 % затрат электроэнергии приходится на долю электрических двигателей. Так как цены на ресурсы повышаются с каждым годом, предприятиями жилищно-коммунального хозяйства встала задача энергосбережения. Данная работа является актуальной потому, что в ней разрабатывается энергоэффективная система управления насосной станции жилого здания.

В последние годы в десятки раз увеличивается потребление электроэнергии в жилищном комплексе. В условиях Таджикистана, где большой дефицит электрической энергии, в особенности в зимнее время, вопросы энергосбережения являются весьма актуальными задачами. Современная мировая реальность показывает, что с целью экономии электрической энергии и водопотребление целесообразно переходить от централизованной системы водоснабжения к автономному снабжению с использованием регулируемых электроприводов насосных агрегатов на уровне микрорайона или отдельных зданий.

Цель работы – разработка частотно-регулируемого асинхронного электропривода на базе к.з. асинхронного двигателя, с системой управления, обеспечивающего оптимальные с точки зрения энергосбережения и необходимого минимального уровня водопотребления.

В работе объектом исследования является насосная станция водоканала г. Душанбе. Здесь представляются методы управления насосной станцией, а также методы регулирования режимов работы насосной станции. Помимо этого, разрабатывается модель объекта, которая подробно описана во второй главе, осуществляется выбор частотного преобразователя и системы визуализации параметров объекта. На основе литературного анализа разработан алгоритм управления насосной станцией в виде блок-схемы. К оригинальности работы можно отнести разработанную модель системы регулирования, проведенные исследования модели в Matlab и статистические данные по функционированию системы.

УДК 621.313

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ

А.С. Малацион¹, Н.В. Малацион²

¹ООО «Стэк Мастер», г. Казань

²ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹malatsion@stekmaster.ru, ²nadia-4vp@yandex.ru

Аннотация. В работе освещены вопросы применения технологии удаленного управления «Cloud-control» преобразователями частоты (ПЧ) фирмы Danfoss. Внедрение данной технологии позволяет не только управлять ПЧ посредством GSM модема через Web-сайт, но и косвенно получать информацию об объекте управления.

Ключевые слова: Danfoss, cloud-control, преобразователь частоты.

Как бы это не звучало банально, но силовая часть практически всех преобразователей частоты устроена одинаково: «выпрямитель – звено постоянного тока – инвертор». В связи с этим крупные производители приводной полупроводниковой техники в борьбе за клиента работают над системой управления, дружественным пользовательским интерфейсом и функциональным дизайном ПЧ.

Не обошла эта тенденция и компанию Danfoss. В 2016 году на рынок была выпущена система «cloud-control». Суть системы: к ПЧ по интерфейсу RS-485 (протокол Modbus RTU) подключается GSM-модем, который передает данные на облачный сервис компании Danfoss (рис. 1). Конечный пользователь имеет свой личный кабинет, через который может удаленно производить мониторинг, параметрирование и диагностику ПЧ.

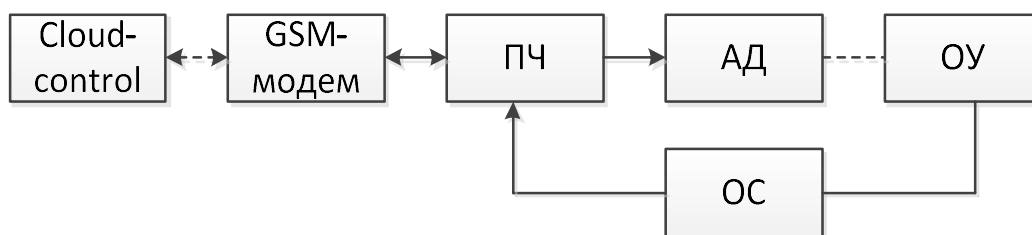


Рис. 1 структурная схема системы дистанционного управления преобразователем частоты: АД – асинхронный двигатель; ОУ – объект управления; ОС – обратная связь

В режиме администрирования пользователь имеет доступ ко всем параметрам преобразователя частоты, том числе к состоянию дискретных и аналоговых входов и выходов, напряжению и току двигателя, напряжению звена постоянного тока, температуре радиатора и плат ПЧ и многие другие. По этим параметрам можно не только оценить работу системы ПЧ-АД, но и объекта управления в целом.

На одном из предприятий ПЧ серии FC-51 установлен на вытяжной вентиляции. При этом предприятие отапливается при помощи пеллетного котла. Пеллеты засыпались вручную силами персонала предприятия. Наблюдалось снижение температуры в помещениях при сгорании топлива (рис. 2). На первом этапе недалеко от ПЧ был установлен и подключен к нему датчик температуры. С помощью системы Cloud control данные о температуре были обработаны и определено оптимальное время для досыпки пеллетов. На втором этапе с помощью встроенного в ПЧ логического контроллера была написана программа для подачи сигнала на открытия шнека. Шнек отрывается при снижении температуры относительно уставки на 1°C. Таким образом, без использования дополнительного оборудования удалось оптимизировать работу пеллетного котла.

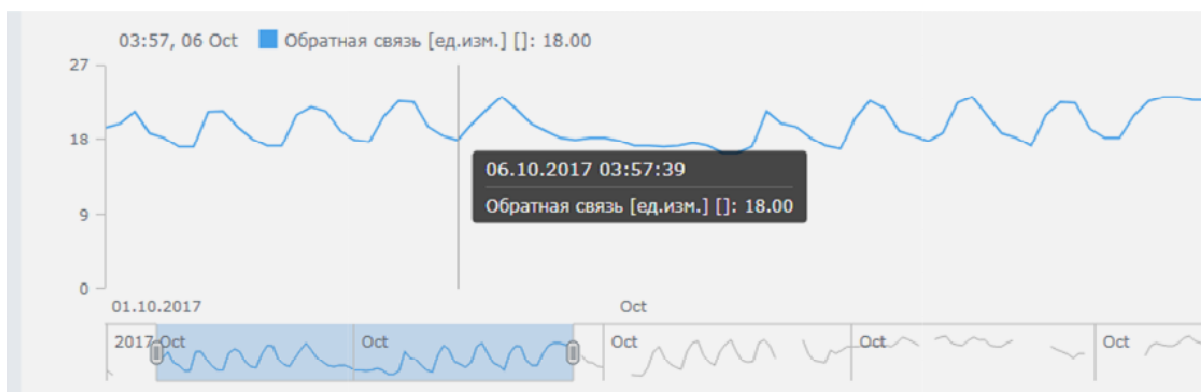


Рис. 2. Представления данные с датчика температуры в системе Cloud-control (4-20 мА), подключенного к преобразователю частоты

Конечно, у системы есть свои противники и сторонники. Опасность взлома и несанкционированного доступа к системе управления делает невозможность её применения на крупных промышленных предприятиях. Однако на децентрализованных объектах управления, таких как артезианские скважины, канализационно-насосные станции, системы вентиляции описываемая система управления достаточно хорошо себя зарекомендовала.

Отдельно стоит отметить возможность проведения удаленных пусконаладочных работ. В случае необходимости ввода нового преобразователя частоты в работу заказчик подключает GSM-модем к преобразователю частоты, а квалифицированный персонал удаленно производит настройку оборудования. При этом снижается время и затраты на пусконаладочные работы, уменьшается простой оборудования.

УДК 62.83 : 621.873

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ КОЗЛОВОГО КРАНА ПРИ НЕРАВНОМЕРНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ

Н.А. Малёв¹, А.С. Власов²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹maleev@mail.ru, ²vlasov.anton.94@mail.ru

Аннотация. В работе приведено описание кинематической схемы двухдвигательного электропривода механизма передвижения козлового крана, показаны его характерные особенности. Предложена система управления электроприводом с применением преобразователей частоты, проведено моделирование полученной структуры.

Ключевые слова: двухдвигательный электропривод, согласованное передвижение, структурная схема, динамические характеристики.

Механизмы передвижения козловых кранов общего назначения в основном выполняют многодвигательными, с отдельным управлением каждым электроприводом. При этом, несмотря на отдельность в управлении электроприводами, между ними существуют связь, осуществляемая с помощью внешней системы согласования. В результате обеспечивается одна функция – передвижения крана по рельсам.

Конструктивно механизмы передвижения выполняют в виде скрепляемых с основанием стоек опор одноколесных или балансирных тележек и, реже, ходовых балок, на которые попарно опираются две стойки. На рис. 1 имеются два согласованно работающих механизма передвижения козлового крана.

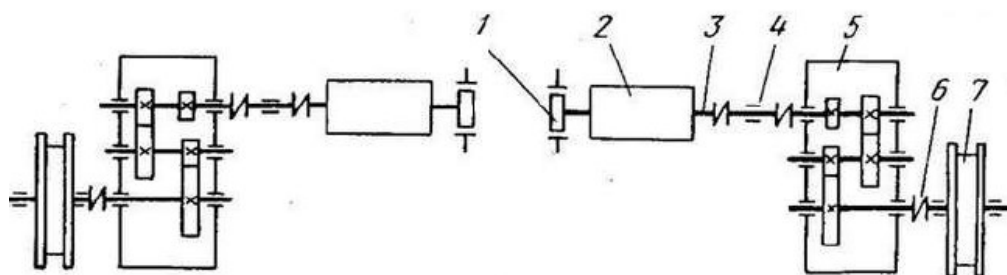


Рис. 1. Кинематическая схема двухдвигательного асинхронного электропривода механизмов передвижения крана

Каждый механизм состоит из электродвигателя 2, редуктора 5, вала 3, вращающегося в подшипниках 4, приводных колес 7, муфты 6 и тормоза 1.

Электроприводы механизмов передвижения отличаются наличием реактивного момента нагрузки, независящего от направления движения. В идеале электропривод механизма передвижения должен обеспечивать жесткие механические характеристики в двигательном и тормозном режимах.

Механизмы передвижения имеют большой приведенный момент инерции, поэтому, во избежание повышенных динамических нагрузок на металлоконструкции и механизмы крана, электропривод должен ограничивать ускорения при пуске и торможении. В связи с большим моментом инерции электродвигатели таких механизмов выбираются с учетом повышенных пусковых потерь, из-за этого статический момент на валу электродвигателей в установившемся режиме обычно не превышает 50 % номинального момента. Масса перемещаемого груза, как правило, оказывает небольшое влияние на статический момент электропривода механизма передвижения, т.к. масса металлоконструкции крана больше массы груза.

Металлоконструкция козлового крана общего назначения представляет собой плоскую прямоугольную раму, состоящую из пролетных и концевых балок, причем последние выходят за пределы прямоугольника, образуя консоли, опирающиеся на ходовые колеса. В общем случае, согласно рис. 2, механизм передвижения козлового крана включает в себя два одинаковых привода, основными элементами которых являются электродвигатель 1, редуктор 2 промежуточный вал 3, муфты 4, тормоз 5, ведущее 6 и ведомое 7 колеса, движущихся по рельсам, установленным на колоннах пролета цеха. Между ребордами ходовых колес козлового крана и подкрановыми рельсами имеются обязательные проектные зазоры, порядка $A = 15 \dots 40$ мм. Вследствие этого, полезное движение крана по направлению подкрановых путей сопровождается двумя дополнительными движениями: поперечным смещением моста поперек рельсов и вращением вокруг вертикальной оси, проходящей через центр тяжести крана. В первую очередь поперечные смещения вызваны несимметричным распределением сил, действующих на кран в горизонтальной плоскости, что приводит к несинхронному движению его опор и появлению упругих сил деформации (сил перекоса) в металлоконструкции крана, которая стремится компенсировать разницу в скоростях движения опор. Упругие силы деформации нагружают козловой кран одновременно с нагрузками от собственного веса и веса груза, как в процессе движения, так и после остановки.

Величина и характер изменения упругих сил деформации в металлоконструкции крана определяются рядом причин, основными из которых являются:

- различные характеристики приводных двигателей передвижения крана;
- смещение тележки с грузом от середины пролета козлового крана, причем на величину и характер силы перекоса влияет также длина и характер подвеса груза (гибкий или жесткий) и начальное состояние груза (амплитуда и плоскость колебаний), что приводит к различному сопротивлению движения опор крана;

- разница в диаметрах ведущих колес крана, которая в процесс эксплуатации крана достигает величины порядка 0,5 ... 1,5 мм;
- установка колес крана с углом перекоса относительно рельсового пути;
- нарушение сцепления ведущих колес с рельсами;
- зазоры в элементах трансмиссии;
- ветровая нагрузка и т.д.

Произведём исследование динамических процессов в двухдвигательном электроприводе механизма передвижения козлового крана, выполненном по системе ПЧ-АД в соответствии со схемой, показанной на рис. 3.

Соответствующая модель с числовыми значениями параметров электропривода, реализованная в среде MatLab Simulink, представлена на рис. 4. Результаты моделирования представлены на рис. 5, 6.

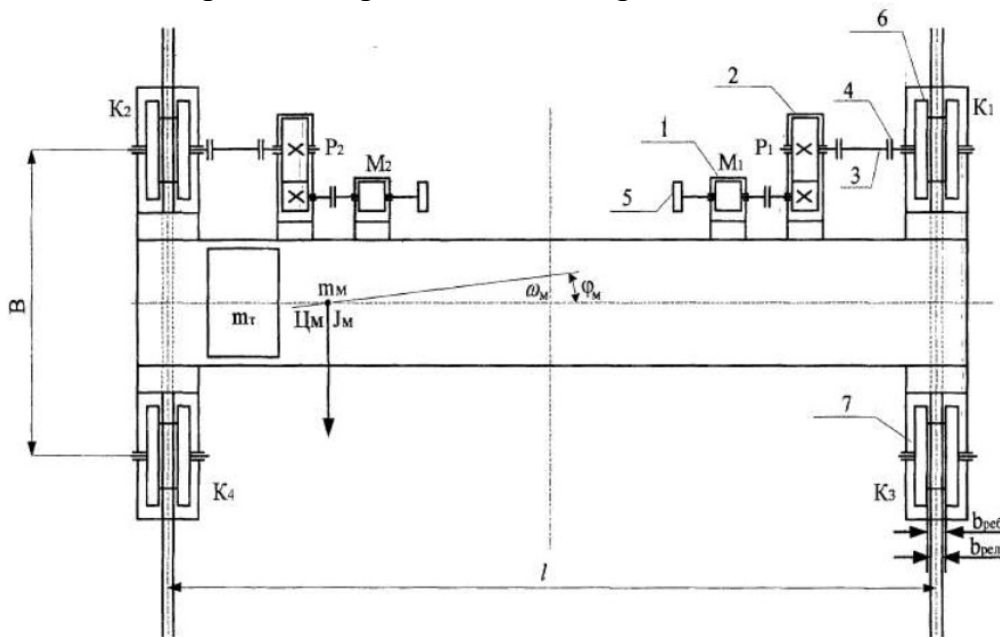


Рис. 2. Кинематическая схема моста с механизмом передвижения козлового крана

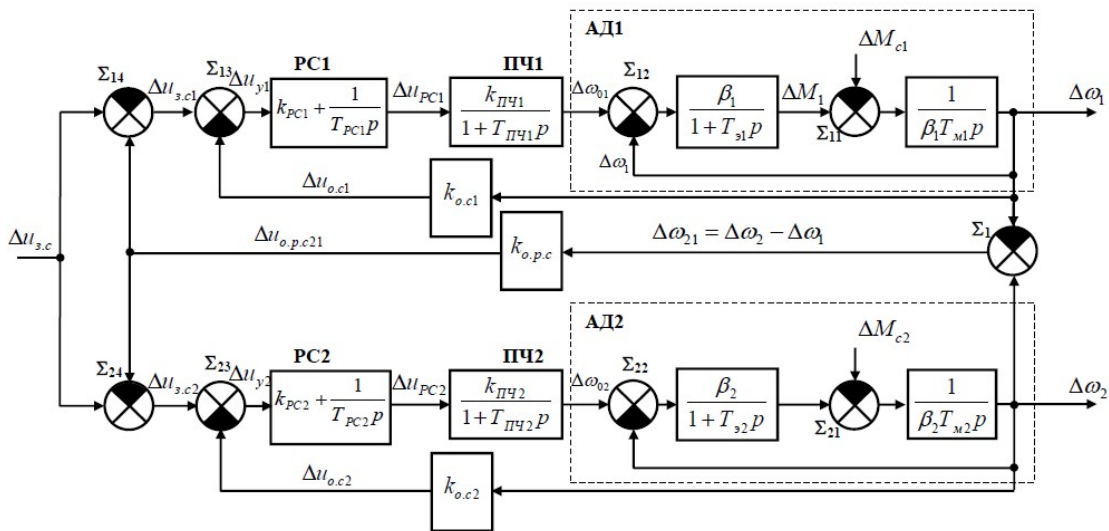


Рис. 3. Структурная схема динамической модели двухдвигательного асинхронного электропривода с преобразователем частоты

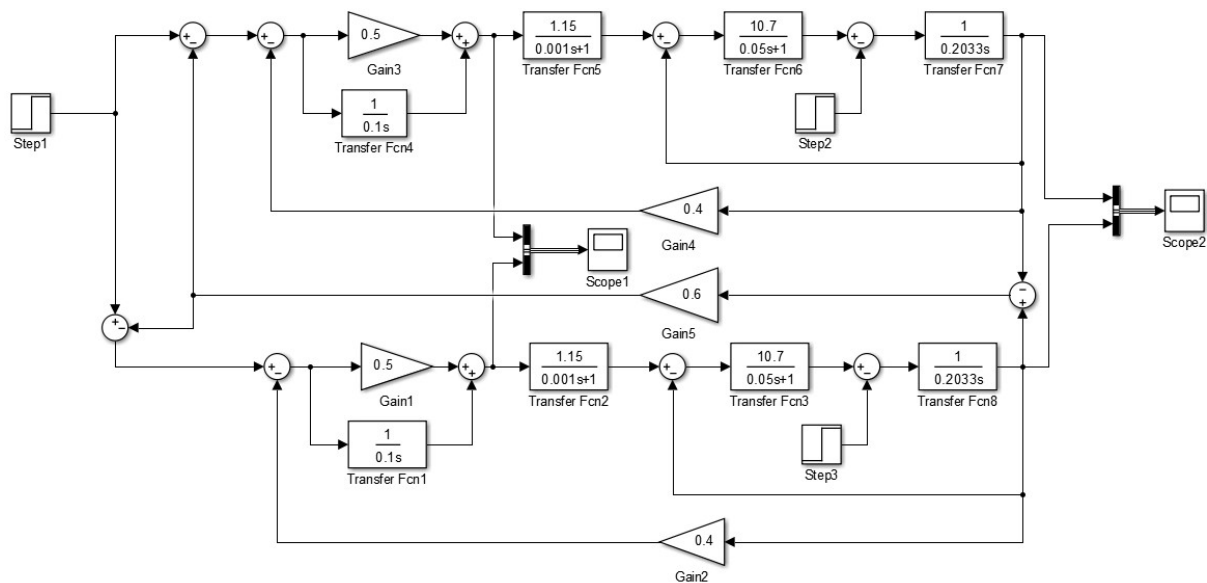


Рис. 4. Структурная схема динамической модели двухдвигательного асинхронного электропривода с преобразователем частоты в среде MatLab Simulink

Как видно из полученных переходных процессов, при различных значениях статических нагрузок на валу электродвигателей система двухдвигательного асинхронного электропривода с преобразователями частоты сохраняет свое согласованное вращение электродвигателей с одинаковыми угловыми скоростями (рис. 5).

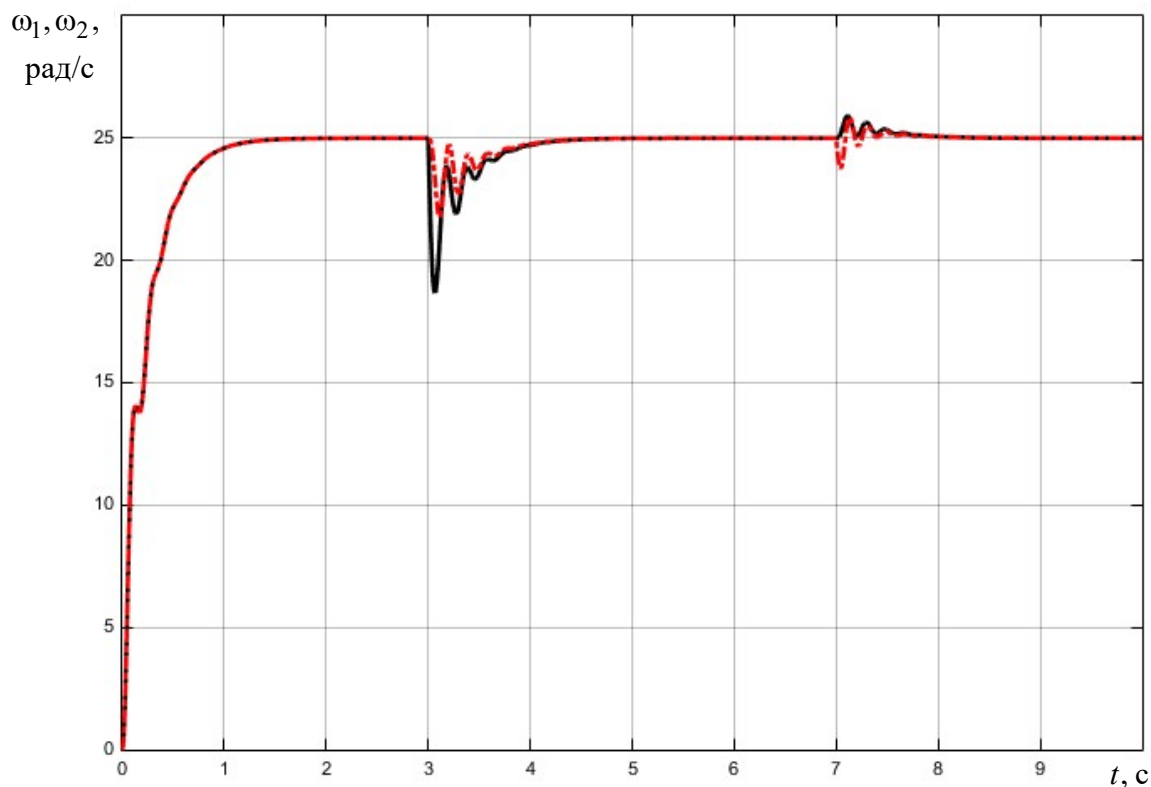


Рис. 5. Зависимости скоростей вращения двигателей от времени согласованного двухдвигательного электропривода крана

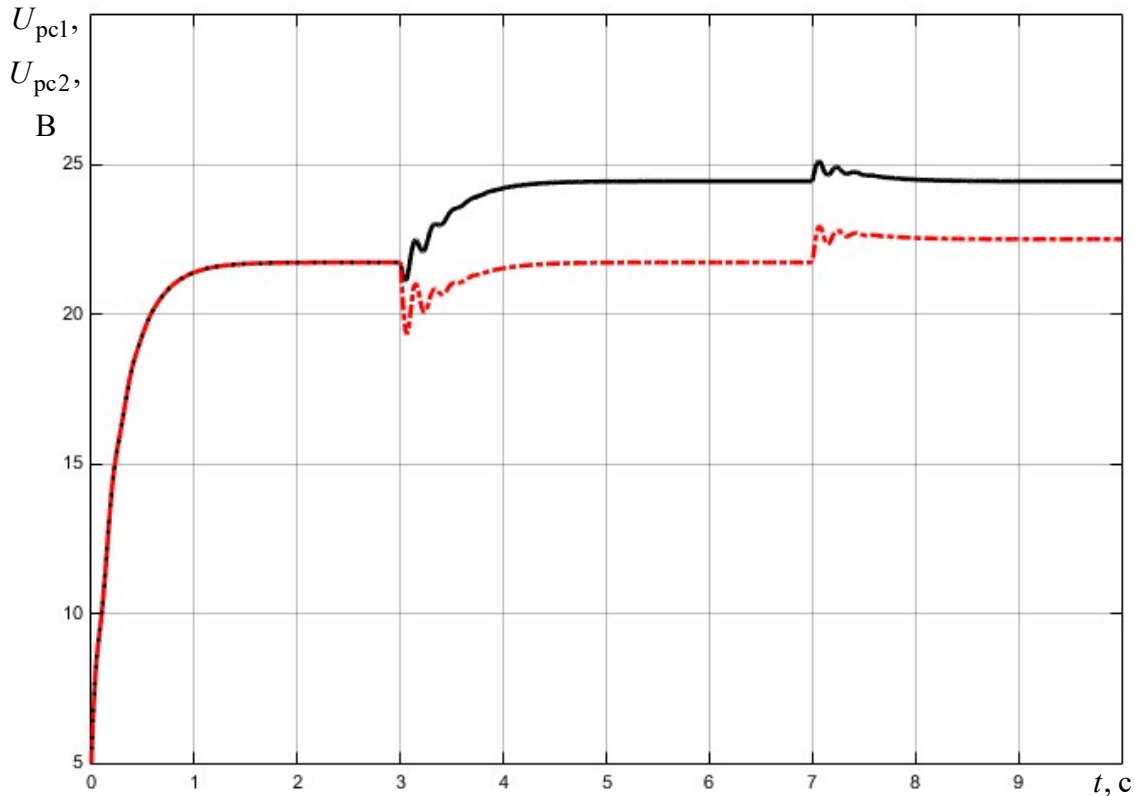


Рис. 6. Зависимости сигналов с выходов регуляторов скорости от времени согласованного двухдвигательного электропривода крана

При пуске электродвигателей без нагрузок на валах электродвигателей, в соответствии с рис. 6, сигналы с выходов регуляторов скорости РС1 и РС2 равны ($U_{pc1} = U_{pc2}$), соответственно скорости двигателей также будут равными ($\omega_1 = \omega_2$). Этому режиму соответствует участок временных зависимостей $t_1 = 0 \dots 3$ с.

При набросе статической нагрузки на вал первого двигателя со значением $M_{c1} = 0,7M_{ном} = 0,7 \cdot 47,7 \text{ Н}\cdot\text{м} = 33,39 \text{ Н}\cdot\text{м}$ в момент времени $t = 3$ с (при этом $M_{c2} = 0$), скорости первого и второго двигателей выравниваются за счет подачи повышенного сигнала с выхода регулятора скорости РС1 (см. рис. 6, сплошная линия), соответственно и с выхода преобразователя частоты ПЧ1 на АД1, тем самым обеспечивая согласованное вращение электродвигателей двухдвигательного электропривода (участок $t_3 = 3 \dots 7$ с).

В момент времени $t = 7$ с происходит наброс нагрузки на валу второго двигателя $M_{c1} = 0,2M_{ном} = 0,2 \cdot 47,7 \text{ Н}\cdot\text{м} = 9,54 \text{ Н}\cdot\text{м}$ (при этом значение $M_{c1} = 0,7M_{ном}$ не изменяется). Как следует из графиков на рис. 6, сигнал с РС2 повышается (штрих-пунктирная линия), тем самым обеспечивается согласованное вращение электродвигателей, а сигналы с РС1 и, соответственно, с ПЧ1 остаются неизменными.

Результаты компьютерного эксперимента показывают, что полученная система двухдвигательного асинхронного электропривода с преобразователями частоты при различных статических нагрузках поддерживает согласованное вращение электродвигателей механизма передвижения козлового крана.

Список литературы

1. Герасимьяк Р.П., Параил В.А. Электроприводы крановых механизмов. – М: Энергия, 1970.

УДК 681.514

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕХАНИЗМА ПОДЪЁМА КРАНА

Н.А. Малёв¹, Е.Е. Кандыркин²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹maleev@mail.ru, ²kandyrkine@mail.ru

Аннотация. Анализ функционирования электромеханической системы с учетом упругих связей является важной задачей, поскольку последние бесполезно увеличивают нагрузку на механические передачи и рабочее оборудование и ускоряют их износ, увеличивая число степеней свободы системы и возбуждая резонансные колебания.

Ключевые слова: двухмассовая электромеханическая система, упругие связи, колебания, резонанс.

При работе подъемной установки в упругих элементах (канатах) возникают различные виды колебаний, как продольных, так и поперечных, крутильных. Данные колебания в значительной степени влияют на износ канатов в подъемной установке. Возникает задача анализа динамических процессов в электромеханической системе, который целесообразно вести, сделав следующие допущения:

1. Массивные тела считаются абсолютно жёсткими, вся их масса сосредоточена в центрах тяжести тел.
2. Силы, действующие в системе, приложены к сосредоточенным массам.
3. Деформация упругих звеньев линейна.

Введение данных допущений позволяет упростить систему, при этом характер основных динамических процессов в упрощенной системе совпадает с характером процессов в реальной системе. Структурная схема упрощенной двухмассовой электромеханической системы представлена на рис. 1.

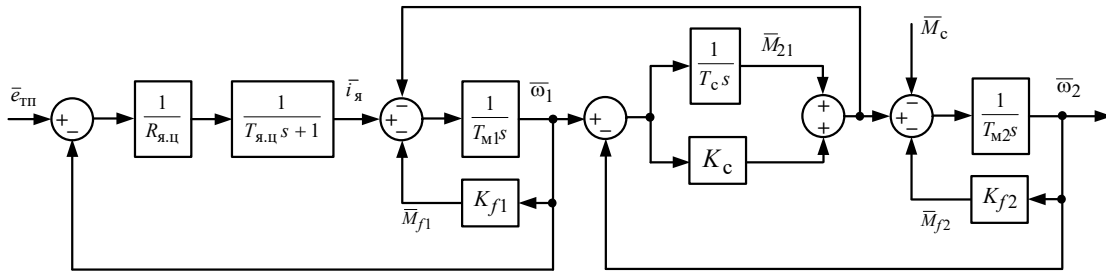


Рис. 1. Структурная схема двухмассовой электромеханической системы механизма подъёма крана

В приведенной на рис. 1 схеме приняты следующие обозначения: $e_{\text{ТП}}$ – среднее значение ЭДС тиристорного преобразователя; ω_1, ω_2 – скорости двигателя и исполнительного органа; $i_{\text{я}}$ – ток якоря; $T_{\text{я.ц}}, R_{\text{я.ц}}$ – постоянная времени и активное сопротивление якорной цепи; $T_{\text{M1}} = J_1 \omega_{\text{б}} / M_{\text{б}}$, $T_{\text{M2}} = J_2' \omega_{\text{б}}' / M_{\text{б}}'$ – механические постоянные времени первой и второй масс; $T_{\text{с}} = M_{\text{б}} / c \omega_{\text{б}}$ – постоянная времени жесткости упругого звена; $K_{\text{с}} = b \omega_{\text{б}} / M_{\text{б}}$ – коэффициент внутреннего трения; $K_{f1} = a_1 \omega_{\text{б}} / M_{\text{б}}$, $K_{f2} = a_2' \omega_{\text{б}}' / M_{\text{б}}'$ – коэффициенты вязкого трения на массах; M_{21} – упругий момент; M_{f1}, M_{f2} – моменты трения на двигателе и на исполнительном органе; $M_{\text{с}}$ – момент сопротивления нагрузки; c – коэффициент жесткости; a_1, a_2 – коэффициенты вязкого трения; b – коэффициент внутреннего трения в упругой передаче.

Применительно к крановому механизму подъёма с двигателем постоянного тока типа 2ПФ160МУХЛ4 реализуем схему, показанную на рис. 1, в среде MatLab Simulink. Соответствующая схема с числовыми значениями параметров электромеханической системы представлена на рис. 2.

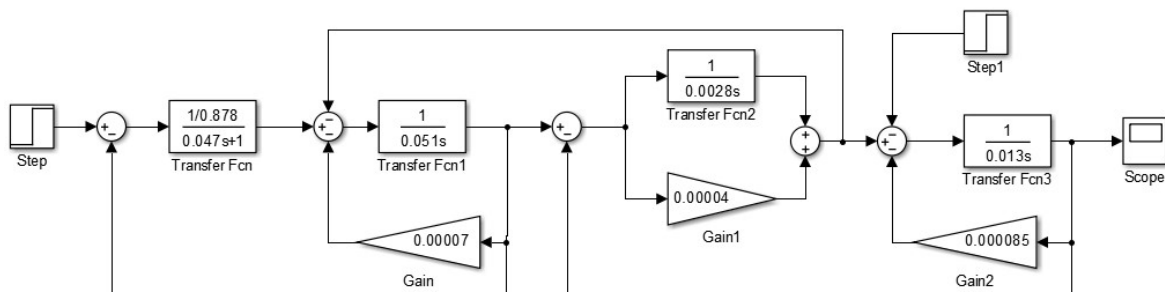
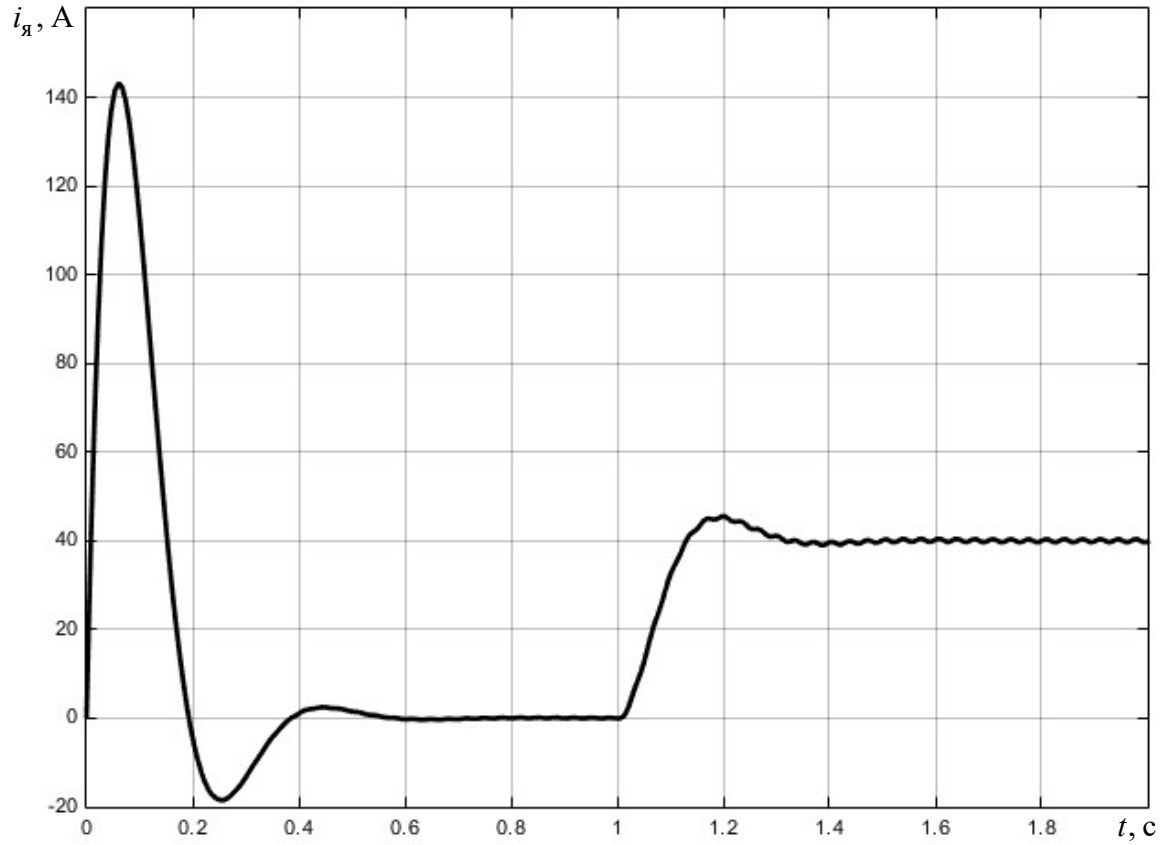
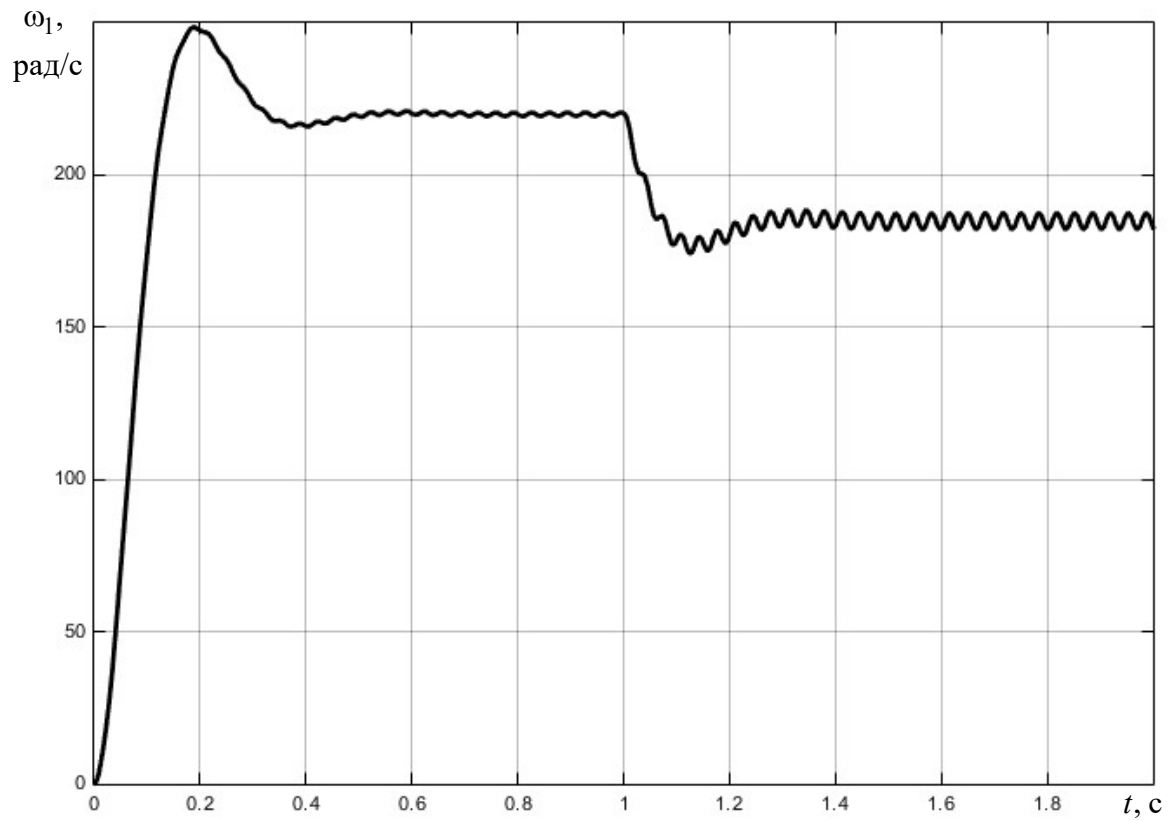


Рис. 2. Структурная схема моделирования двухмассовой электромеханической системы механизма подъёма крана в среде MatLab Simulink

Результаты моделирования двухмассовой электромеханической системы механизма подъёма крана представлены на рис. 3 – 7.

Рис. 3. Зависимость тока якоря i_a от времени t Рис. 4. Зависимость скорости двигателя ω_1 от времени

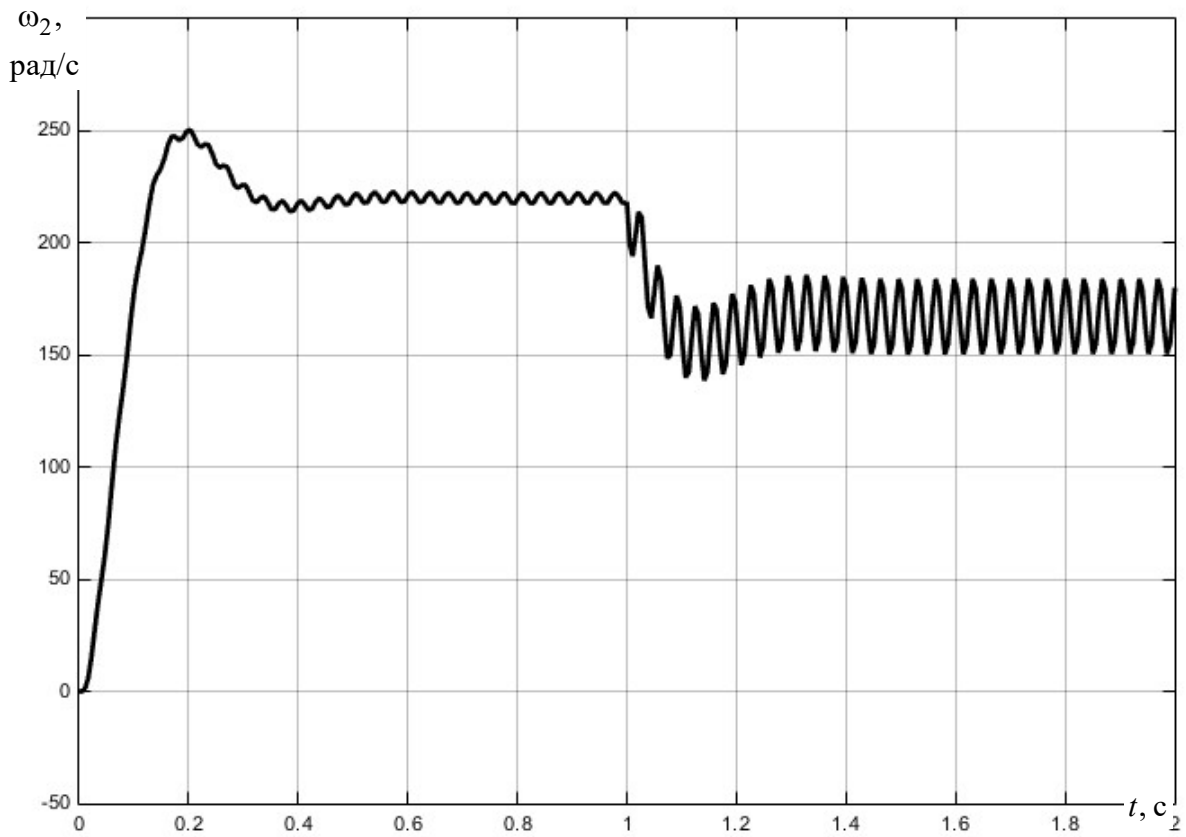


Рис. 5. Зависимость скорости исполнительного органа ω_2 от времени

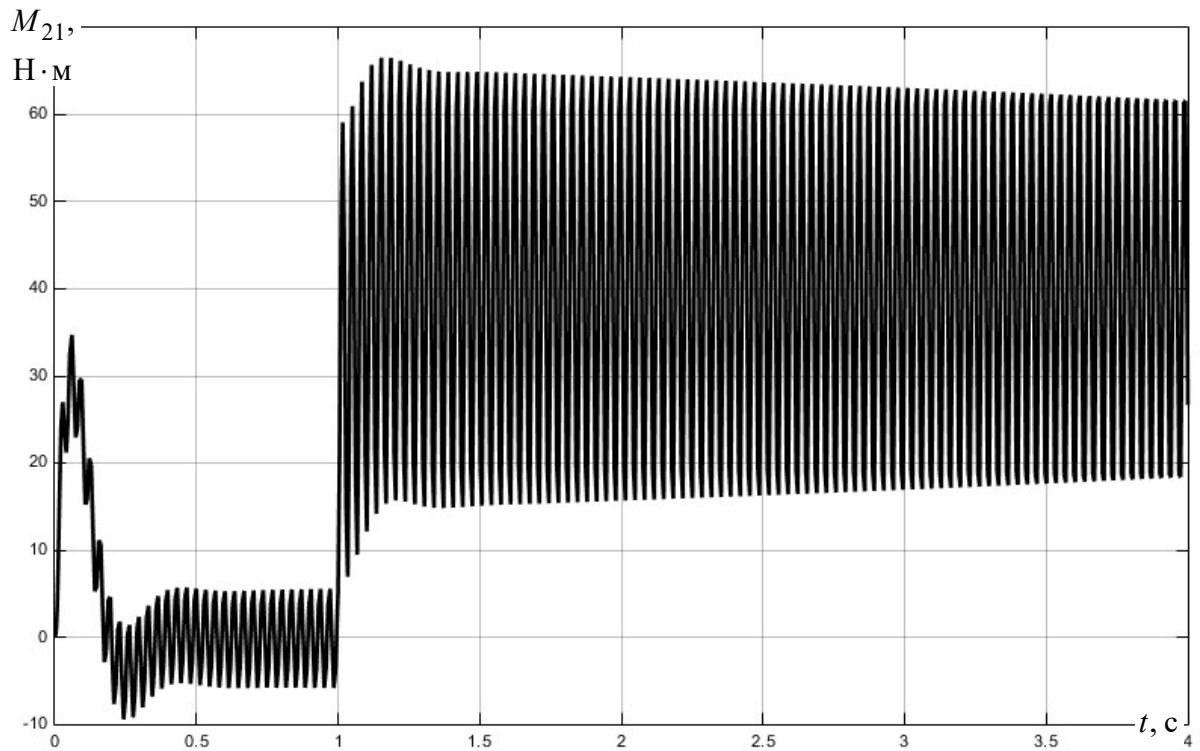


Рис. 6. Зависимость упругого момента M_{21} от времени

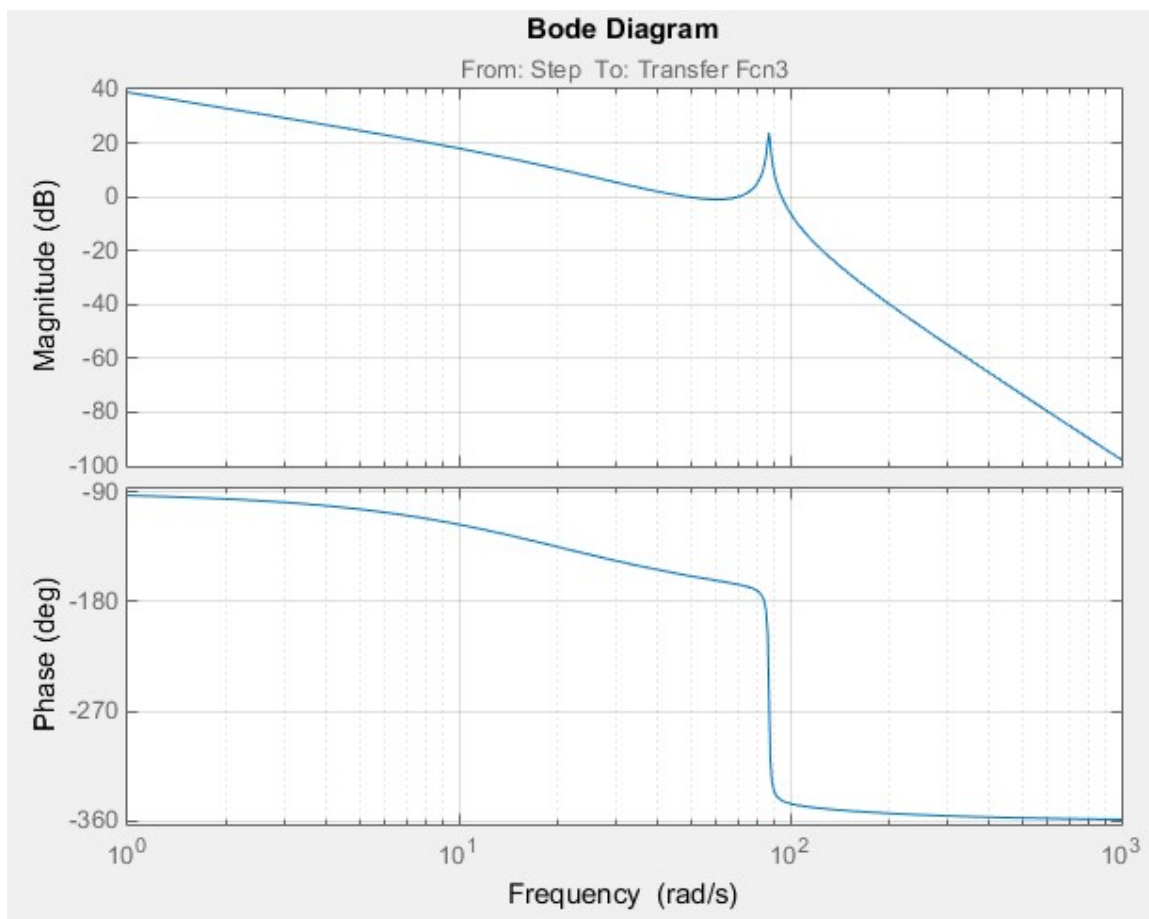


Рис. 7. Логарифмические частотные характеристики

На рис. 3 показана зависимость тока якоря от времени. График характеризуется броском тока при пуске, в 3,5 раза превышающим номинальное значение $i_{\text{я.ном}} = 41$ А. При набросе нагрузки через 1 с после пуска ток якоря колеблется около номинального значения с амплитудой колебаний порядка 0,8 А.

График на рис. 4 иллюстрирует зависимость скорости двигателя ω_1 от времени. Переходный процесс протекает с перерегулированием 13 % и небольшими колебаниями скорости вращения, которые возрастают при подключении нагрузки и составляют примерно 6 рад/с.

Характер переходного процесса по скорости ω_2 исполнительного органа (см. рис. 5) в целом совпадает с зависимостью $\omega_1(t)$, однако сопровождается значительно большими колебаниями, которые после приложения нагрузки достигают 20 рад/с, что негативно сказывается на работе исследуемой системы.

Наконец, на рис. 6 показана зависимость упругого момента M_{21} от времени, откуда следует, что данная фазовая координата характеризуется колебаниями с амплитудой около 40 Н·м, что соизмеримо с номинальным моментом двигателя $M_{21} = 47,7$ Н·м.

Из приведенных выше зависимостей очевидно, что переходные процессы в исследуемой электромеханической системе сопровождаются резонансными явлениями, что подтверждается графиками логарифмических частотных характеристик, представленных на рис. 7.

Таким образом, упругие колебания не демпфируются системой, а затухают только под действием сил трения. В результате возникает задача формирования структуры, замкнутой по вектору состояния механизма, включающего в себя упругий момент M_{21} и скорость вращения исполнительного механизма ω_2 , которая может быть успешно решена при соответствующем упрощении математического описания исследуемого электропривода.

Список литературы

1. Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 288 с.

УДК 681.511

СИНТЕЗ ФИЛЬТРОВ В БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ПРЕЦИЗИОННЫХ СИСТЕМАХ

Н.А. Малёв¹, О.В. Погодицкий²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹maleev@mail.ru, ²iskra_18@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются аналитический и графоаналитический способы синтеза фильтров, обеспечивающие требуемую точность при отработке типовых задающих воздействий. Показаны способы обеспечения устойчивости и снижения колебательности переходных процессов без увеличения погрешности измерения.

Ключевые слова: синтез, аналоговый фильтр, точность, колебательность.

Для повышения точности измерений в приборостроении применяются автоматизированные системы с исполнительными микромашинами, построенные по компенсационной схеме. Обеспечение точности измерений осуществляется аналоговыми и цифровыми фильтрами различной конфигурации.

В статье показаны два подхода к синтезу фильтров, обеспечивающих требуемую точность.

Первый подход является графоаналитическим и основан на приближённом определении структуры и параметров аналогового фильтра с применением ЛАЧХ.

Второй подход является аналитическим и дает точную структуру фильтра, поскольку результатом синтеза является частное от деления желаемой модели системы и неизменяемой части.

Для иллюстрации перечисленных способов синтеза фильтров рассмотрим двухконтурную измерительную систему, неизменяемая часть которой представляет собой произведение передаточных функций

$$W_H(s) = \Phi_{ВН}^{ОМ}(s) \frac{\beta}{is},$$

где $\Phi_{ВН}^{ОМ}(s) = \frac{1/K_{дс}(T_{дс}s + 1)}{T_{\Sigma}^2 s^2 + 2dT_{\Sigma}s + 1} = \frac{26,316(0,003s + 1)}{0,0066^2 s^2 + 2 \cdot 0,707 \cdot 0,0066s + 1}$ – передаточная функция замкнутого внутреннего контура, настроенного на оптимум по модулю; $K_{дс} = 0,038$ В·с/рад – коэффициент передачи датчика скорости; $T_{дс} = 0,003$ с – постоянная времени датчика скорости; $T_{\Sigma} = 0,0066$ с – суммарная малая постоянная времени внутреннего контура; $d \approx 0,707$ – относительный коэффициент затухания; $\beta = 6,37 \cdot 10^{-3}$ В/°С – коэффициент передачи измерительного моста с термопарой; $i = 3,187$ – передаточное отношение редуктора.

Передаточная функция желаемой системы рассчитывается на основании требований к динамической точности с показателем колебательности $M = 1,1$; установившейся ошибкой по скорости $\Delta\alpha_{\Omega} = 15$ угл. мин; установившейся ошибкой по ускорению $\Delta\alpha_{\varepsilon} = 25$ угл. мин; максимальным значением угловой скорости $\omega_{max} = 99,208$ рад/с; максимальным значением углового ускорения $\varepsilon_{max} = 6233$ рад/с².

Желаемая передаточная функция, соответствующая исходным данным, представляется в виде

$$W_{ж}(s) = \frac{K_{\Omega}(T_{2ж}s + 1)}{s(T_{1ж}s + 1)(T_{3ж}s + 1)} = \frac{31990(0,00302s + 1)}{s(0,013s + 1)(0,000144s + 1)}.$$

На основании соотношения $W_{ж}(s)/W_H(s)$ с применением MatLab получена ЛАЧХ аналогового фильтра измерительного контура (ФИК), показанная на рис. 1.

Графоаналитический способ синтеза предполагает аппроксимацию полученной характеристики асимптотами с последующим определением упрощенной структуры фильтра относительно невысокого порядка.

Анализ полученного в результате аппроксимации графика показывает отсутствие среднечастотного участка ЛАЧХ. При таком виде ЛАЧХ передаточная функция аналогового фильтра соответствует выражению

$$W_{фик1}(s) = \frac{K_{фик}(T_2s + 1)^2}{(T_1s + 1)(T_3s + 1)}.$$

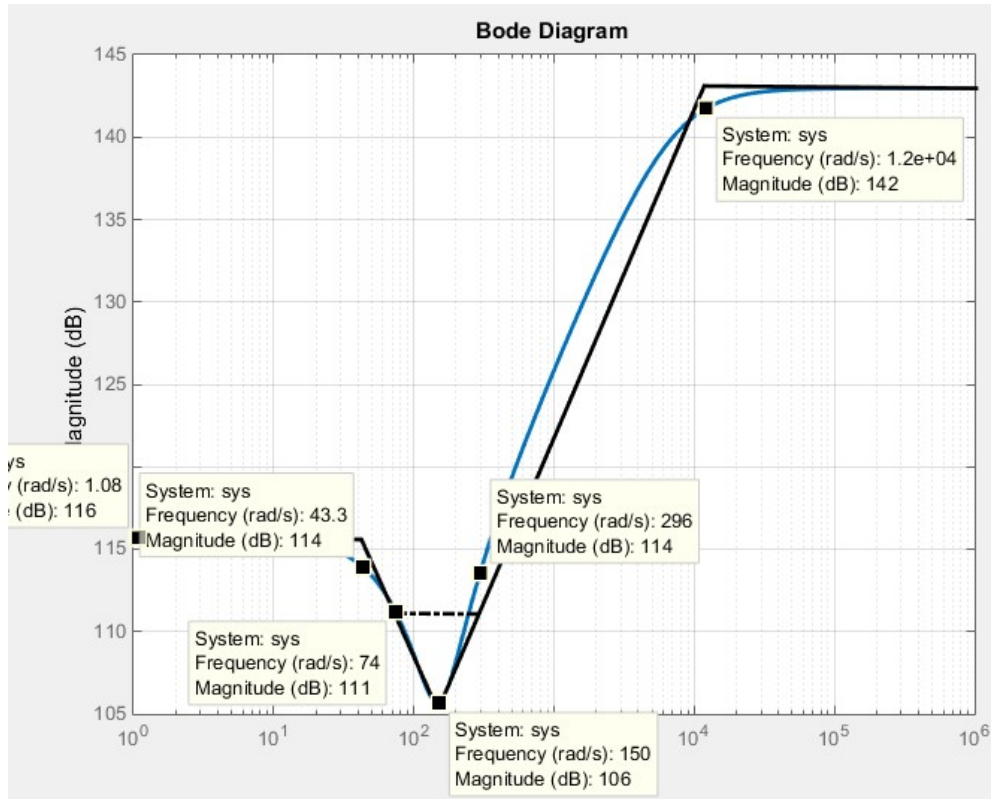


Рис. 1. ЛАЧХ фильтра измерительного контура

Другой вариант аппроксимации, показанный на рис. 1 штрихпунктирной линией описывается передаточной функцией

$$W_{\text{фик2}}(s) = \frac{K_{\text{фик}}(T'_2s + 1)(T'_3s + 1)}{(T_1s + 1)(T_4s + 1)}.$$

Находим коэффициент передачи $K_{\text{фик}}$. Из графика на рис. 1 имеем $20\lg(K_{\text{рп}}) = 116$ дБ, откуда $K_{\text{рп}} = 630957,44$. Частоты сопряжения $\omega_1 = 43,3$ с^{-1} ; $\omega_2 = 150$ с^{-1} ; $\omega'_2 = 74$ с^{-1} ; $\omega'_3 = 296$ с^{-1} ; $\omega_3 = \omega_4 = 12000$ с^{-1} и постоянные времени

$$T_1 = \frac{1}{\omega_1} = \frac{1}{43,3} = 0,023 \text{ с};$$

$$T_2 = \frac{1}{\omega_2} = \frac{1}{150} = 0,0066 \text{ с};$$

$$T'_2 = \frac{1}{\omega'_2} = \frac{1}{74} = 0,0135 \text{ с}; \quad T'_3 = \frac{1}{\omega'_3} = \frac{1}{296} = 0,0034 \text{ с};$$

$$T_3 = T_4 = \frac{1}{\omega_3} = \frac{1}{12000} = 0,000083 \text{ с}.$$

С учётом полученных значений передаточные функции фильтров измерительного контура, полученные графоаналитическим способом, запишем в виде

$$W_{\text{фик1}}(s) = \frac{K_{\text{фик}}(T_2s + 1)^2}{(T_1s + 1)(T_3s + 1)} = \frac{630957,44(0,0066s + 1)^2}{(0,023s + 1)(0,000083s + 1)};$$

$$W_{\text{фик2}}(s) = \frac{K_{\text{фик}}(T'_2s + 1)(T'_3s + 1)}{(T_1s + 1)(T_4s + 1)} = \frac{630957,44(0,0135s + 1)(0,0034s + 1)}{(0,023s + 1)(0,000083s + 1)}.$$

Результаты моделирования, представленные на рис. 2, показывают, что при полученных графоаналитическим способом структурах ФИК переходные процессы в измерительной системе являются неустойчивыми, причем фильтр $W_{\text{фик2}}(s)$, менее точно описывающий исходную ЛАЧХ фильтра, характеризует расположение корней характеристического уравнения измерительной системы ближе к границе устойчивости по сравнению с фильтром $W_{\text{фик1}}(s)$, что иллюстрируется графиком, показанным на рис. 2 штриховой линией. В силу отмеченного недостатка фильтр с передаточной функцией $W_{\text{фик2}}(s)$ исключаем из рассмотрения.

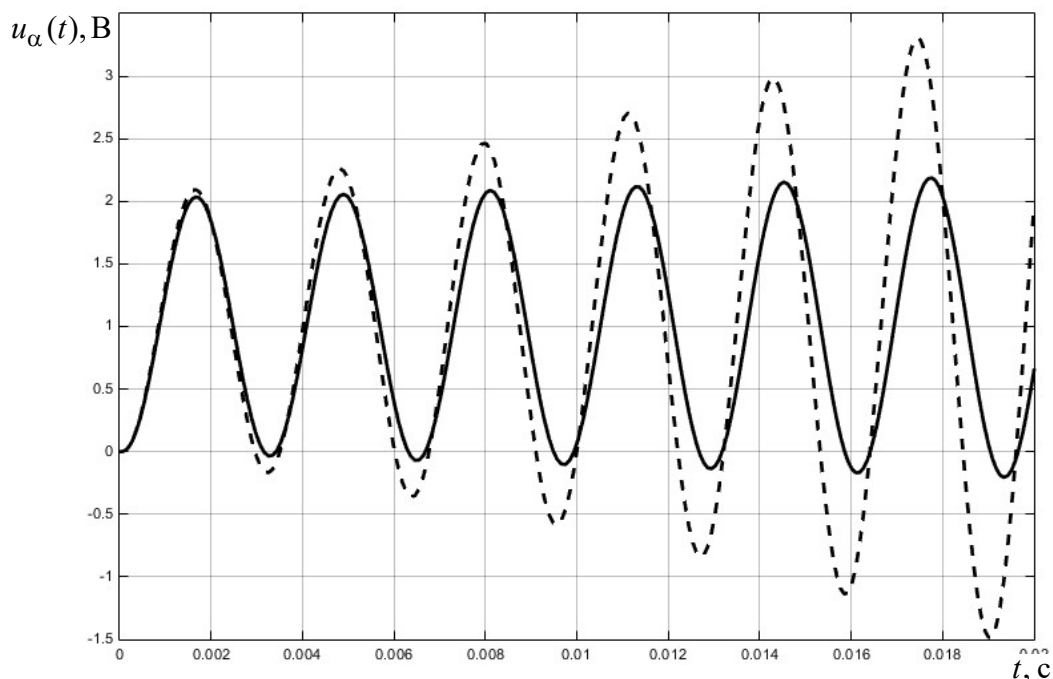


Рис. 2. Переходные характеристики измерительной системы

В случае неудовлетворительных результатов моделирования строятся ЛЧХ системы [1], и определяется частота среза ω_c . Затем передаточную функцию фильтра домножают на выражение:

$$W_{\text{дк}}(s) = \frac{T_{\text{дк}}s + 1}{\tau s + 1},$$

где $W_{\text{дк}}(s)$ – передаточная функция дифференцирующего контура первого порядка, $T_{\text{дк}} = \frac{1}{\omega_{\text{жс}}}$; $\tau \ll T_{\text{дк}}$ – постоянные времени дифференцирующего контура.

Передаточная функция регулятора положения с учетом дифференцирующего контура

$$W'_{\text{фик1}}(s) = \frac{K_{\text{фик}}(T_2s+1)^2}{(T_1s+1)(T_3s+1)} \frac{T_{\text{дк}}s+1}{\tau s+1} = \frac{630957,44(0,0066s+1)^2}{(0,023s+1)(0,000083s+1)} \frac{0,00051s+1}{0,000001s+1}.$$

Аналитический способ синтеза предполагает использование частного от деления $W_{\text{ж}}(s)/W_{\text{н}}(s)$. При этом порядок фильтра возрастает, а использование дифференцирующего контура также увеличивает его, как показано ниже:

$$W''_{\text{фик}}(s) = \frac{0,01341s^4 + 5,878s^3 + 783,6s^2 + 101900s}{9,533 \cdot 10^{-10}s^4 + 7,019 \cdot 10^{-6}s^3 + 2,737 \cdot 10^{-3}s^2 + 0,1676s} \times \frac{0,00051s+1}{0,000001s+1}. \quad (1)$$

Результаты моделирования измерительной системы с регуляторами $W'_{\text{фик}}(s)$ и $W''_{\text{фик}}(s)$ показаны на рис. 3.

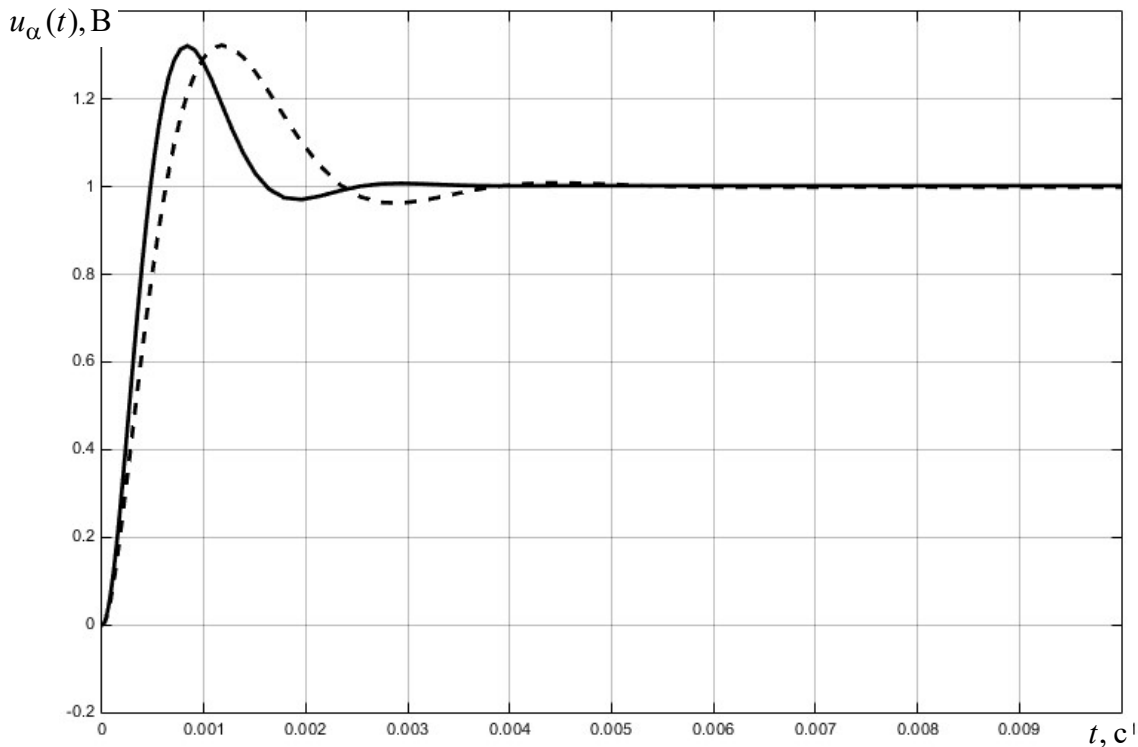


Рис. 3. Переходные характеристики измерительной системы с фильтрами $W'_{\text{фик}}(s)$ и $W''_{\text{фик}}(s)$

В результате применения рассчитанного выше дифференцирующего контура переходный процесс в системе с фильтром $W'_{\text{фик}}(s)$ стал устойчивым (штриховая линия на рис. 3), и перерегулирование составило 32 %, что является относительно большим значением. Время установления при этом невелико, и переходный процесс достигает установившегося значения примерно за 0,006 с. График переходного процесса с фильтром $W''_{\text{фик}}(s)$ иллюстрирует несколько лучшие показатели качества в смысле быстродействия системы: первое время установления составляет 0,005 с; перерегулирование при этом практически не меняется.

На рис. 4 показаны характеристики системы при линейно возрастающем задающем воздействии.

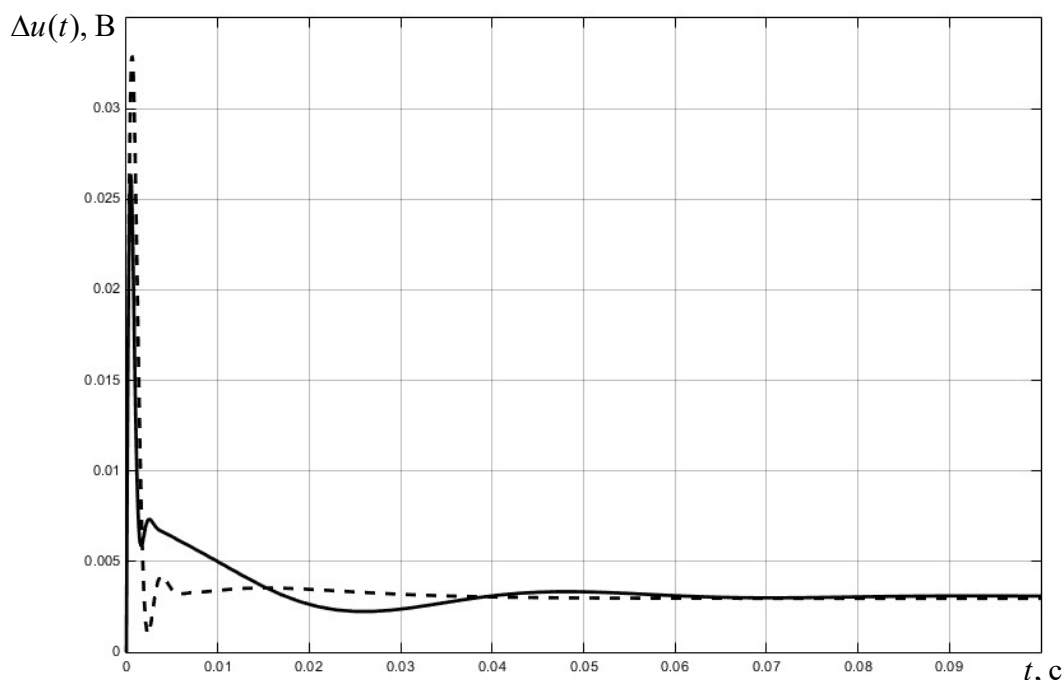


Рис. 4. Характеристики измерительной системы при линейно возрастающем задающем воздействии

Из анализа графиков ошибок системы преимущества одного фильтра перед другим неочевидны, поскольку величина ошибки отличается несущественно (см. рис. 4). Так для системы с фильтром $W''_{\text{фик}}(s)$ ошибка составила 0,003094 рад или 10,58 угл. мин, а в случае применения фильтра $W'_{\text{фик}}(s)$ – 0,002968 рад или 10,15 угл. мин, т.е. требование по точности выполняется. В целях снижения колебательности переходного процесса используем дифференцирующий контур второго порядка, и передаточная функция аналогового фильтра примет следующий вид:

$$W''_{\text{фик}}(s) = \frac{K_{\text{фик}}(T_2s + 1)^2}{(T_1s + 1)(T_3s + 1)} \left(\frac{T_{\text{дк}}s + 1}{\tau s + 1} \right)^2 = \frac{630957,44(0,0066s + 1)^2}{(0,023s + 1)(0,000083s + 1)} \times \left(\frac{0,00051s + 1}{0,000001s + 1} \right)^2.$$

Результаты моделирования измерительной системы с фильтром $W_{\text{фик}}'''(s)$ приведены на рис. 5, 6.

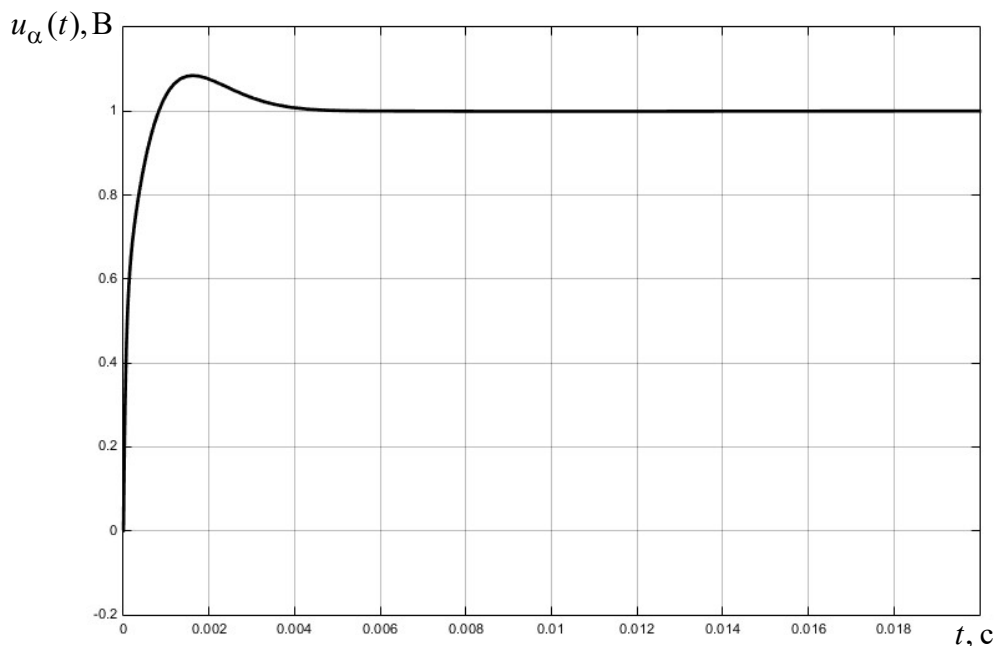


Рис. 5. Переходная характеристика измерительной системы с фильтром $W_{\text{фик}}'''(s)$

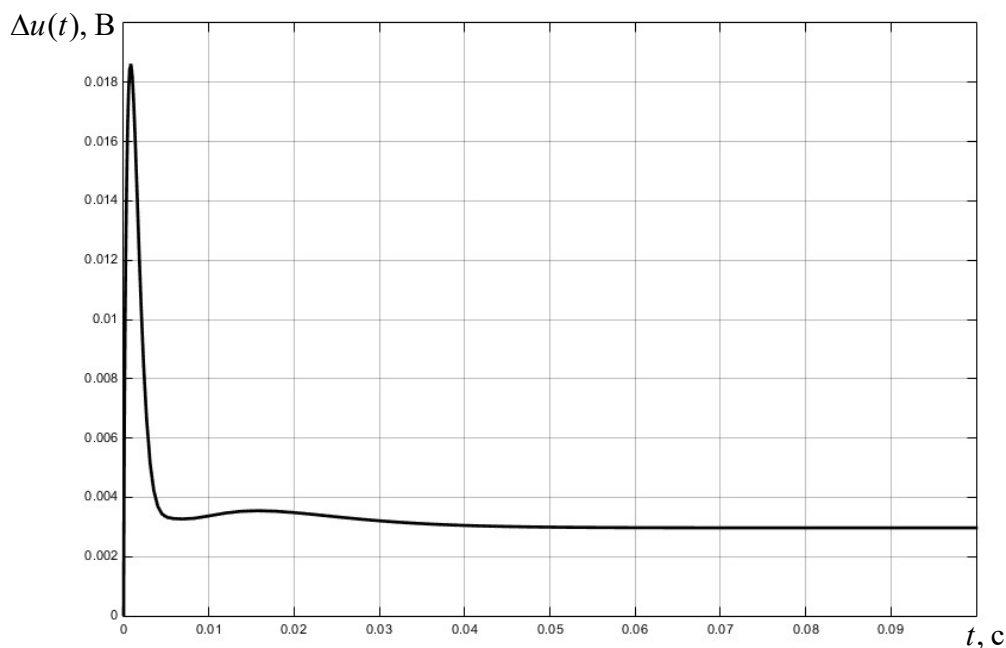


Рис. 6. Характеристика системы при линейно возрастающем задающем воздействии

Как следует из рис. 5, перерегулирование в измерительной системе снизилось до 8%, а величина ошибки не изменилась (рис. 6) и составляет около 10 угл. мин.

Таким образом, наилучшее качество переходных процессов при требуемой точности обеспечивает фильтр $W_{\text{фик}}'''(s)$ четвертого порядка. Можно предположить, что применение конфигурации фильтра вида (1)

с использованием дифференцирующего контура второго порядка с высокой вероятностью обеспечит более существенное снижение перерегулирования без увеличения установившейся ошибки. Однако реализация подобной структуры, равно как и фильтра $W_{\text{фик}}'''(s)$, затруднена в аналоговом варианте и требует применения цифровых технологий с получением рабочей программы для микроконтроллера или ПЛК путем дискретной аппроксимации соответствующей передаточной функции аналогового фильтра.

Список литературы

1. Малёв Н.А. Расчет и исследование астатического электропривода малой мощности: Практикум / Н.А. Малёв. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2011. УДК 681.51

ПРИМЕНЕНИЕ КАСКАДНОГО МНОГОУРОВНЕВОГО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ В КАЧЕСТВЕ КОМПЕНСАТОРА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Т.Х. Мухаметгалеев¹, Р.Р. Ахметов²

ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань

E-mail: ¹banzay-13-13@yandex.ru, ²rinaz_akhmetov@mail.ru

Аннотация. Компенсация реактивной мощности традиционными способами не всегда является удачным решением. В случаях, когда установленная мощность преобразователя частоты больше на 20-30 % мощности трансформаторного ввода, реактивную мощность оптимально компенсировать силами самого высоковольтного преобразователя частоты с фазосдвигающим трансформатором.

Ключевые слова: реактивная мощность, преобразователь частоты, фазосдвигающий трансформатор, силовые ячейки.

Проблема компенсации реактивной мощности занимает одно из самых значимых мест в комплексе вопросов повышения качества передачи, распределения и потребления электрической энергии. Эффективное решение данной проблемы в большой степени влияет на экономию денежных и материальных ресурсов, а также повышает качество электроснабжения, приводит к значительному уменьшению потерь в электрических сетях.

Традиционными решениями данной проблемы можно назвать применение в качестве компенсирующего устройства конденсаторных батарей и оптимизацию технологического процесса. Однако, с каждым годом установленная мощность преобразователей частоты (ПЧ) на предприятиях становится все большей. Если установленная мощность ПЧ составляет не более 10% от мощности трансформаторного ввода, то затруднений, как правило, не возникает. Если же суммарная установленная мощность ПЧ будет больше 20–30%, то компенсация реактивной мощности станет затруднительной из-за перегрева конденсаторов компенсирующих установок.

Дело в том, что преобразователи частоты со звеном постоянного тока, а именно такие ПЧ в подавляющем большинстве используются в частотно-регулируемом электроприводе, потребляют из сети ток, форма которого

далеко не синусоидальная. В результате этого во входной сети возникают нечетные и не кратные трем высшие гармоники напряжения – это 5, 7, 11, 13, 17 и т. д. Именно высшие гармоники создают проблемы: увеличение потерь в электрических сетях, снижение эффективности работы и уменьшение срока службы электрооборудования. В конденсаторах компенсирующих устройств возникают значительные токи высших гармоник, что приводит к их перегреву и выходу из строя.

Новые высоковольтные преобразователи частоты (ВПЧ) реализуют самую современную концепцию каскадных многоуровневых инверторов напряжения (силовых ячеек), которая позволяет компенсировать реактивную мощность без компенсирующих устройств, а силами самого преобразователя частоты. Типовая схема такого ВПЧ представлена на рис. 1.

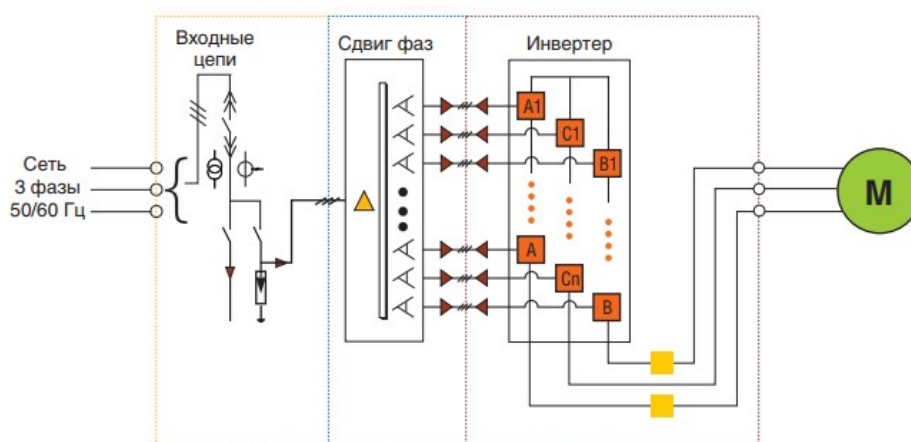


Рис. 1. Типовая схема ВПЧ с фазосдвигающим трансформатором

Такие преобразователи частоты состоят из входного сухого фазосдвигающего трансформатора, преобразующего трехфазное входное напряжение сети предприятия в многофазное выходное напряжение. Трансформатор довольно компактный, безопасный, с КПД больше 98% и высокотемпературной изоляцией Н класса, рассчитанной на долговременную работу даже при 180° С.

Вторичные обмотки входного фазосдвигающего трансформатора подаются на силовые ячейки, или инверторы напряжения, схема которых представлена на рис. 2. В частном случае, вторичные обмотки трансформатора разделены на 8 групп по 6 трехфазных обмоток в каждой. Фазовый сдвиг между обмотками в группе составляет 10 градусов, а между первой и 6-й обмотками группы – 50 градусов.

Такая конструкция фазосдвигающего трансформатора приводит к тому, что гармоники, генерируемые силовыми ячейками, попадают в первичную обмотку в противофазе и эффективно подавляются. Этот недорогой и красивый метод обеспечивает гальваническую развязку и избавляет от необходимости применять громоздкий входной фильтр, поскольку коэффициент нелинейных искажений входного тока составляет всего 1%, а уровень гармоник легко уместается в допустимые границы по стандарту международного электротехнического комитета МЭК 519-1992.

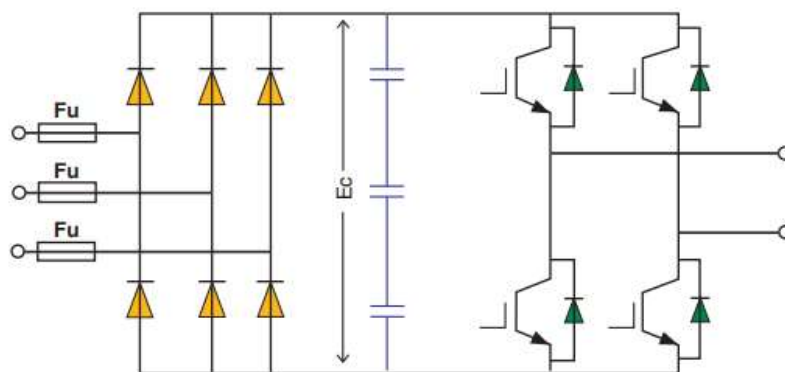


Рис. 2. Схема силовой ячейки

На входе каждого инвертора напряжения стоит трехфазный выпрямитель, а на выходе - H мост. Для скалярных и векторных преобразователей частоты трехфазный выпрямитель – неуправляемый и выполнен на диодах, но существует линейка ВПЧ, способных отдавать энергию торможения в сеть, у которых входной выпрямитель уже управляемый и выполнен на IGBT модулях.

Каждый H мост, образуемый стандартными модулями IGBT, имеет три возможных состояния, соответствующим трем уровням выходного напряжения: $-U$, 0 и $+U$, где U – напряжение звена постоянного. Но управляется каждый мост с помощью широтно-импульсной модуляции с управлением положением пространственного вектора, что позволяет получить очень точно нужное усредненное напряжение в диапазоне от $-U$ до $+U$. Выходы инверторов соединены последовательно в три группы и суммируются. Благодаря этой технологии удалось получить выходное напряжение в виде точно аппроксимированной, почти идеальной синусоиды с низкой скоростью dV/dt (рис. 3), благодаря чему не создаются дополнительные стрессовые воздействия на изоляцию даже на длинном, обладающим индуктивностью, моторном кабеле.

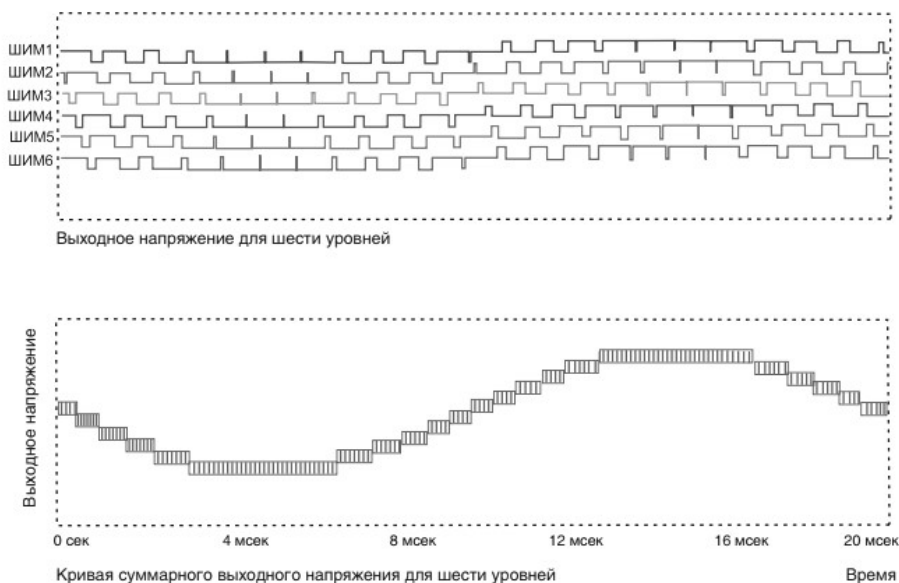


Рис. 3. Осциллограмма выходного напряжения

В результате с ВПЧ, выполненными по данной технологии, хорошо работают старые двигатели, прошедшие капитальные ремонты и имеющие предельно допустимые параметры по потерям и качеству изоляции. Не предъявляется каких-либо требований и к моторным трассам, длина которых определяется только падением напряжения на них, нет необходимости в установке моторных дросселей, а также нет необходимости в снижении номинальной мощности двигателя. Эти ВПЧ не засоряют сеть гармониками и не требуют применения входного фильтра, так как потребляемый ими ток близок к идеальной синусоиде.

Список литературы

1. Преобразователи частоты ТМ-drive на напряжение 6–10 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://market.elec.ru>.
2. ЧРЭП насосных и вентиляторных установок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua>.
3. Лазарев Г.Б. Высоковольтные преобразователи для частотно-регулируемого электропривода. Построение различных схем / Г.Б. Лазарев // Новости электротехники, 2007. – № 2–3.

УДК 681.51

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ С ФАЗОСДВИГАЮЩИМ ТРАНСФОРМАТОРОМ.

Т.Х. Мухаметгалеев¹, И.М. Садыков²

ФГОУ ВО «КНИТУ», г. Казань

E-mail: ¹banzay-13-3@yandex.ru, ²iilfatt@mail.ru

Аннотация. Проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) связаны, главным образом, с обеспечением надлежащей работы совокупности электрических и электронных аппаратов. Так как степень влияния электромагнитных помех зависит от расстояния между передатчиком электромагнитной энергии и приемником, оборудование, находящееся в непосредственной близости, должно быть совместимым. Поэтому «дисциплинированность» в вопросах обеспечения ЭМС возникла именно в тех отраслях промышленности, где правилом является системная интеграция.

Ключевые слова: преобразователь частоты, инвертор, электромагнитная совместимость, регулирование частоты вращения.

В настоящее время наиболее распространенным является частотно-регулируемый электропривод на базе общепромышленных асинхронных двигателей. Помимо широко известных достоинств частотного привода

известно, что он оказывает негативное влияние на питающую сеть и на двигатель. Влияние на сеть выражается в искажении формы питающего напряжения, которое зависит от мощности электропривода и внутреннего сопротивления сети. В связи с этим возникает проблема электромагнитной совместимости электроприемников с питающей сетью и возможное нарушение работы других электроприемников, подключенных к общей шине системы электроснабжения.

Основными понятиями в теории электромагнитной совместимости являются понятия передатчиков и приемников электромагнитной энергии. В современном электроприводе для регулирования частоты вращения электродвигателей широкое применение получили преобразователи частоты с двойным преобразованием энергии. Это устройство имеет возможность преобразовать электроэнергию питающей сети в электроэнергию с требуемыми параметрами такими как, частота, ток и напряжение. Преобразование производится в два этапа, на первом этапе производится преобразование переменного тока и напряжения с частотой сети в постоянные ток и напряжение, которые поступают на фильтр. На втором этапе идет обратный процесс постоянные ток и напряжение преобразуются в переменные, но с параметрами необходимыми для обеспечения необходимого режима работы электропривода. Одним из недостатков применения преобразователя частоты является наличие на входе преобразователя частоты полупроводникового выпрямителя, который искажает форму тока и напряжения питающей сети. Генерация в питающую сеть высших гармоник и возникающие при этом отклонения параметров качества электроэнергии от допустимых значений, может затруднить использование преобразователя частоты.

Для рассмотрения проблемы электромагнитной совместимости преобразователей частоты с электросетью, необходимо исследовать проблему выработки гармоник преобразователем частоты в сеть.

Существуют два вида автономных инверторов, это автономный инвертор тока и автономный инвертор напряжения.

В преобразователях частоты с автономным инвертором тока, сетевой преобразователь представляет собой управляемый выпрямитель, который работает на сглаживающий дроссель большой индуктивности. Высшие гармоники тока, вырабатываемые таким выпрямителем в электросеть, относительно невелики, потому что, ступенчато-прямоугольная форма входного тока обеспечивает коэффициент гармоник не ниже 0,96 – 0,97. Что при правильном выборе сетевого реактора или согласующего

трансформатора в преобразователях без дополнительных мероприятий коэффициент искажения напряжения в точке подключения не превышает нормируемое значение 5 %.

Совсем другая картина при работе преобразователя частоты с автономным инвертором напряжения, в котором сетевой преобразователь является неуправляемым выпрямителем, работающим на емкостный фильтр.

Кривая сетевого тока такого преобразователя в общем случае представляет собой несколько синусоидальных импульсов, возникающих в процессе заряда емкости фильтра. Гармонический состав такого питания крайне неблагоприятен. Необходимо устанавливать реакторы и на вход выпрямителя, и в звено постоянного тока для подавления гармоник. Причем рекомендуется распределить всю индуктивность в разных местах схемы, для предотвращения ухудшения других характеристик выпрямителя.

Гармонические составляющие, создаваемые нелинейными потребителями, могут доставлять большие проблемы для электросети. Гармоники представляют собой токи частота которых кратна основной частоте электросети. Высшие гармоники тока, накладываются на основную гармонику и искажают форму тока. Это в свою очередь влияет на форму напряжения в электросети, вызывая негативные воздействия на потребителей.

Список литературы

1. Адрианов М.В. Вопросы электромагнитной совместимости регулируемых электроприводов переменного тока с преобразователями частоты // Энергетика в нефтегазодобыче. 2004. №1.
2. Лазарев Г.Б. Высоковольтные преобразователи для частотно-регулируемого электропривода. Построение различных схем / Г.Б. Лазарев // Новости электротехники, 2007. – № 2–3.

УДК 620.9

РАЗРАБОТКА ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА БАЗЕ АО «МЦБК»

О.Л. Николаева¹, А.Р. Денисова²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹ilinaolecka@gmail.com, denisova_ar@mail.ru

Множество отраслей тяжелой промышленности в нашей стране являются энергоемкими. Для осуществления наиболее стабильного выпуска продукции необходимо качественное и регулярное энергоснабжение. Но не всегда удается рационализировать энергоресурсы. В частности

промышленные предприятия времен середины прошлого века в своей базе имеют изношенное, низкоэффективное электрооборудование с низкими показателями полезного действия. Не обошло стороной данная проблема и АО «Марийский целлюлозно-бумажный комбинат» (далее АО «МЦБК»).

АО «МЦБК» является одним из крупнейших в Поволжье производителем целлюлозы и продукции из нее. Находится на 16 месте по производительности труда деревообработки и ЦБК России. За смену перерабатывается 1200 куб. метров древесины. Для организации максимального эффективного выпуска продукции необходима стабильная работа технологических линий комбината. Для этого имеют место проекты по реконструкции и модернизации производства.

В частности, на участке переработки древесного баланса были интегрированы устройства плавного пуска на транспортерах щепы, корообдирочных барабанах и корорубительной машины. Произведена автоматизация технологических линий путем внедрения диспетчерского пункта управления с системой видеоконтроля.

При рассмотрении и анализе всего цикла переработки древесного баланса были выявлены следующие проблемы:

1. Нерациональная эксплуатация системы уличного освещения. Низкоэффективные источники света.
2. Тяжелый пуск высоковольтной рубительной машины, сопровождающимися частыми отключениями.
3. Нерационально подобрана системы защиты электродвигателя корорубительной машины.
4. Морально устаревшие электродвигатели некоторых транспортеров.
5. Низкий уровень напряжения на силовых щитах далеко удаленных от РП или ТП. Нерационально подобрано сечение проводников.

В качестве решения данных проблем предлагаем комплексные мероприятия:

1. Замена морально устаревших источников света наряду с интеграцией автоматизированной системы управления.
2. Анализ перспективы интеграции устройства плавного пуска высоковольтных электродвигатели (УППВЭ).
3. Анализ и подбор характеристик защит для эффективной работы электродвигателя корорубительной машины. Анализ перспективы изменения размера диаметра шкива электродвигателя для увеличение момента вращения.
4. Рекомендации по замене электродвигателей.
5. Расчет и выбор необходимого сечения проводников.

Список литературы

1. Панов Д.Ю., Денисова А.Р. Исследование энергоэффективных мероприятий в административных учреждениях / Интеллектуальный научный потенциал XXI века. НИЦ «МИР НАУКИ», 16 марта 2017 г., Минск.

2. Роженцова Н.В., Биктимиров З.М., Шигапов А. Формирование политики энергосбережения и повышения энергетической эффективности в РФ / Научные аспекты современных исследований: Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, 2017. – С. 70–72.

УДК629

АНАЛИЗ ОБМОТКИ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

А.А. Петров¹, А.Ю. Афанасьев², В.Г. Макаров³

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

E-mail: ¹Petrovalexse95@mail.ru, ²afanasiev_eo@mail.ru,

³electropriv+od@list.ru

Аннотация. Объект исследования – обмотка двойного питания типа «Славянка». Цель работы – анализ эффективности обмотки двойного питания по сравнению с традиционной двухслойной обмоткой при двенадцати пазах статора по амплитуде первой пространственной гармоники магнитодвижущей силы (МДС) в зазоре и по составу ее высших пространственных гармоник. В процессе работы использовались модели классической двухслойной обмотки и обмотки двойного питания, аналитические и численные методы расчета. Проведено сравнение параметров обмоток, найдены коэффициенты увеличения первых гармоник МДС и момента асинхронного двигателя.

Ключевые слова: обмотка двойного питания, магнитодвижущая сила, асинхронный электродвигатель, мощность потерь, высшие пространственные гармоники.

В последнее время тема, связанная с обмоткой двойного питания типа «Славянка», занимает все большее место в электроприводе и, возможно, в скором времени эта обмотка заменит стандартную обмотку. «Славянка» имеет ряд преимуществ, к примеру, ООО «АРЭС» представляет следующие характеристики для асинхронного двигателя:

- имеется возможность эксплуатации как в режиме работы S1, так и в режиме работы S3;
- улучшены вибро-шумовые характеристики, в среднем уровень звука ниже на 5ДБ;
- имеет повышенную надежность: сервис фактор 2,5;
- более высокий пусковой момент на 35 %;
- меньшие пусковые токи на 35 %;
- больший минимальный момент на 35 %;

- большой максимальный момент на 20 %;
- КПД и $\cos\varphi$, близкий к номинальному в диапазоне нагрузок от 25 до 150 %;
- более «мягкая» механическая характеристика;
- большая перегрузочная способность.

При работе совместно с частотным регулятором новая обмотка обеспечивает механические характеристики, недостижимые для других серий двигателей. При работе с регулярно меняющейся нагрузкой, при работе с не номинальной нагрузкой, при перепадах питающего напряжения двигателя позволяют снизить потребление электроэнергии на 50 % [1].

А сайт <http://globalwave.tv/> предоставляет следующие характеристики:

- достижение высокого коэффициента полезного действия в диапазоне нагрузок 25 – 150 % от номинальной, что в реальных условиях эксплуатации позволяет уменьшить расход электроэнергии на 15 – 50 %;
- увеличение максимального крутящего момента на 10 – 100 %;
- увеличение пускового момента на 20 – 50 %;
- уменьшение пусковых токов в 2 раза, что снижает пиковые нагрузки на сеть и позволяет отказаться от использования устройств плавного пуска;
- снижение уровня шума на 6 – 7 дБ;
- уменьшение температуры нагрева обмоток, что, фактически, исключает возможность перегорания обмоток [2].

В настоящей работе проведено сравнение двух обмоток машины переменного тока, имеющей 12 пазов на статоре. Первая обмотка является классической трехфазной двухслойной обмоткой с укороченным шагом. Она показана на рис. 1.

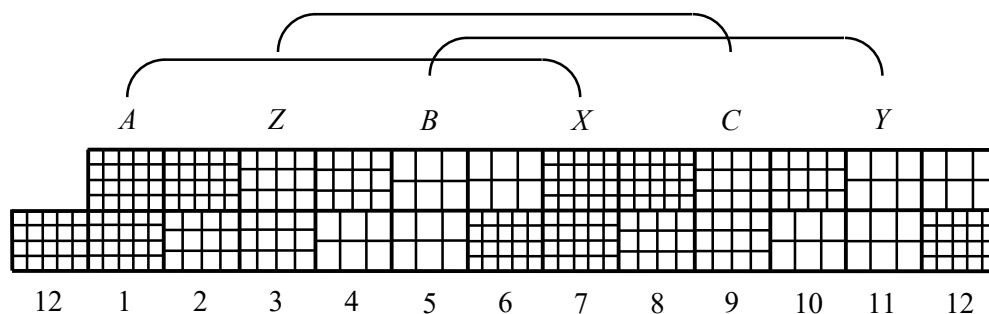


Рис. 1. Схема классической двухслойной обмотки

На рис. 2 показана обмотка двойного питания с обмоткой A, B, C , соединенной в звезду, и с обмоткой D, E, F , соединенной в треугольник. Обмотки A, B, C и D, E, F являются диаметрально, сдвинуты в пространстве на один паз. Схема включения и векторная диаграмма напряжений показаны на рис. 3.

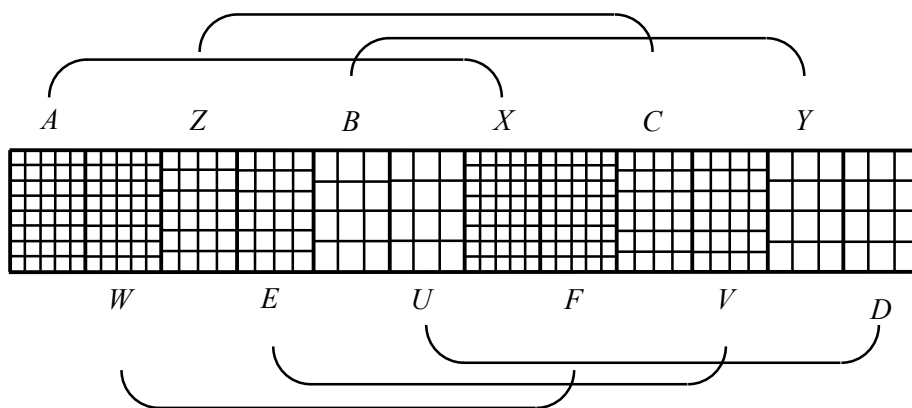


Рис. 2. Схема обмотки двойного питания

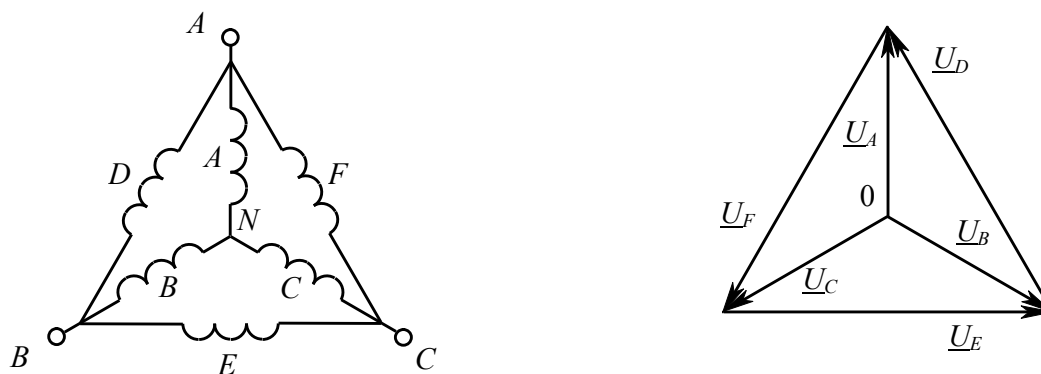


Рис. 3. Схема включения фаз обмотки и векторная диаграмма напряжений

Напряжения u_A, u_B, u_C образуют симметричную трехфазную систему прямой последовательности:

$$u_A = U_m \sin(\omega t); \quad (1)$$

$$u_B = U_m \sin(\omega t - 2\pi / 3); \quad (2)$$

$$u_C = U_m \sin(\omega t - 4\pi / 3). \quad (3)$$

Напряжения u_D, u_E, u_F тоже образуют симметричную трехфазную систему прямой последовательности:

$$u_D = \sqrt{3} U_m \sin(\omega t + \pi / 6); \quad (4)$$

$$u_E = \sqrt{3} U_m \sin(\omega t - \pi / 2); \quad (5)$$

$$u_F = \sqrt{3} U_m \sin(\omega t - 7\pi / 6). \quad (6)$$

Аналогичные соотношения справедливы для токов i_A, i_B, i_C и i_D, i_E, i_F . Однако амплитуда токов второй обмотки в $\sqrt{3}$ раз меньше, чем амплитуда токов первой обмотки. Число витков фазы второй обмотки

в $\sqrt{3}$ раз больше, а амплитуды магнитодвижущей силы (МДС) обеих обмоток одинаковые. При этом активное сопротивление и индуктивность фазы второй обмотки в 3 раза больше аналогичных величин первой обмотки.

Будем полагать, что напряжение u_A отстает по фазе от напряжения u_D на угол $\pi/6$, и токи i_A, i_D сдвинуты на тот же угол. Выполняется равенство:

$$i_D(t) = \frac{1}{\sqrt{3}} i_A(t + T/12), \quad (7)$$

где T – период синусоидальных напряжений питания (см. рис. 4).

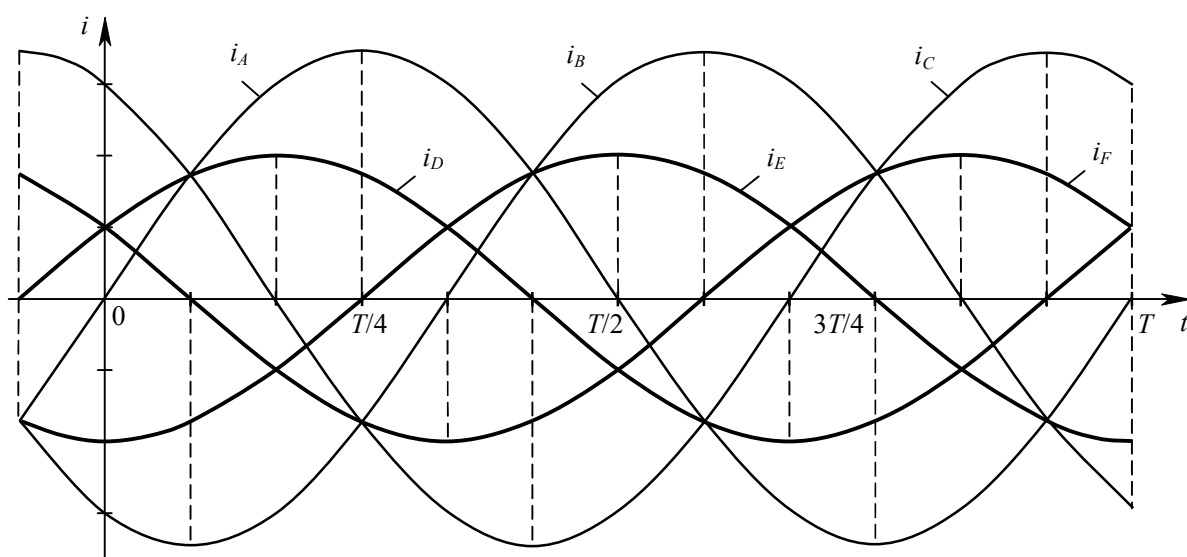


Рис. 4. Токи первой обмотки (тонкие линии) и второй обмотки (толстые линии)

Пусть фаза A имеет закон распределения магнитодвижущей силы, приходящейся на воздушный зазор,

$$F_A = w i_A f_A(k), \quad (8)$$

где w – число проводников в половине паза; i_A – ток фазы A ; k – номер зубца; $k = 1, 2, \dots, 12$; 12 – число зубцов статора.

Фаза D имеет закон распределения магнитодвижущей силы

$$F_D = w i_D f_D(k), \quad (9)$$

где i_D – ток фазы D . Функции $f_A(k)$, $f_D(k)$ удовлетворяют равенству

$$f_D(k) = \sqrt{3} \cdot f_A(k+1). \quad (10)$$

Это означает, что фазы A и D сдвинуты в пространстве на один зубец или на угол $\pi/6$.

Фазы B , C имеют законы распределения магнитодвижущей силы

$$F_B = wi_B f_B(k), \quad (11)$$

$$F_C = wi_C f_C(k). \quad (12)$$

Фазы E , F имеют законы распределения

$$F_E = wi_E f_E(k). \quad (13)$$

$$F_F = wi_F f_F(k). \quad (14)$$

На рис. 5 показаны графики функций $f_A(k)$, $f_B(k)$, $f_C(k)$, а на рис. 6 – графики функций $f_D(k)$, $f_E(k)$, $f_F(k)$.

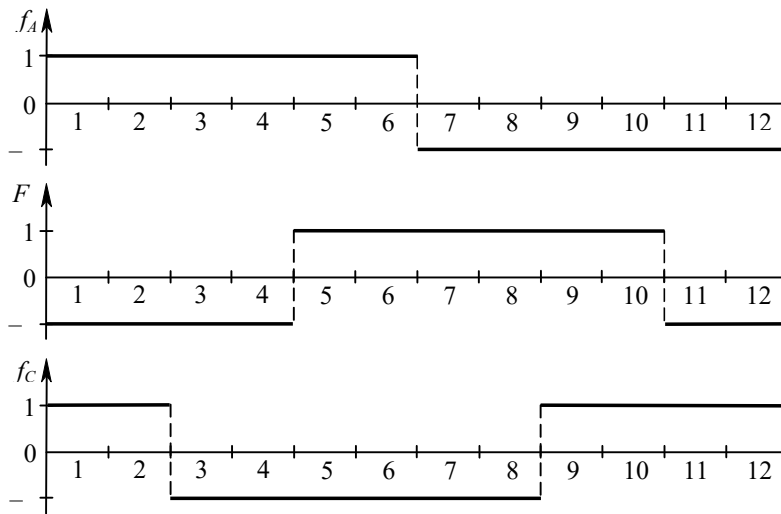


Рис. 5. Графики функций МДС первой обмотки

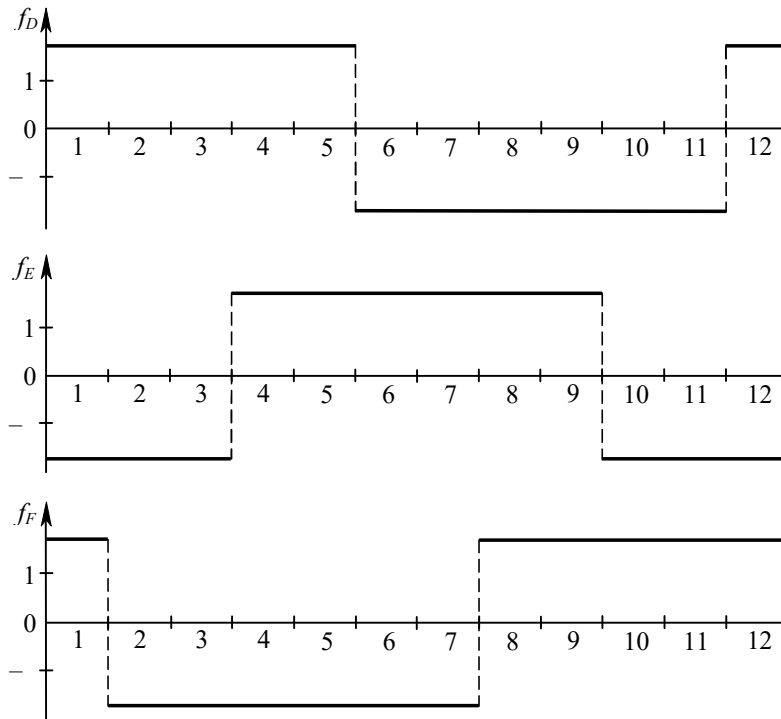


Рис. 6. Графики функций МДС второй обмотки

Функции $f_A(k)$, $f_B(k)$, $f_C(k)$, $f_D(k)$, $f_E(k)$, $f_F(k)$ удовлетворяют равенствам

$$f_B(k) = f_A(k - 4); \quad (15)$$

$$f_C(k) = f_A(k - 8); \quad (16)$$

$$f_E(k) = f_D(k - 4); \quad (17)$$

$$f_F(k) = f_D(k - 8). \quad (18)$$

В фиксированный момент времени первая обмотка создает МДС, распределенную вдоль воздушного зазора согласно равенству

$$F_1(\alpha) = w(i_A f_A(k) + i_B f_B(k) + i_C f_C(k)); \quad (19)$$

$$\alpha \in ((k-1)\pi/6, k\pi/6); \quad k = 1, 2, \dots, 12.$$

Эту функцию можно разложить в ряд Фурье, т.е. представить в виде суммы пространственных гармоник:

$$F_1(\alpha) = A_1 \sin(\alpha + \varphi_1) + A_5 \sin(5\alpha + \varphi_5) + A_7 \sin(7\alpha + \varphi_7) + \\ + A_{11} \sin(11\alpha + \varphi_{11}) + A_{13} \sin(13\alpha + \varphi_{13}) + \dots \quad (20)$$

Известно, что ряд Фурье для МДС симметричной трехфазной обмотки содержит только нечетные гармоники, не кратные трем.

В тот же момент времени вторая обмотка создает МДС, распределенную вдоль воздушного зазора согласно равенству

$$F_2(\alpha) = w(i_D f_D(k) + i_E f_E(k) + i_F f_F(k)); \quad (21)$$

$$\alpha \in ((k-1)\pi/6, k\pi/6).$$

Эту функцию можно разложить в ряд Фурье:

$$F_2(\alpha) = A_1 \sin(\alpha + \psi_1) + A_5 \sin(5\alpha + \psi_5) + A_7 \sin(7\alpha + \psi_7) + \\ + A_{11} \sin(11\alpha + \psi_{11}) + A_{13} \sin(13\alpha + \psi_{13}) + \dots \quad (22)$$

Амплитуды гармоник с одинаковыми номерами совпадают, а их начальные фазы отличаются по причине пространственного сдвига обмоток на угол $\pi/6$ и по причине временного сдвига трехфазных систем токов.

Известно, что пространственные гармоники, имеющие номера $m = (3i + 1)$, $i = 0, 2, 4, \dots$, вращаются в положительном направлении с угловой скоростью

$$\omega_m = \frac{\omega}{m}. \quad (23)$$

Пространственные гармоники, имеющие номера $n = (3i - 1)$, $i = 2, 4, 6, \dots$, вращаются в отрицательном направлении с угловой скоростью

$$\omega_n = \frac{\omega}{n}. \quad (24)$$

Первая гармоника МДС второй обмотки сдвинута относительно первой гармоники МДС первой обмотки в пространстве назад на угол $\pi/6$ из-за смещения самих обмоток, и сдвинута вперед на тот же угол из-за сдвига по фазе токов обмоток. Поэтому первые гармоники МДС двух обмоток совпадают в пространстве, т.е. $\psi_1 = \varphi_1$.

Пятая гармоника МДС второй обмотки сдвинута относительно пятой гармоники МДС первой обмотки в пространстве назад на угол $\pi/6$ из-за смещения самих обмоток, и сдвинута назад на угол $\pi/(6 \cdot 5)$ из-за сдвига по фазе токов обмоток. Поэтому пятые гармоники МДС двух обмоток смещены в пространстве на угол

$$-\frac{\pi}{6} - \frac{\pi}{30} = -\frac{\pi}{5}.$$

Но период пятой гармоники $-2\pi/5$, т.е. $\psi_5 = \varphi_5 - \pi$, и пятые гармоники находятся в противофазе, давая в сумме ноль. Аналогично обстоит дело с гармониками, имеющими номера $12m + 5$, $m = 1, 2, \dots$, или номера 17, 29 и т.д. Седьмая гармоника МДС второй обмотки сдвинута относительно седьмой гармоники МДС первой обмотки в пространстве назад на угол $\pi/6$ из-за смещения самих обмоток, и сдвинута вперед на угол $\pi/(6 \cdot 7)$ из-за сдвига по фазе токов обмоток. Поэтому седьмые гармоники МДС двух обмоток смещены в пространстве на угол

$$-\frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{42} = -\frac{\pi}{7}.$$

Но период седьмой гармоники $-2\pi/7$, т.е. $\psi_7 = \varphi_7 - \pi$, и седьмые гармоники находятся в противофазе, давая в сумме ноль. Аналогично обстоит дело с гармониками, имеющими номера $12m + 7$, $m = 1, 2, \dots$, или номера 19, 31, ...

У гармоник с номерами $12m - 1$ и $12m + 1$, $m = 1, 2, \dots$, или с номерами 11, 13, 23, 25, 35, 37, ... взаимная компенсация высших пространственных гармоник двух обмоток не наблюдается.

Были разработаны программы в системе Turbo-Pascal по расчету пространственных гармоник в воздушном зазоре двух машин переменного тока с 12-ю пазами.

Функции распределения МДС обмотки двойного питания показаны на рис. 7.

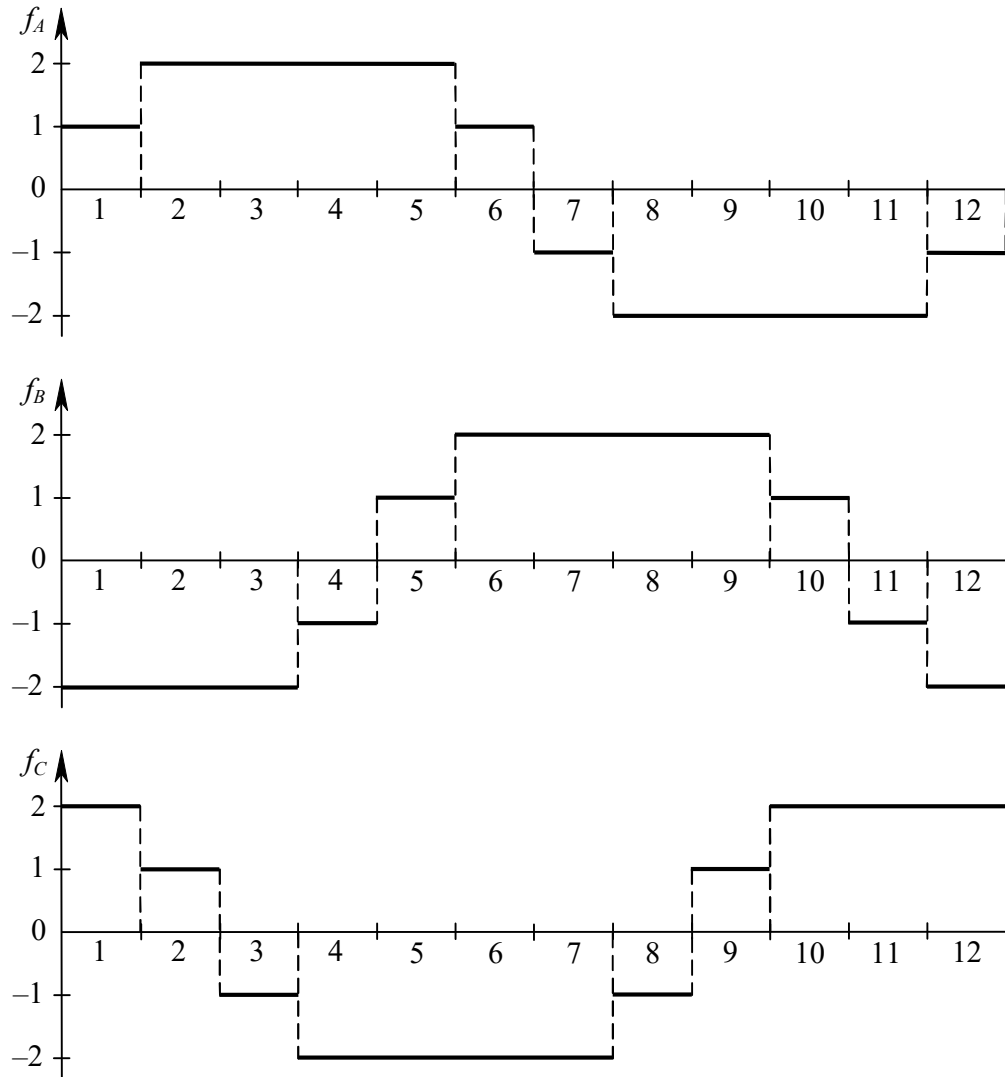


Рис. 7. Графики функций МДС двухслойной обмотки

На рис. 8 показан закон распределения МДС при угле $\alpha = \pi/2$ и при $w = 1$, а также первая пространственная гармоника МДС $F_1(x)$.

В таблице представлены значения амплитуд различных гармоник для двухслойной традиционной обмотки A_{nm} и для двойной обмотки с комбинированным питанием A'_{nm} . Видно, что во втором случае гармоники с номерами 5, 7, 17, 19, 29, 31 и т.д. отсутствуют. Далее, амплитуда первой гармоники традиционной обмотки составляет 0,933 от амплитуды второй обмотки (это обмоточный коэффициент двухслойной обмотки):

$$0,933013 = \frac{1 + \cos 30^\circ}{2} = \cos^2 15^\circ.$$

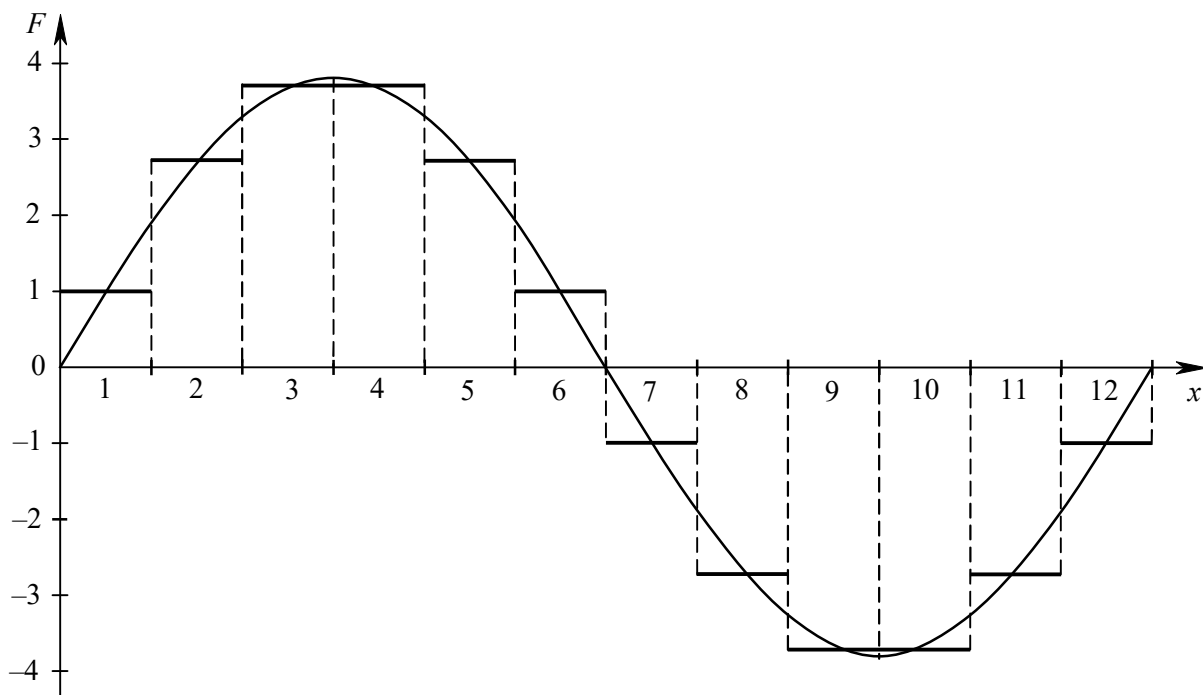


Рис. 8. Законы распределения МДС обмотки с двойным питанием и ее первой гармоники

Таблица 1

N	1	5	7	11	13	17	19	23	25
A_{nm}	3,5639	0,0512	0,0366	0,3241	0,2742	0,0151	0,0135	0,1551	0,1427
A'_{nm}	3,8197	0	0	0,3473	0,2939	0	0	0,1662	0,1530

Таблица 2

N	29	31	35	37	41	43	47	49
A_{nm}	0,0088	0,0083	0,1020	0,0966	0,0063	0,0060	0,0761	0,0730
A'_{nm}	0	0	0,1094	0,1035	0	0	0,0816	0,0783

Для двойной обмотки обмоточный коэффициент равен единице. Амплитуда ее МДС определяется формулой:

$$2 \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{\pi} = 3,8197.$$

Первый множитель – число проводников в одном пазу; второй множитель соответствует количеству фаз – 3; третий множитель соответствует коэффициенту первой гармоники диаметральной обмотки. 0,1534 0,1522 0,3866 0,4110

Среднеквадратическое значение высших пространственных гармоник для традиционной двухслойной обмотки имеет значение 0,387, а для обмотки двойного питания – 0,411.

Отношение среднеквадратических (эффективных) значений высших пространственных гармоник и первой гармоники составляет 0,1534 для двухслойной обмотки и 0,1522 для обмотки двойного питания, т.е. имеют близкие значения.

Можно сделать следующие выводы.

1. Переход на обмотку двойного питания с соединением фаз в звезду и треугольник позволяет при сохранении мощности потерь в обмотке статора увеличить амплитуду МДС на 7,18 %, что соответствует увеличению момента синхронной машины на 7,18 %, а асинхронной машины – на 14,87 %. Однако при сохранении плотности тока мощность потерь в лобовых частях обмотки статора немного возрастет из-за увеличения длины лобовых частей при диаметральной обмотке. Мощность потерь в обмотке ротора асинхронного двигателя прямо пропорциональна электромагнитному моменту и в случае обмотки двойного питания увеличивается вместе с моментом.

2. Переход на диаметральную обмотку двойного питания практически не меняет относительный состав высших пространственных гармоник.

3. Отметим полное отсутствие высших пространственных гармоник с номерами 5, 7, 17, 19, 29, 31 и т.д. у новой обмотки. Это облегчает устранение других высших пространственных гармоник.

4. Данная работа анализирует эффективность обмотки двойного питания по сравнению с традиционной двухслойной обмоткой при двенадцати пазах статора по амплитуде первой пространственной гармоники и по составу высших пространственных гармоник.

Список литературы

1. ООО «АРЭС» [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: www.ares-spb.ru (10.10.2017).

2. Глобальная волна [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://globalwave.tv/> (10.10.2017).

3. Прохоров С.Г. Электрические машины: учеб. пособие для студ. вузов/ С.Г. Прохоров, Р.А. Хуснутдинов. – Ростов н/Д: Феникс, 2012. – 409 с.

4. Усольцев А.А. Электрические машины: Учебное пособие. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Спб.: НИУ ИТМО, 2013. – 41 с.

УДК 625

ОПТИМИЗАЦИЯ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЮ

Н.А. Рыбушкин, А.Ю. Афанасьев

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

Аннотация. Объект исследования – гибридная силовая установка автобуса с дизельным двигателем и синхронным электродвигателем. Цель работы – разработка оптимальных по потреблению электроэнергии законов управления токами электродвигателя и оптимальных по общему энергопотреблению законов движения автобуса с гибридной силовой установкой. В процессе работы использовались модели синхронного электропривода и двигателя внутреннего сгорания, аналитические и численные методы параметрической оптимизации и оптимального управления. Получены значения параметров и законы движения транспортного средства с энергосбережением.

Ключевые слова: энергосбережение, гибридная силовая установка, дизельный двигатель, электропривод, синхронный электродвигатель, электромагнитный момент, оптимальное управление токами, мощность потерь, принцип максимума Понтрягина.

Гибридные силовые установки (ГСУ) применяются на колесном транспорте для достижения двух основных целей – экономия топлива и уменьшение выброса вредных веществ в атмосферу. Одним из путей экономии энергии является оптимальное управление токами электродвигателя (ЭД) по критерию минимума мощности, потребляемой от источника электроэнергии, при создании требуемого электромагнитного момента, а также оптимальное управление движением инерционного объекта с основными компонентами статического момента по тому же критерию, когда отыскиваются оптимальные законы изменения электромагнитного момента, скорости и пути объекта в функции времени [1].

В настоящей работе приводятся результаты решения этих задач для синхронного двигателя. Описана общая методология построения оптимальных законов управления токами ЭД и движением инерционного объекта. Разработаны алгоритмы и компьютерные программы, позволяющие находить оптимальные законы управления токами ЭД и оптимальные законы движения инерционных объектов.

1. Рассмотрим синхронный электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов [4]. Его электромагнитный момент определяется формулой:

$$M = c_a \cdot \Phi \cdot I \cdot \sin \theta + c_p \cdot I^2 \cdot \sin 2\theta. \quad (1)$$

Здесь Φ – основной магнитный поток, созданный ротором-индуктором; I – действующее значение тока обмотки якоря (статора); θ – угол между

осью МДС обмотки якоря и продольной осью ротора-индуктора; c_a , c_p – конструктивные коэффициенты активного M_a и реактивного M_p моментов (рис. 1).

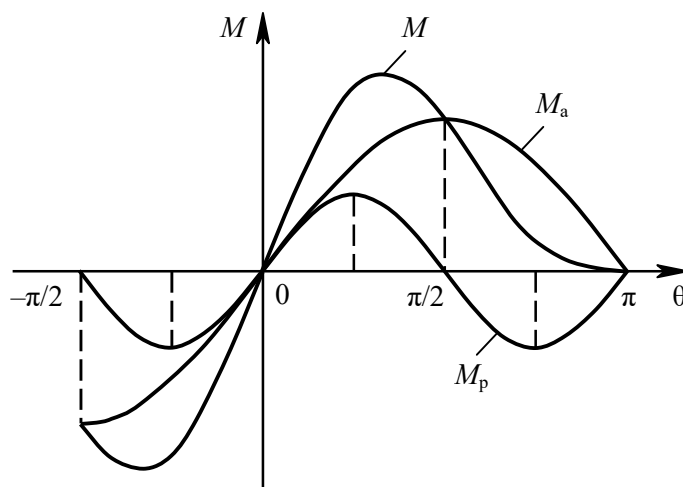


Рис. 1. Моменты синхронного двигателя

Мощность электрических потерь определяется формулой

$$P = 3rI^2. \quad (2)$$

Требуется найти ток I и угол θ , при которых создается требуемый электромагнитный момент M° , а мощность потерь P минимальна.

В ходе решения данной задачи методом множителей Лагранжа получим формулу для оптимального угла θ :

$$\cos \theta = \frac{-c_a \Phi + \sqrt{c_a^2 \Phi^2 + 32c_p^2 I^2}}{8c_p I}. \quad (3)$$

Отметим, что для синхронного двигателя с неявно выраженными полюсами выполняются соотношения: $c_p \approx 0$; $\cos \theta \approx 0$; $\theta \approx \pi/2$.

Напротив, для реактивного синхронного двигателя выполняются соотношения: $\Phi = 0$; $\cos \theta = 1/\sqrt{2}$; $\theta = \pi/4$.

Для получения рабочих формул удобнее использовать уравнения обобщенной электрической машины, соответствующей синхронному двигателю.

Электромагнитный момент определяется выражением

$$M = p_{\pi} i_q (\Psi_0 + \Delta L i_d). \quad (4)$$

Здесь p_{π} – число пар полюсов; i_d , i_q – токи продольной и поперечной фаз обобщенной машины, соответствующей синхронному двигателю; Ψ_0 – потокосцепление продольной фазы статора с магнитным потоком ротора-индуктора; ΔL – разность индуктивностей продольной и поперечной фаз.

Мощность электрических потерь

$$P = r(i_d^2 + i_q^2) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Здесь r – активное сопротивление фазы статора обобщенной машины. Определению подлежат токи i_d, i_q .

Найдем токи i_d и i_q при которых создается требуемый электромагнитный момент M° , а мощность электрических потерь P минимальная.

Из равенства (4) следует:

$$i_q = \frac{M}{p_n(\Psi_0 + \Delta L i_d)}. \quad (6)$$

Условие (5) принимает вид:

$$i_d^2 + \frac{M^2}{p_n^2(\Psi_0 + \Delta L i_d)^2} \rightarrow \min. \quad (7)$$

Продифференцируем это выражение и приравняем производную нулю:

$$i_d - \frac{M^2 \Delta L}{p_n^2(\Psi_0 + \Delta L i_d)^3} = 0. \quad (8)$$

Отсюда получаем уравнение:

$$M = p_n \sqrt{(\Psi_0 + \Delta L i_d)^3 i_d / \Delta L}. \quad (9)$$

Зависимость мощности потерь от электромагнитного момента может быть получена численно. Задаемся значением тока i_d и вычисляем соответствующее значение момента M . Затем по формуле (6) находим значение i_q . Далее по формуле (5) определяем мощность потерь P .

Была разработана программа, позволяющая рассчитать зависимость $P(M)$ [3]. Параметры имели значения: $p_n = 2$; $\Delta L = 0,2$ Гн; $\Psi_0 = 1$ Вб; $r = 2$ Ом.

Ток i_d изменялся с шагом 0,01 А от 0 до 2 А.

На рис. 2 показаны зависимости токов i_d, i_q угла θ и мощности потерь P от электромагнитного момента M . Масштабы графики для этих величин: $m_1 = 9$; $m_2 = 9$; $m_3 = 20$; $m_4 = 1$; $m_5 = 1$.

Видно, что при малом моменте зависимость тока $i_q(M)$ близка к линейной, а зависимости $i_d(M)$ и $P(M)$ близки к квадратическим функциям. По мере увеличения момента на помощь току i_q приходит ток i_d , рост тока i_q замедляется, а ток i_d изменяется по линейному закону.

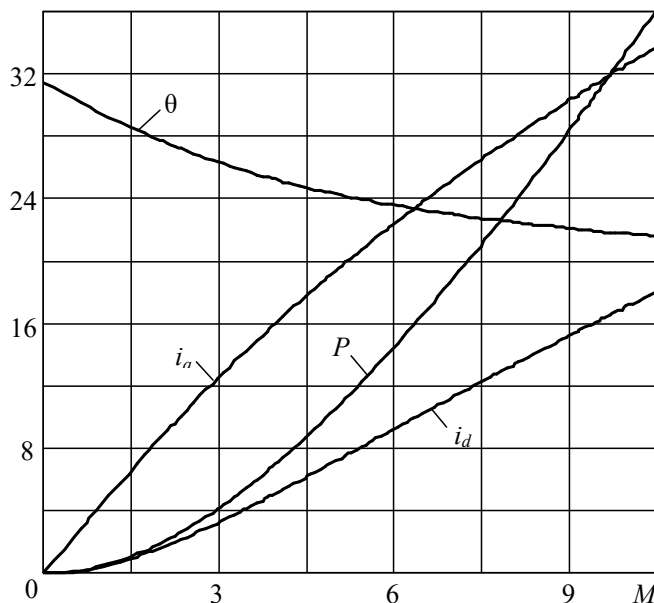


Рис. 2. Зависимости $i_d(M)$, $i_q(M)$ и $P(M)$

Была проведена аппроксимация методом наименьших квадратов зависимости $P(M)$ функцией

$$P = c_0 M^2 + c_3 M^3. \quad (10)$$

Получилась зависимость

$$P = 0,5045 M^2 - 0,0171 M^3. \quad (11)$$

Среднеквадратическая относительная приведенная погрешность составила 0,25 %, что говорит о пригодности данной формулы аппроксимации.

С учетом потерь в стали формула для мощности потерь приобретает вид:

$$P = c_0 M^2 + c_3 |M|^3 + c_1 |\omega| + c_2 \omega^2. \quad (12)$$

Коэффициенты c_1 , c_2 соответствуют мощностям потерь в стали на гистерезис и вихревые токи.

2. Рассмотрим дизельный двигатель внутреннего сгорания (ДВС) [2]. Внешняя скоростная характеристика мощности ДВС при полной подаче топлива

$$P_{1B} = P_m (a_0 \bar{\omega} + a_1 \bar{\omega}^2 - a_2 \bar{\omega}^3) = P_m k_P(\bar{\omega}), \quad (13)$$

где a_0 , a_1 , a_2 – постоянные положительные коэффициенты; P_m – максимальное значение мощности при полной подаче топлива и при частоте вращения ω_P ; $\bar{\omega}$ – относительная частота вращения: $\bar{\omega} = \omega / \omega_P$.

Внешняя скоростная характеристика момента при полной подаче топлива

$$M_{1B} = M_P(a_0 + a_1\bar{\omega} - a_2\bar{\omega}^2) = M_P k_M(\bar{\omega}). \quad (14)$$

Тогда

$$k_P(\bar{\omega}) = \bar{\omega} k_M(\bar{\omega}). \quad (15)$$

Запас крутящего момента:

$$m_3 = \frac{M_m - M_P}{M_P}, \quad (16)$$

где M_m – максимальный момент при полной подаче топлива, который достигается при частоте вращения ω_M ; M_P – момент при полной подаче топлива и $\omega_1 = \omega_P$.

Коэффициенты a_0, a_1, a_2 находятся по формулам:

$$a_0 = 2 - \frac{1}{4m_3}; \quad (17)$$

$$a_1 = \frac{1}{2m_3} - 1; \quad (18)$$

$$a_2 = \frac{1}{4m_3}. \quad (19)$$

Степень использования мощности или момента:

$$u_1 = \frac{P_1}{P_{1B}} = \frac{M_1}{M_{1B}}. \quad (20)$$

Текущая мощность ДВС:

$$P_1 = u_1 P_{1B} = u_1 P_m k_P. \quad (21)$$

Текущий момент ДВС:

$$M_1 = u_1 M_{1B} = u_1 M_P k_M. \quad (22)$$

ДВС имеет расходную характеристику

$$G = G(M_1, \omega_1). \quad (23)$$

Удельный расход топлива g , кг/с·Вт:

$$g = k_\omega k_u g_P, \quad (24)$$

где k_ω – коэффициент, зависящий от частоты вращения,

$$k_{\omega} = 1,23 - 0,79\bar{\omega} + 0,56\bar{\omega}^2 = b_0 - b_1\bar{\omega} + b_2\bar{\omega}^2; \quad (25)$$

k_u – коэффициент, зависящий от u_1 :

$$k_u = 1,7 - 2,62u_1 + 1,92u_1^2 = d_0 - d_1u_1 + d_2u_1^2; \quad (26)$$

g_P – удельный расход топлива при полной подаче и частоте вращения ω_P .

Секундный расход топлива:

$$G = gM_1\omega_1 = gP_1 = k_{\omega}k_u g_P P_m k_P u_1 = u_1 k_P k_u k_{\omega} G_P, \quad (27)$$

где G_P – максимальный расход топлива при $\omega = \omega_P$;

$$G_P = g_P \cdot P_m. \quad (28)$$

Была составлена модель дизельного двигателя в пакете Simulink Matlab для построения основных скоростных характеристик ДВС. Приняты следующие значения параметров [3].

Максимальная мощность $P_m = 100$ кВт. Частота вращения при максимальной мощности $\omega_P = 200$ с⁻¹. Удельный расход топлива при этом $g_P = 6 \cdot 10^{-8}$ кг/с·Вт, а секундный расход топлива $G_P = 6 \cdot 10^{-3}$ кг/с. Частота вращения ω_1 изменялась в пределах от 0 до 250 с⁻¹.

На рис. 3 приведены результаты моделирования модели, а именно зависимости $M(\omega_1)$, и $G(\omega_1)$ при пяти значениях степени использования $u_1 = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$. Отмечены частоты с максимальным моментом ω_M , с максимальной мощностью ω_P и с максимальным потреблением топлива ω_G . Масштабы для величин: $M_1 - 1$; $P_1 - 0,005$; $G - 100\,000$.

Данная модель дизельного двигателя при наличии значений параметров M_m , M_P , ω_P и g_P позволяет моделировать конкретный дизельный двигатель с учетом степени использования по мощности и проводить расчеты секундного расхода топлива.

3. Оптимальное управление ГСУ с голономными связями. Гидромеханическая передача (ГМП), входящая в состав ГСУ, может работать в двух режимах. При трогании и разгоне транспортного средства (ТС) механическая мощность передается через гидротрансформатор (ГТ), у которого частоты вращения входного и выходного валов могут быть произвольными в определенных пределах, а момент передается через рабочую жидкость. Такая механическая связь в теоретической механике называется неголономной (нежесткой) [5].

После набора достаточной скорости ТС происходит переключение ГМП на режим жесткой связи между скоростями входного и выходного валов. Такая механическая связь называется голономной (геометрической, жесткой).

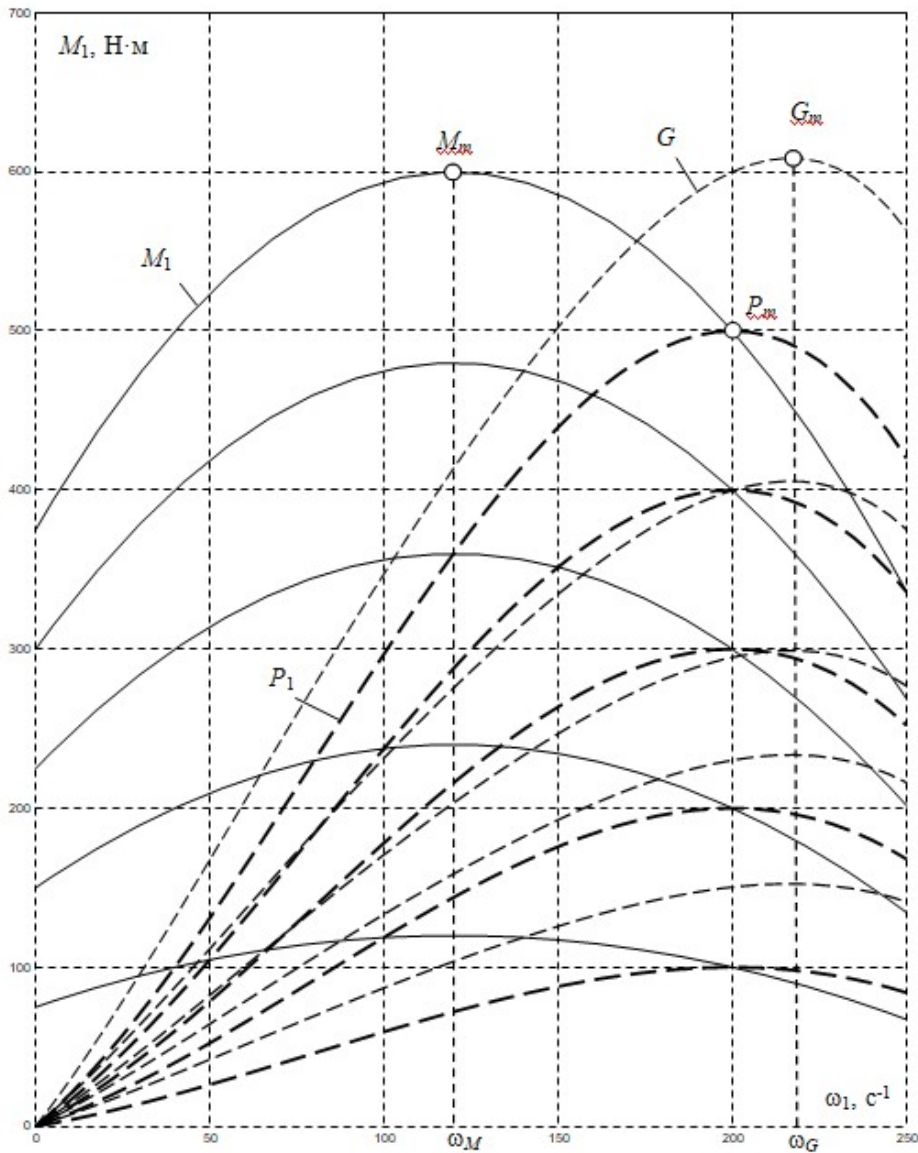


Рис. 3. Скоростные характеристики $M_1(\omega_1)$, $P_1(\omega_1)$ и $G(\omega_1)$

На рис. 4. показана функциональная схема ГСУ с голономной связью.

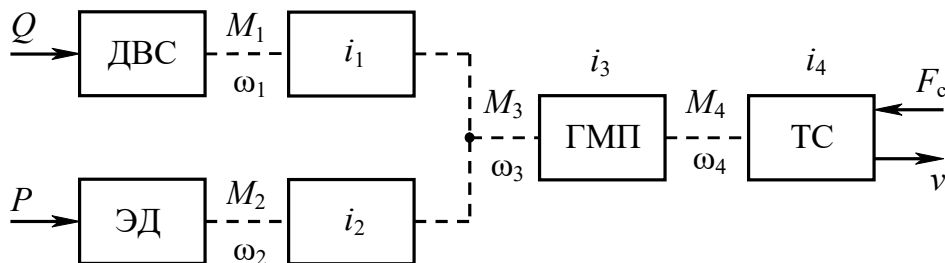


Рис. 4. Функциональная схема ГСУ с голономной связью

На ДВС поступает топливо с секундным расходом Q , кг/сек. Выходной вал ДВС имеет момент M_1 и частоту вращения ω_1 . Он связан с входным валом гидромеханической передачи ГМП через передачу с передаточным числом i_1 .

На ЭД поступает электроэнергия с мощностью P , Вт. Выходной вал ЭД имеет момент M_2 и частоту вращения ω_2 . Он связан с входным валом ГМП через передачу с передаточным числом i_2 .

Входной вал ГМП имеет частоту вращения ω_3 , удовлетворяющую равенствам:

$$\omega_1 = i_1 \omega_3; \quad (29)$$

$$\omega_2 = i_2 \omega_3. \quad (30)$$

К нему приложен момент

$$M_3 = i_1 M_1 + i_2 M_2. \quad (31)$$

Здесь соотношения приводятся без учета потерь энергии в жестких механических передачах.

Выходной вал ГМП имеет частоту вращения ω_4 и момент M_4 . Они связаны с входными величинами M_3 , ω_3 голономными (геометрическими, жесткими) связями, которые выражаются равенствами:

$$\omega_3 = i_3 \omega_4; \quad (32)$$

$$M_4 = i_3 M_3. \quad (33)$$

Со скоростью ТС v и с продольной силой F , действующей на ТС, имеются связи, выражаемые уравнениями:

$$\omega_4 = i_4 v; \quad (33)$$

$$F = i_4 M_4. \quad (34)$$

Потери в механической передаче учитываются соответствующим увеличением силы сопротивления F_c .

ДВС имеет расходные характеристики, определяемые уравнением

$$Q = Q(M_1, \omega_1), \quad (35)$$

здесь M_1 – момент на валу ДВС, Н·м; ω_1 – частота вращения вала ДВС, рад/с; Q – массовый расход топлива, кг/с.

Электродвигатель имеет расходные характеристики, описываемые уравнением

$$P = P(M_2, \omega_2), \quad (36)$$

здесь M_2 – момент на валу ЭД, Н·м; ω_2 – частота вращения вала ЭД, рад/с; P – электрическая мощность, потребляемая ЭД, Вт.

Движение ТС описывается уравнениями

$$\frac{dx_1}{dt} = x_2; \quad (37)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = \frac{[i_1 M_1(u_1, x_2) + i_2 M_2(u_2) - M_{3c}(x_1, x_2)]}{J_3}, \quad (38)$$

здесь $x_1 = \alpha_3$, $x_2 = \omega_3$ – угол поворота и частота вращения входного вала ГМП; u_1 – степень использования дизеля по мощности и моменту; $u_2 = I$ – ток ЭД; J_3 – суммарный момент инерции, приведенный ко входному валу ГМП; M_{3c} – приведенный статический момент сопротивления.

Величины x_1 и x_2 играют роль фазовых координат, а величины u_1 и u_2 – роль управляющих воздействий.

Предполагается, что функции $M_1(u_1, x_2)$, $M_2(u_2)$, $M_{3c}(x_1, x_2)$, $G(u_1, x_1)$, $P(u_2, x_2)$ известны. Задан интервал времени $[t_0, t_f]$, начальные и конечные условия:

$$x_1(t_0) = x_{10}; \quad x_2(t_0) = x_{20}; \quad x_1(t_f) = x_{1f}; \quad x_2(t_f) = x_{2f}. \quad (39)$$

Требуется найти законы изменения управляющих воздействий $u_1(t)$ и $u_2(t)$, при которых функционал

$$V = \int_{t_0}^{t_f} (a_D G(u_1, x_2) + a_E P(u_2, x_2)) dt \quad (40)$$

имеет минимальное значение. Здесь a_D и a_E – весовые коэффициенты, определяющие ценность дизельного топлива и электрической энергии.

Решение задачи производится по принципу максимума Л.С. Понтрягина [6]. Запишем гамильтониан и уравнения относительно сопряженных переменных:

$$H = \frac{-a_D G(u_1, x_2) - a_E P(u_2, x_2) + \psi_1 x_2}{J_3} + \frac{\psi_2 [i_1 M_1(u_1, x_2) + i_2 M_2(u_2) - M_{3c}(x_1, x_2)]}{J_3}, \quad (41)$$

$$\frac{d\psi_1}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x_1} = \frac{\psi_2}{J_3} \frac{\partial M_{3c}}{\partial x_1}; \quad (42)$$

$$\frac{d\psi_2}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x_2} = a_D \frac{\partial G}{\partial x_2} + a_E \frac{\partial P}{\partial x_2} - \psi_1 - \frac{\psi_2}{J_3} \left(i_1 \frac{\partial M_1}{\partial x_2} - \frac{\partial M_{3c}}{\partial x_2} \right). \quad (43)$$

В ходе решения уравнений, получаем:

$$u_1 = \frac{d_1 + \sqrt{d_1^2 - 3d_2d_3}}{3d_2}, \quad (44)$$

$$\text{где } d_3 = d_0 - \frac{i_1 \Psi_2 f_M M_P}{a_D f_P f_\omega G_P J_3}; \quad (45)$$

$$u_2 = \frac{i_2 c_3 (\Psi_2 / J_3 - a_E x_2)}{6ra_E}. \quad (46)$$

Для установления точки глобального максимума гамильтониана H по управлению u_1 запишем слагаемые, входящие в H и зависящие от u_1 :

$$H_{u_1} = \frac{-a_D G(u_1, x_2) + \Psi_2 i_1 M_1(u_1, x_2)}{J_3}. \quad (47)$$

Поиск максимума этой функции эквивалентен поиску максимума по моменту M_1 функции

$$Q = aM_1 - G(M_1, x_2). \quad (48)$$

На рис. 5. представлены графики функции $Q(M_1)$ при $x_2 = 180$ и нескольких значениях коэффициента a . Кривые обозначены цифрами от 1 до 9. Коэффициент a имеет значения: кривая 1 – 0,0; 2 – 0,0085; 3 – 0,0175; 4 – 0,0282; 5 – 0,0402; 6 – 0,0521; 7 – 0,0640; 8 – 0,0760; 9 – 0,0880.

При значениях коэффициента a меньше 0,0175 максимум функции $Q(M_1)$ достигается при $M_1 = 0$. Производная dM_1/dx_2 нигде в ноль не обращается. При $a = 0,0175$ (кривая 3) появляется одна стационарная точка a – точка перегиба. При значениях коэффициента $a < 0,0282$ глобальный максимум функции $Q(M_1)$ по прежнему достигается в точке $M_1 = 0$.

При $a = 0,0282$ (кривая 4) глобальный максимум достигается сразу в двух точках – 0 и точка b . Если коэффициент a лежит в пределах от 0,0282 до 0,0760, то максимум функции $Q(M_1)$ достигается в точках дуги $b - c$. При $a = 0,0760$ (кривая 8) максимум достигается при максимальном моменте (точка c , $u_1 = 1$).

При значениях $a > 0,0760$ максимум достигается при максимальном моменте (точка d , $u_1 = 1$). Кривые, разделяющие области с различными свойствами, имеют номера 3, 4 и 8.

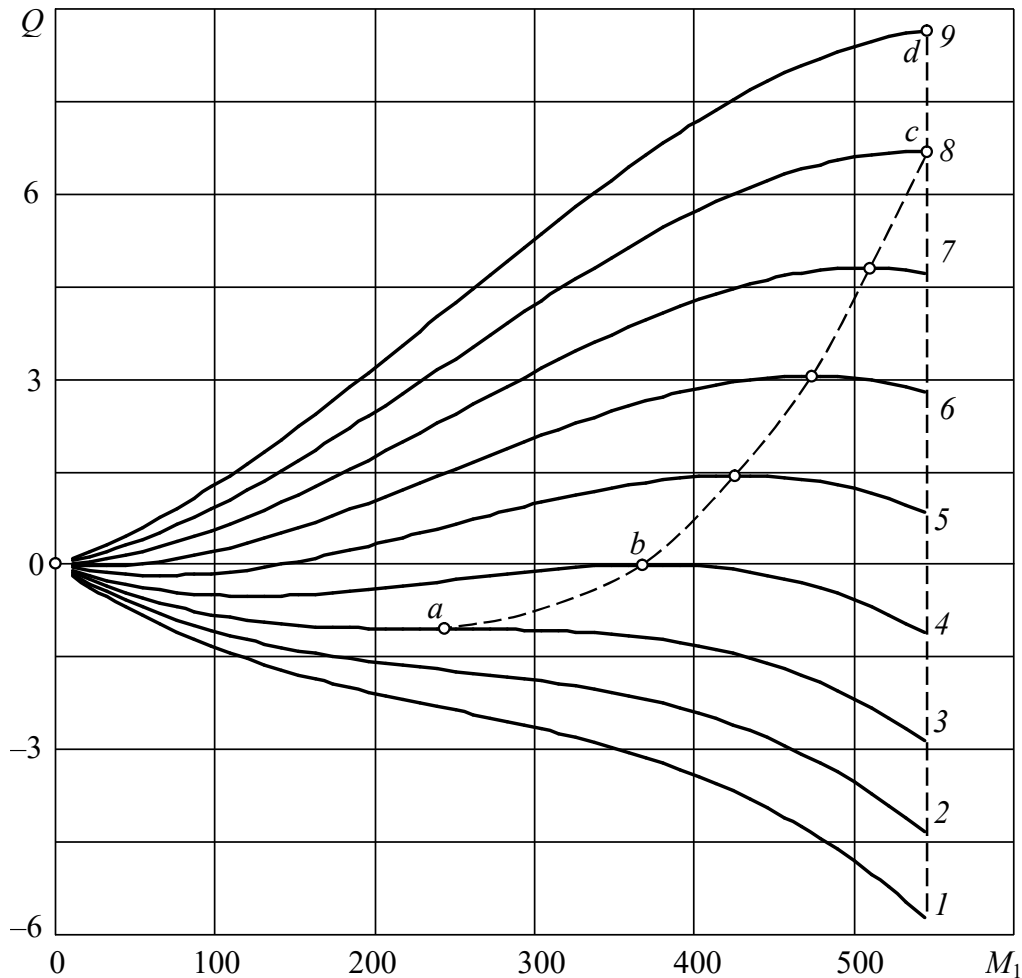


Рис. 5. Зависимости функции Q от M_1 при $x_2 = \text{const}$

Для исследования процессов в гибридной силовой установке при оптимальном управлении была составлена программа SYDIOPCO. Она имеет процедуры GDPEMDME, DER, RUNCUT, MAIN и обращение к процедуре KOORSET [3].

Процедура GDPEMDME вычисляет относительную частоту вращения $\bar{\omega}$, оптимальные значения управляющих воздействий u_1 , u_2 , моменты M_1 , M_2 , M_{3c} , расход топлива G и мощность P , потребляемую электродвигателем, а также частные производные, необходимые для вычисления величины $d\psi_2/dt$, и гамильтониан H .

Процедура DER обращается к процедуре GDPEMDME и вычисляет правые части дифференциальных уравнений (37), (38), (42), (43), а также подынтегральное выражение в равенстве (40).

Процедура RUNCUT выполняет один шаг интегрирования системы дифференциальных уравнений 5-го порядка, обращаясь к процедуре DER 4 раза.

Процедура MAIN содержит цикл, который выполняется 25000 раз и решает систему дифференциальных уравнений при изменении времени на 50 сек. с шагом 2 мсек. Здесь же содержатся операторы, выполняющие графику на дисплее и запись результатов расчета в текстовый файл через 0,5 сек.

Начальные условия имеют вид:

$$\alpha(0) = 0; \quad \omega(0) = 100;$$

$$\psi_1(0) = 0,00346724;$$

$$\psi_2(0) = 0,02.$$

Отметим необходимость тщательного подбора начального значения сопряженной переменной ψ_1 для выхода на установившийся режим работы (6 значащих цифр). Это объясняется известным свойством неустойчивости полной системы дифференциальных уравнений по методу принципа максимума Понтрягина [6].

Параметры имеют следующие значения.

Запас крутящего момента $m_3 = 0,2$.

Коэффициенты, определяющие статический момент сопротивления:

$$k_0 = 378; \quad k_1 = 0,3; \quad k_2 = 0,001.$$

Активное сопротивление фазы электродвигателя $r = 1$ Ом. Коэффициент момента ЭД $c_s = 3$. Момент инерции подвижных частей ДВС и ЭД $J_d = 2$ кг·м². Момент инерции, эквивалентный массе автомобиля, $J_a = 20$ кг·м². Угловая частота $\omega_p = 150$ с⁻¹. Максимальная мощность $P_m = 60\ 00\ 480$ Вт. Вращающий момент при этом $M_p = 400$ Н·м.

Весовые коэффициенты: $a_D = 80$; $a_E = 4 \cdot 10^{-6}$. На рис. 6. приведены графики угла, частоты вращения, сопряженных переменных, показателя качества и моментов. Масштабы графики: $\alpha - 0,008$; $\omega - 0,5$; $\psi_1 - 8000$; $\psi_2 - 2000$; $V - 5$; $M_1, M_2, M_\Sigma - 0,1$.

Таким образом, в ходе выполнения работы удалось решить задачу оптимального управления токами двигателя для создания требуемого электромагнитного момента при минимальной потребляемой мощности, рассмотреть характеристики дизельного двигателя внутреннего сгорания и решить задачу оптимального управления движением транспортного средства с гибридной силовой установкой с жесткой связью в передаче.

Данные результаты помогут достичь оптимального использования ЭД и ДВС по выдаваемой суммарной мощности при экономии электрической энергии и дизельного топлива.

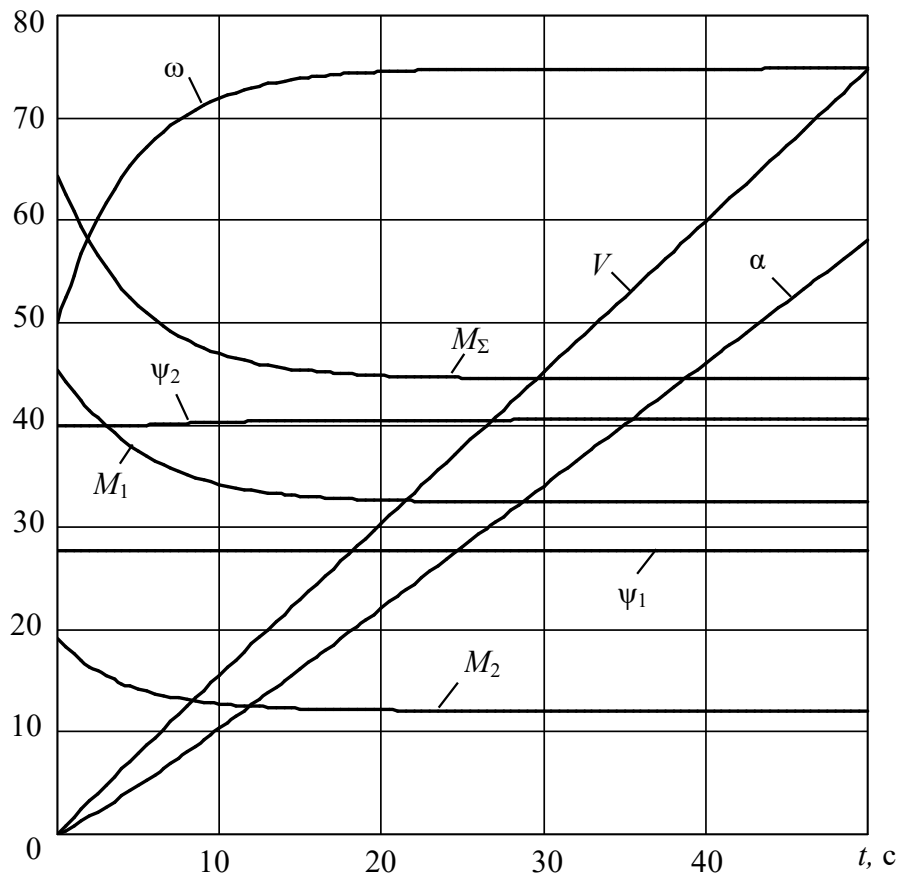


Рис. 6. Графики угла, частоты вращения, сопряженных переменных, показателя качества и моментов

Список литературы

1. Автоматизированный электропривод: Справочник / Под ред. Н.Ф. Ильинского, М.Г. Юнькова. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Автомобильный справочник (Bosch): Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп.– М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.
3. Герман-Галкин С.Г. Matlab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: Издательство «Корона. Век», 2011. – 368 с.
4. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода. – М.: МЭИ, 2001.
5. Петров Ю.П. Оптимальное управление электроприводом. – М., – Л.: Гос-энергоиздат, 1961. – 187 с.
6. Понтрягин Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко. – М.: Наука, 1976. – 392 с.

УДК 681.3

АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ АВТОПИЛОТА АВТОМОБИЛЯ

М.Ф. Садыков¹, М.П. Горячев², Н.К. Андреев³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹s-marik@yandex.ru, ²goryachev91@mail.ru,
³ngeikandreev@gmail.com

Аннотация. В настоящее время, автопроизводители трудятся над разработкой автономных автомобилей, способных решать без участия их владельца рутинные задачи. В данной работе предлагается дополнить систему автопилота транспортного средства системой контроля технического состояния автомобиля, разрабатываемой в Казанском государственном энергетическом университете совместно со специалистами ПАО «КАМАЗ». Кратко описывается аппаратная и программная составляющие системы контроля технического состояния автомобиля.

Ключевые слова: автопилот на автомобилях; ДВС; ЭБУ; система контроля технического состояния автомобиля; виртуальная модель; управление двигателем.

В настоящее время ряд ведущих фирм ведет работы по созданию автомобильного автопилота. По замыслу, такой автопилот оснащен набором специальных датчиков дальнего действия, которые установлены по бокам, спереди и сзади. Они контролируют всё, что происходит в радиусе 4–5 метров движущегося авто. Кроме этого, в его передней части установлены камера и радар. На борту имеется модуль GPS. Информация от датчиков обрабатывается компьютерной системой, которая формирует общую картину, анализирует ее и выдает сигналы на управление автомобилем [1]. Современная система управления способна самообучаться и поэтому она постоянно, в некоторых рамках, самосовершенствуется.

Авторами статьи предлагается дополнить систему автопилота системой контроля технического состояния автомобиля (СКТСА), которая разрабатывается в Казанском государственном энергетическом университете совместно со специалистами ПАО «КАМАЗ» [2]. СКТСА задумана как программно-аппаратный комплекс, включающий в себя набор датчиков для контроля блоков и узлов автомобиля, электронный блок управления (ЭБУ) двигателем, блок усилителей управляющих воздействий и исполнительных механизмов, набор программ управления, обработки и анализа сигналов, виртуальную модель двигателя и ЭБУ. Особенностью СКТСА является наличие программы-эмулятора функций блоков и узлов автомобиля, а также системы контролирующих датчиков, их сигналов, программ

управления автомобилем. Наличие программы эмулятора позволяет производить проверку и тестирование корректности работы электронных узлов, алгоритмов управления двигателем. Разработанная система предназначена для проведения предварительной настройки электронных таблиц, формирующих мощностные характеристики двигателя, отработки реакций на возникающие неисправности и отклонения в работе системы управления, проверку алгоритмов системы управления. Одновременно она позволяет системе самообучаться и усовершенствоваться по мере накопления опыта работы. Системы эмуляции так же позволяют эффективно выполнять процесс калибровки для настройки сложных систем и значительно снизить на неё финансовые и временные затраты. Такие системы представляют набор стандартных инструментов для выполнения калибровки в автоматизированной среде.

Элементы электронной системы управления двигателем можно подразделить на узлы с быстродействующими параметрами и относительно медленно меняющимися параметрами, в масштабе времени одного цикла.

К числу быстродействующих элементов относятся катушки зажигания, дозатор топлива, привод и положение дроссельной заслонки, датчик положения коленчатого вала, датчик фазы, датчики давления и температуры воздуха в коллекторе. Оставшиеся устройства: датчики давления и температуры газа в баллоне, положение дроссельной заслонки, датчик температуры охлаждающей жидкости относятся к числу относительно медленных элементов системы управления [2].

Основой аппаратно-программного комплекса эмуляции работы ДВС, является платформа PXI компании National Instruments. В шасси PXI устанавливается основной контроллер, обеспечивающий работу всей платформы и дополнительных модулей. В аппаратно-программном комплексе использован высокопроизводительный встраиваемый контроллер NI PXIe-8135, который базируется на процессоре Intel Core i7-3610QE для систем PXI Express.

Создание системы контроля технического состояния автомобиля (СКТСА), способной взаимодействовать с автопилотом, позволит ускорить разработку будущих систем автопилотирования, а также проводить их отладку и разрабатывать новые алгоритмы взаимодействия с системой управления транспортным средством с учётом всех возможных аварийных ситуаций.

Список литературы

1. Картушев Н.А. Предпосылки создания автопилотируемых машин и сравнительный анализ систем автопилота в автомобилях TESLA и VOLVO // Журнал «Теория и практика современной науки». Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. – № 1 (19).

2. М.Ф. Садыков, В.М. Гараев, И.А. Муратаев, Д.А Ярославский, А.Р. Гайнутдинов. Аппаратно-программный эмулятор ДВС с графическим программированием алгоритма. Журнал «Вестник Казанского технологического университета», 2014. – Т. 17. – № 6. – С. 293–294.

УДК 539.143

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ СКВАЖИННОЙ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ ПМР ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАСОСОВ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Б.Р. Сафиуллин, Р.С. Кашаев¹, О.В. Козелков²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹kashaev2007@yandex.ru, ²ok.1972@list.ru

Аннотация. Работа содержит обзор отечественной и зарубежной литературы в области автоматического контроля параметров скважинной жидкости (СКЖ), в частности вязкости и расхода, и аппаратуры, с помощью которой это осуществляется, технологии и параметров оборудования для нефтедобычи с помощью установки электроцентробежного насоса (УЭЦН). Предложено для осуществления контроля вязкости и расхода СКЖ и управления работой УЭЦН использовать проточный протонно-резонансный анализатор (ПМРА).

Ключевые слова: контроль, параметры скважинной жидкости, вязкость, расход, установка электроцентробежного насоса, проточный протонно-резонансный анализатор.

На современном этапе развития топливно-энергетического комплекса все большую актуальность приобретают вопросы контроля и оптимального управления эксплуатации нефтедобывающего оборудования, энерго-сбережения и надежности энергообеспечения. В связи с усложнением условий добычи нефти – ростом вязкости нефти, необходим постоянный контроль параметров скважинной жидкости (СКЖ) и ее расхода (дебита) для регулирования режима работы оборудования и оптимизации процесса нефтедобычи.

Работа содержит обзор и анализ отечественной и зарубежной литературы в области автоматического контроля параметров скважинной жидкости, в частности вязкости и расхода, аппаратуры, с помощью которой это осуществляется – дебитомеров, и технологии и параметров оборудования для

нефтедобычи с помощью установки электро центробежного насоса (УЭЦН), наиболее востребованных (70% добычи) и эффективных на настоящее время в Российской Федерации.

Измерения расходов СКЖ в скважинах имеют свои особенности, обусловленные тем, что они проводятся в трубопроводах, образуемых открытым стволом скважины или эксплуатационной колонной труб (НКТ), площадь сечения которых в месте замера обычно неизвестна. Кроме того, глубинный первичный датчик дебитомера может занимать разное положение по сечению трубопровода и в зависимости от положения его показания будут отличаться. Поэтому, в этом случае при определении только скорости потока СКЖ нельзя измерить точный расход, равный произведению скорости потока на поперечное сечение трубопровода. Но измерения расхода необходимо, поскольку с их помощью можно получить более точную кривую дополнительного притока жидкости в скважину после ее остановки, чем кривую, построенную по показаниям устьевых и глубинных измерителей давления – манометров.

Контроль расходов и других ФХС скважинной жидкости (СКЖ) и регулирование ЭП затруднено многообразием входящих в СКЖ компонентов и постоянно меняющихся в ходе добычи их свойств, агрессивностью, токсичностью, взрывоопасностью среды. Существующие методы контроля и анализа не обладают достаточной представительностью пробоотбора, осуществляются целой номенклатурой анализаторов и не обладают достаточной оперативностью.

Одним из таких методов является метод ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР), который относится к методам квантовой радиофизики. Уникальные возможности ЯМР связаны с тем, что квантово-магнитные свойства ядер (протонов) не зависят от морфологии исследуемого объекта, инверсии фаз, и в то же время параметры релаксации протонных фаз коррелируют с физико-химическими свойствами (ФХС) объектов исследования. Теория ПМР хорошо развита, что с успехом может быть использовано для анализа нефти.

Экспресс-метод ПМР является бесконтактным, не требует подготовки пробы и автоматизируем, что важно для дистанционного контроля и управления труднодоступных скважин и предупреждения техногенных аварий. Это также один из путей рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. Его эффективность была продемонстрирована в ряде методик, разработанных для лабораторных ПМР-анализов в работах Р.С. Кашаева и О.В. Козелкова [1 – 6] и имеет перспективу развития при проточном ПМР-анализе.

В этой связи актуально совершенствование комплекса добычи с помощью УЭЦН для автоматического управления работой скважин. На основе ПМР-анализатора (ПМРА) при использовании ПМР-метода может быть разработана многофункциональная автоматическая станция интеллектуальной скважины, в качестве прототипа которой может выступать патент РФ № [7] «Измеритель расхода и состава жидкостей» Старикова В.П. и Садыкова Р.Х. методом ЯМР.

Из патента США № 4785245 известна конструкция измерителя расхода жидкости на основе ЯМР, включающая трубопровод, проходящий вдоль оси линейно размещенных подковообразных магнитов (магнитный поляризатор), при этом измерительный участок сигналов ЯМР (приемно-передающие катушки) размещен на трубопроводе вдоль общей оси внутри магнитного поля. Недостатком конструкции являются большие габариты и вес магнитного поляризатора, обусловленные линейным размещением магнитов вдоль оси. От величины размеров поляризатора зависит точность измерений – чем полнее намагниченность жидкости, тем она выше.

В изобретении [7] с целью устранения указанного недостатка, повышения точности и достоверности измерения, расширения диапазона скоростей потока на измерительном участке (расширение диапазона пропускной способности), возможности измерения расхода и состава многофазных и многокомпонентных жидкостей, предложена конструкция, представленная на рис. 1–4.

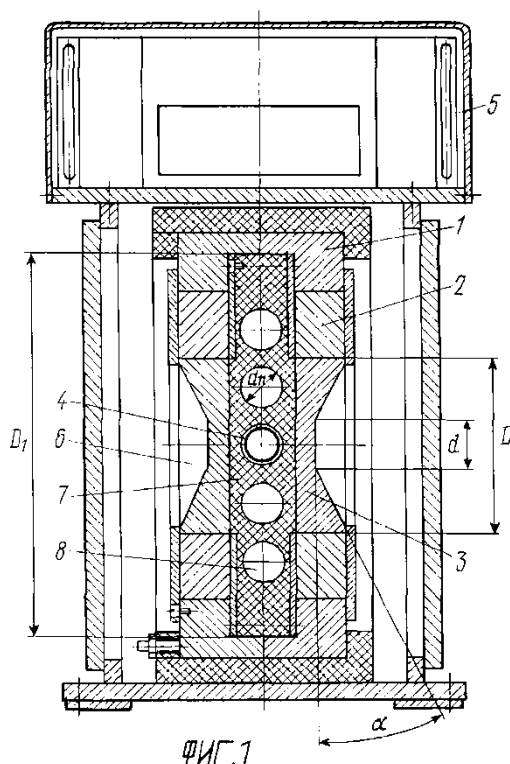


Рис. 1. Общий вид измерителя расхода и состава жидкости

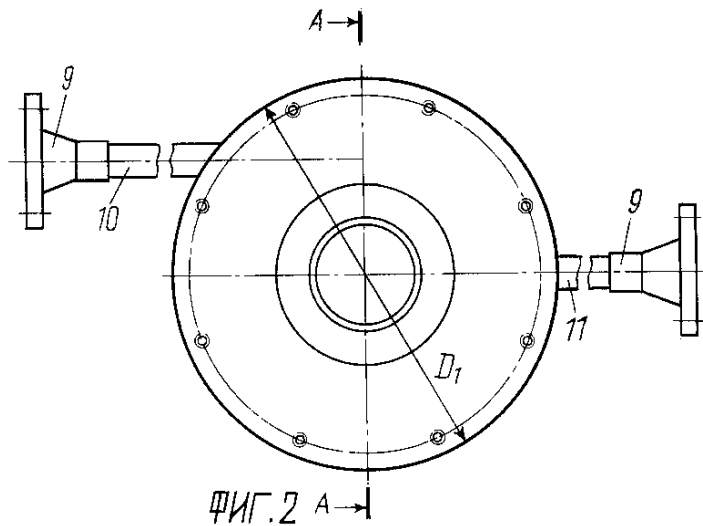


Рис. 2. Общий вид диска, соединенного шутилерами

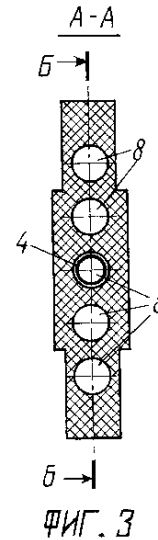


Рис. 3. Сечение диска по линии А-А

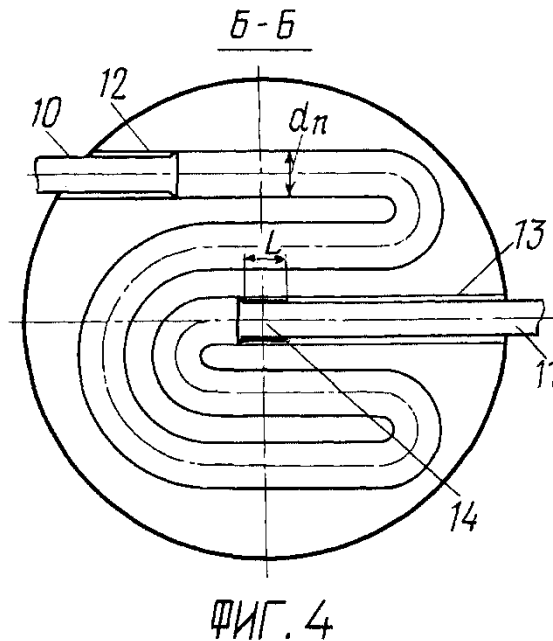


Рис. 4. Сечение диска по линии Б-Б

Устройство работает следующим образом. Постоянные кольцевые магниты 2, выполненные из ферромагнитных материалов и установленные соосно с зазором между собой в цилиндрическом яреме 1, образуют внутри зазора магнитное поле, а вкладыши 3, выполненные из магнитомягкого материала и установленные между их торцевыми поверхностями и имеющие полость б, выполненную в виде усеченного конуса с диаметром входного отверстия D , являющегося большим основанием усеченного конуса, и площадкой с диаметром d внутри полости б, являющейся его меньшим основанием, а в зазоре между кольцевыми магнитами 2 и вкладышами 3 в образуемом ими магнитном поле размещен диск 7

с диаметром D_1 , выполненный из немагнитного, неэлектропроводного материала и установленный соосно между магнитами 2 и вкладышами 3, контактирующий с ними по всей площади обеих торцевых поверхностей. При этом диск 7 снабжен многоколенчатым каналом 8 круглого поперечного сечения с диаметром d_n , где во входное колено 12 через коаксиально размещенный в нем немагнитный неэлектропроводный патрубок 10 через штуцер 9 поступает поток поляризуемой жидкости и последовательно перемещается в магнитном поле и достигает выходного колена 13, проходит через измерительный участок 14 с линейным размером l , снабженный приемно-передающей катушкой 4, охватывающей наружный диаметр патрубка 11, при этом оптимальный размер l не должен превышать размера диаметра d площадки внутри полостей 6 вкладышей 3, определяющего зону максимальной однородности магнитного поля и являющегося функцией угла наклона α , образующей усеченного конуса полости 6, при этом размер диаметра $d = f(\alpha)$ определяется в зависимости от свойств исследуемой жидкости и требуемой величины максимального расхода.

Таким образом, поток поляризуемой жидкости, проходящей по многоколенчатому каналу 8 постоянно находится в магнитном поле и намагничивается по мере движения к участку 14, а наличие диска исключает влияние веса жидкости и гидродинамических факторов и обеспечивает стабильность намагничивания на всем протяжении потока и сечению, при этом угол наклона образующей подбирается таким образом, чтобы обеспечить однородность магнитного поля в пределах измерительного участка не хуже 10^{-6} .

Величина расхода определяется по интенсивности затухания импульса спада свободной индукции (ССИ), регистрируемой приемной катушкой, за счет выноса потоком из измерительного участка 14 той части жидкости, на которую было произведено импульсное РЧ воздействие передающей катушкой в момент времени, когда эта часть жидкости находилась в центре 14. Поскольку постоянная времени ССИ точно известна, то скорость движения определяется с высокой точностью (0,1 – 0,25 %). Измеренная величина затухания ССИ поступает в блок 5 регистрации и измерений. По измеренной скорости потока и определенному покомпонентному составу жидкости в сечении 14, в блоке 5 определяется общий и покомпонентный расход, чувствительность составила 1:10000 (1 доля компонента на 10000 долей воды).

Авторами [7] изготовлен опытный образец с использованием материалов АРМКО (ярмо и вкладыши) и сплав NdFeB для кольцевых магнитов. Диск диаметром 490 мм выполнен из высокопрочной керамики, диаметр пятиколенчатого канала – 48 мм, длина измерительного участка – 50 мм. Измеритель испытывался на Нижнекамскнефтехим при расходах нефтесодержащей жидкости в пределах скоростей потока $v = 0 \div 2$ м/с.

В нашей работе также предполагается моделирование системы пробоотбора и измерительного оборудования, написание программ определения физико-химических параметров (ФХП), вязкости и расхода скважинной жидкости (СКЖ) нефтяной скважины с использованием проточного протонно-магнитного резонансного (ПМР)-анализатора.

Для решения поставленных задач необходимо:

1. Разработать методики измерений параметров СКЖ – вязкости и расхода.

2. Разработать и промоделировать систему пробоотбора, совмещенную с экспрессным проточным ПМР-анализатором (ПМРА), осуществляющий в одном приборе измерения указанных параметров.

3. Промоделировать и разработать алгоритм эффективного управления работой оборудования скважин при изменениях вязкости и дебита.

4. Предполагается практическое использование полученных данных при разработке системы управления УЭЦН нефтегазовых скважин по данным ПМР-анализа и моделированию оптимизации нефтедобычи используя ПМР-параметры.

Список литературы

1. Кашаев Р.С., Козелков О.В. Приборостроение и мехатроника в нефтяной промышленности и энергетике (монография). Изд. Palmarium academic publishing, Saarbruken, Germany, 2017. – 110 с.

2. Кашаев Р.С., Козелков О.В. Приборы и методы анализа физико-химических свойств нефти. Успехи современного естествознания. – ISSN 1681-7494, 2017. – № 4.

3. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Кубанго Б.Э. Проточные протонные магнитно-резонансные анализаторы для контроля скважинной жидкости по ГОСТ Р 8.615-2005 ГСИ. Изв. Вузов. Пробл. Энерг., 2017. – № 1–2. С. 137–151.

4. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Кубанго Б.Э. Способы и мехатронные комплексы нефтедобычи. Современные наукоемкие технологии, 2017. – № 6. С. 52–57. URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=36697>.

5. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Малев Н.А., Кубанго Б.Э. Автоматическое управление УЭЦН используя измерения СКЖ проточным ПМР-анализатором. Изв. Вузов. Пробл. энергетики, 2017. – № 5–6.

6. Кашаев Р.С., Кубанго Б.Э. Проточные ПМР-анализаторы для контроля скважинной жидкости (монография). Изд. Юком. – ISBN 978-5-4480-0076-8, DOI:1017117/mon 2016.11. URL: Ucom.ru/mon.

7. Патент РФ №2190193 G01F 1/716, G01N24/08 Измеритель расхода и состава жидкостей, авт. Стариков В.П., Садыков Р.Х. от 28.08.2001.

УДК 621.314

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СКИПОВОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

А.С. Семёнов¹, А.Н. Егоров²

¹ТИ (ф) СВФУ, г. Нерюнгри

²СТ «Алмазавтоматика» АК «АЛРОСА» (ПАО), г. Мирный

E-mail: ¹as.semenov@s-vfu.ru, ²egorovan@alrosa.ru

Аннотация: Данная статья посвящена вопросам математического моделирования в среде MatLab режимов работы электропривода скиповой подъемной установки. Приведено описание режимов работы шахтных подъемных установок. Рассмотрены различные системы электроприводов, используемых на подъемах, приведены их преимущества и недостатки. Разработана математическая модель, позволяющая смоделировать рабочие циклы и получить рабочие параметры системы электропривода подъемной установки. Получены результаты моделирования, сделаны выводы и заключения.

Ключевые слова: математическое моделирование, MatLab, система электропривода, скиповая подъемная установка, скорость, ток.

Шахтные подъемные установки (ШПУ) являются очень важным звеном технологической схемы подземных горнодобывающих предприятий и весьма требовательными по фактору обеспечения безопасности эксплуатации. Особая технологическая важность ШПУ в производстве рудников и шахт обусловлена, в первую очередь, высоким уровнем требований к безопасности спуска и подъема людей, а также с большими размерами ущерба от простоя и аварий. При этом ШПУ наряду с вентиляторами главного проветривания являются наиболее энергоемкими единичными потребителями подземных горнодобывающих предприятий. Так, мощность подъемных установок рудников АК «АЛРОСА» варьируется от 1,5 до 5 МВт. Еще одна важная особенность ШПУ кроется в их режимах работы, которые состоят из повторяющихся кратковременных циклов, включающих в себя периоды пуска, установившегося движения, торможения и паузы. Иными словами, для надежной работы ШПУ система электропривода должна обеспечивать определенные динамические свойства системы.

Вышеизложенное обуславливает следующие основные требования к электроприводу ШПУ: высокая надежность, безопасность и экономичность работы, простота и удобство управления, высокая перегрузочная способность, возможность плавного изменения скорости в широких пределах, обеспечение автоматизации работы во всех технологических и аварийных режимах.

На подъемных установках рудников АК «АЛРОСА» применяются электроприводы постоянного тока с управлением от тиристорного выпрямителя – система «управляемый выпрямитель – двигатель постоянного тока» и переменного тока с управлением от преобразователя частоты – системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» и «преобразователь частоты – синхронный двигатель». Каждая из этих систем обладает своими преимуществами и недостатками. Рассмотрены режимы работы системы электропривода «управляемый выпрямитель – двигатель постоянного тока» (УВ-ДПТ).

К главным преимуществам системы УВ-ДПТ можно отнести высокое быстродействие, получение необходимых характеристик и точность управления, то есть такой электропривод обладает высокой управляемостью, что упрощает систему автоматического управления движением подъемной машины. В свою очередь, к недостаткам ДПТ при применении в системах электропривода ШПУ следует отнести увеличенные электрические потери, которые приводят к снижению приведенного КПД из-за питания двигателя и сопутствующего оборудования пульсирующим током, а также в таком приводе подъемные машины характеризуется низким коэффициентом мощности. На скиповых машинах этот показатель имеет численное значение не более 0,6-0,65, из-за жесткого соединения привода с электросетью возникают толчки реактивной мощности и падение напряжения в ней. Для решений этих проблем применяют многоимпульсную схему, так, например, электропривод скиповой подъемной установки рудника «Интернациональный» оснащен тиристорным выпрямителем фирмы АВВ типа DCS600, в котором применена 12-типульсная схема выпрямления (двойной выпрямительный мост). Для анализа режимов работы была применена методика, описанная в [1], которая предполагает построение математической модели автоматизированной системы электропривода скиповой подъемной установки в программной среде MatLab/Simulink [2]. Расчеты элементов системы электропривода производились в соответствии с положениями изложенными в [3, 4].

Полученная модель (рис. 1) позволяет смоделировать рабочие циклы и получить рабочие параметры системы электропривода. При этом модель не учитывает особенности скиповой подъемной установки, связанные с кинематикой механизма. При моделировании нагрузка на валу двигателя за цикл работы принимается как постоянная величина, что является не справедливым для ШПУ с противовесом, так как в этих механизмах нагрузка на валу двигателя за рабочий цикл является переменной величиной. Более того, в этих механизмах могут быть получены интервалы, в которых энергия передается от механизма к электроприводу и может осуществляться рекуперация энергии в сеть.

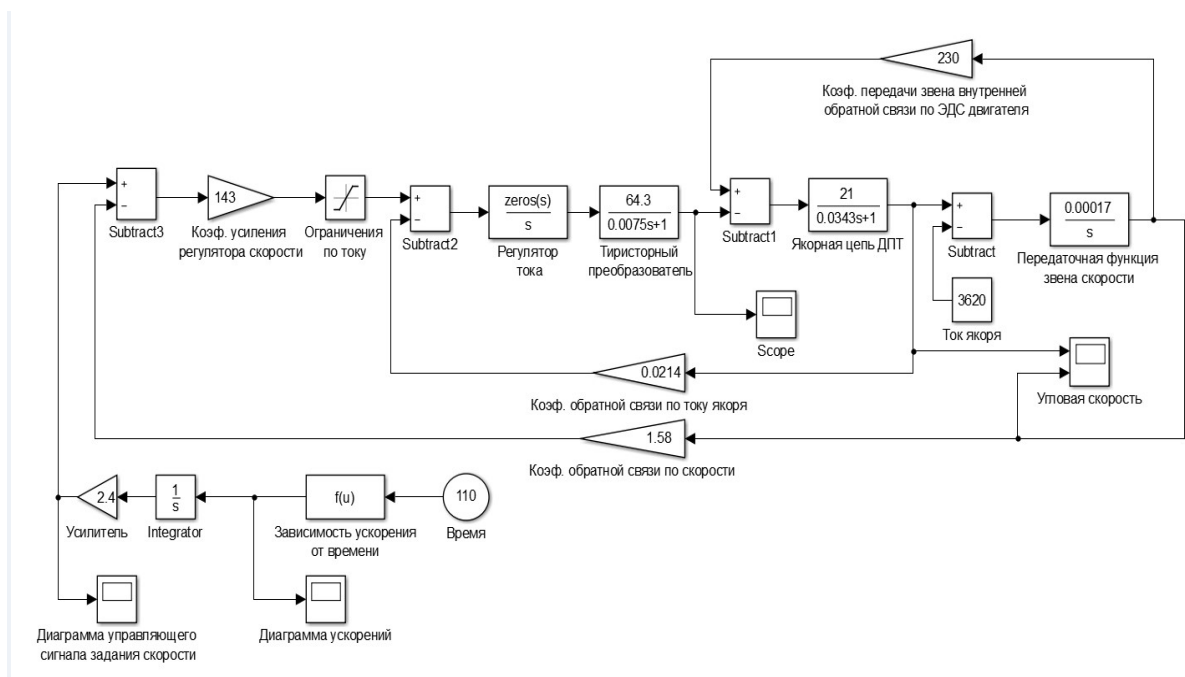


Рис. 1. Модель автоматизированной системы электропривода скиповой подъемной установки в пакете программ MatLab/Simulink

Так, на рис. 2 представлены диаграмма заданного ускорения, управляющего сигнала задания по скорости, фактической угловой скорости и тока якоря. На диаграмме тока видно, что в установившихся режимах электропривода его величина остается постоянной, что говорит о том, что модель не учитывает кинематические особенности установки.

С целью получения осциллограмм параметров системы электропривода, на тиристорных преобразователях DCS600 скиповой подъемной машины рудника «Интернациональный» были проведены измерения параметров с помощью специализированного прикладного программного-технического комплекса DriveWindow. Результаты измерения при спуске и подъеме скипа соответственно представлены на рис. 3, 4. Из осциллограмм

следует, что ток и момент за рабочий цикл меняются в широком диапазоне, причем в установившихся режимах это изменение носит линейный характер.

Для получения полноценной математической модели автоматизированной системы электропривода ШПУ необходимо приведенную модель дополнить элементами, учитывающими механические и динамические свойства самой установки [5, 6].

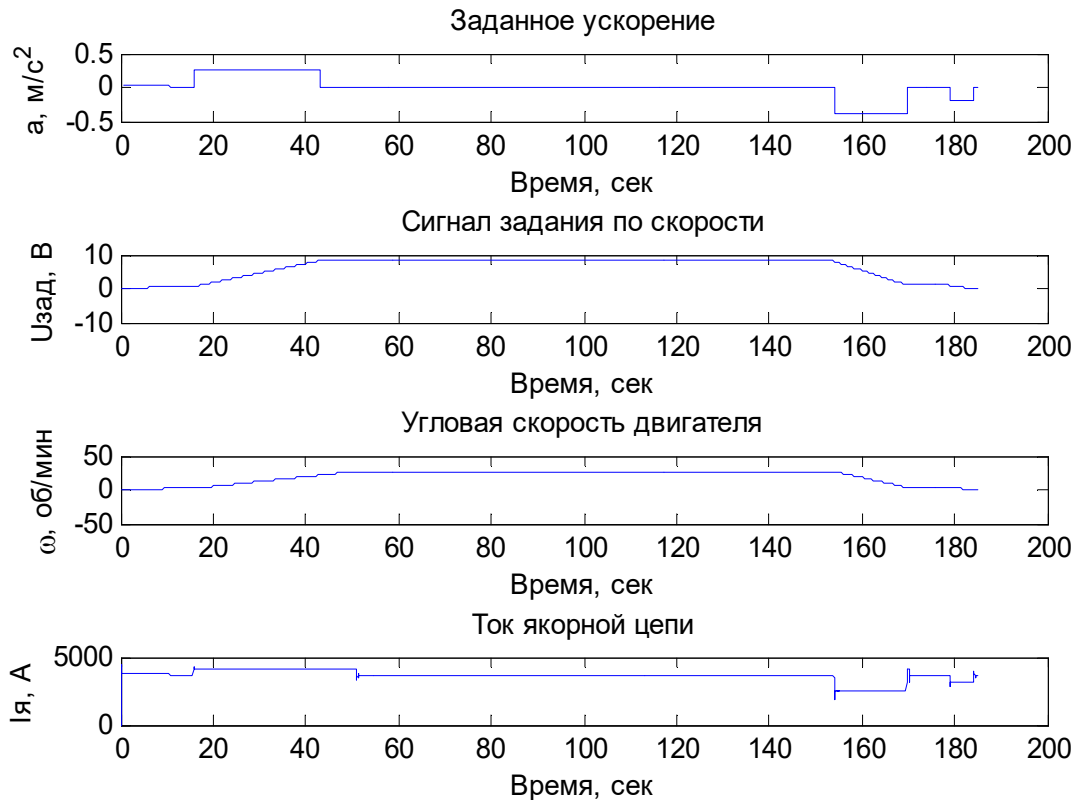


Рис. 2. Результаты моделирования

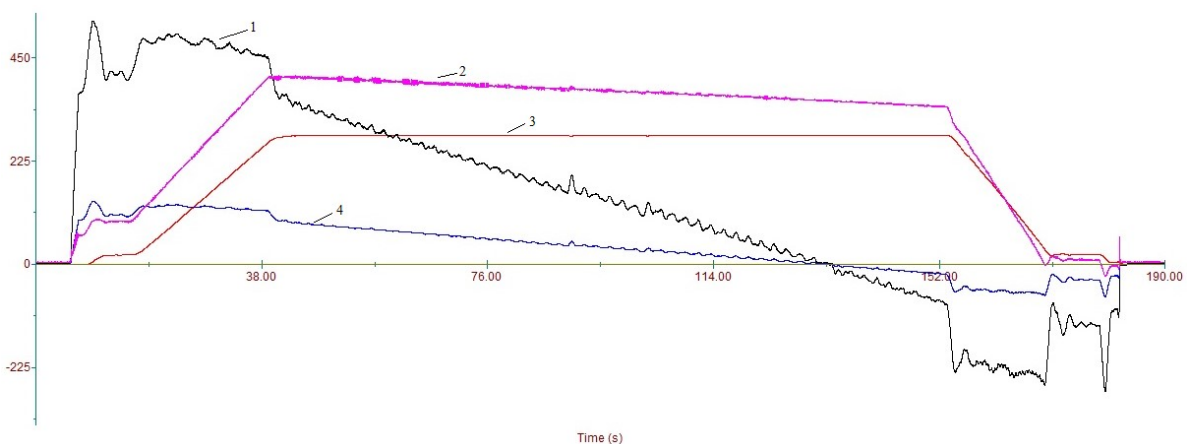


Рис. 3. Изменения тока якоря (А, масштаб 1:10) – кривая 1; напряжения на якоре (В, масштаб 1:1) – кривая 2; скорости двигателя (Об/мин, масштаб 10:1) – кривая 3; момента на валу двигателя (в % от номинального момента, масштаб 1:1) – кривая 4 при спуске порожнего скипа

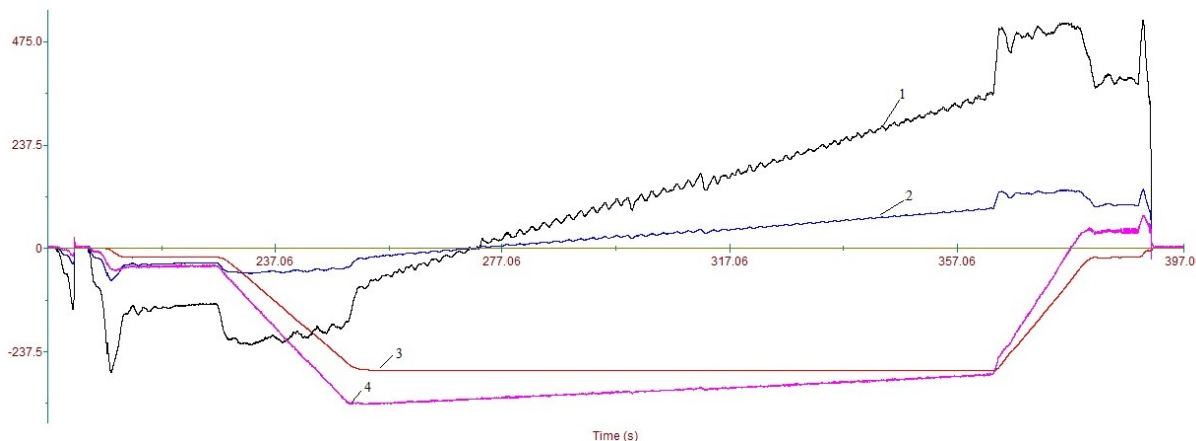


Рис. 4. Изменения тока якоря (А, масштаб 1:10) – кривая 1, напряжения на якоре (В, масштаб 1:1) – кривая 2, скорости двигателя (Об/мин, масштаб 10:1) – кривая 3 и момента на валу двигателя (в % от номинального момента, масштаб 1:1) – кривая 4 при подъеме порожнего скипа

Заключение

Моделирование производилось при помощи пакета программ MatLab и его приложений Simulink. Исследованию подлежали режимы работы подъемной машины при спуске и подъеме порожнего скипа, в ходе моделирования рассматривались основные параметры электродвигателя, такие как частота вращения, токи, напряжение и момент. В результате проведенного анализа моделирования можно сделать выводы о целесообразности использования системы электропривода с двигателем постоянного тока и тиристорным преобразователем.

Список литературы

1. Ляхомский А.В., Фащиленко В.Н. Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства. Ч. 1. Автоматизированный электропривод механизмов циклического действия: Учебное пособие. – М.: Издательство «Горная книга», 2014.
2. Семёнов А.С., Кугушева Н.Н., Хубиева В.М. Моделирование режимов работы электроприводов горного оборудования Учебное пособие. –Saarbrucken: LAPLAMBERTAcademicPublishing, 2013.
3. Проектирование электрических машин /под общей редакцией И.П. Копылова. – М.: Энергия, 2002.
4. Остроухов И.О. Требования к современным системам электропривода шахтных подъемных установок. –М.: Издательство «Горная книга», 2010.
5. Грунтович Н.В., Грунтович Н.В., Ефремов Л.Г., Федоров О.В. Совершенствование системы управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий. // Вестник Чувашского Университета, 2015. – №3. – С. 40–48.

6. Федоров О.В., Карпова Э.Л. Основы технико-экономического выбора электропривода промышленных установок: Монография. – Н. Новгород: Изд-во НГУ, 1991. – 164 с.

УДК 658.264

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЖКХ

В.В. Тарасова¹, Д.Г. Федоров²

ООО «ГорИСС», г. Чебоксары

E-mail: ¹charming_cerl@rambler.ru, ²denisfg@yandex.ru

В.В. Афанасьев³, А.Г. Калинин⁴, В.Г. Ковалев⁵, В.А. Тарасов⁶

ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары

E-mail: ³teu_kafedra@mail.ru, ⁴humanoid1984@yandex.ru,
⁵espp21@mail.ru, ⁶Vladimir_tarasov@inbox.ru

Аннотация. Статистическая обработка данных узлов учета и математические модели стационарных и нестационарных тепловых процессов в зданиях и сооружениях позволили создать алгоритмы адаптивного управления системами теплоснабжения с учетом погодных-климатических и функциональных условий, позволяющие обеспечить комфортные условия при минимальном расходе тепловой энергии. На основе математических моделей разработаны и внедрены программные продукты с использованием среды программирования контроллеров CODESYS и пакета SCADA.

Ключевые слова: математическое моделирование, энерготехнологические системы, автоматическое управление энергоснабжением, интеллектуальные системы.

Современные средства учета расхода энергоносителей позволяют в автоматическом режиме получать и передавать по сети ИНТЕРНЕТ большие массивы информации, которые в основном используются только для расчетных операций по оплате энергоносителей. Все измеренные параметры режимов потребления энергоносителей являются стохастическими величинами и должны исследоваться методами статистического анализа [1,2].

Многофакторный корреляционный и регрессионный статистический анализ данных систем автоматического учета в сочетании с математическим моделированием процессов преобразования энергии позволяют определить фактические индивидуальные статические и динамические параметры объектов энергопотребления с учетом климатических, функциональных (производственных) и других характеристик, исследовать корреляцию между расходом энергоносителей и природно-климатическими факторами.

Статистическая обработка данных по расходу тепловой энергии при известных температурах наружного воздуха и воздуха внутри помещений позволяет определить реальные тепловые характеристики зданий и сооружений с учетом инфильтрации, инсоляции и других факторов, влияющих на потребление тепла. Статистический анализ и математическое моделирование позволяют создавать имитационные модели потребления энергоносителей, которые дают возможность разрабатывать эффективные алгоритмы адаптивного управления системами энергоснабжения. Программная реализация таких алгоритмов позволяет создавать интеллектуальные системы управления процессами энергоснабжения на основе программируемых логических контроллеров.

Алгоритмы управления отоплением, использующие усредненные статические тепловые характеристики объектов, не могут обеспечить высокое качество регулирования тепловой мощности. При значительных изменениях температуры окружающей среды происходят как перетопы, вызывающие перерасход тепловой энергии, так и «недотопы», вызывающие перерасход электроэнергии за счет использования электроотопительных приборов.

Для повышения качества управления отоплением и эффективного использования тепловой энергии необходимы разработки систем и алгоритмов адаптивного управления отоплением, учитывающих индивидуальные статические и динамические параметры объектов. Интеллектуальные системы адаптивного управления режимами теплоснабжения зданий и сооружений, использующие программируемые логические контроллеры и обобщенные математические модели процессов теплообмена, позволяют поддерживать заданные температурные режимы зданий при фактических и прогнозных изменениях параметров окружающей среды, исключить «перетопы» и «недотопы», сократить потребление энергоносителей и платежи [3, 4, 5].

Оптимальное управление энергопотреблением позволит обеспечить комфортные условия при любых погодных условиях, снизить расход тепловой энергии на отопление зданий и сооружений и исключить расход электроэнергии на отопление.

Применяемые в настоящее время алгоритмы управления отоплением, как правило, базируются на температурах прямого и обратного теплоносителей, более совершенные алгоритмы могут учитывать температуры внутреннего и наружного воздуха, строительные объемы зданий и усредненные

статические удельные тепловые характеристики. При этом не учитываются такие индивидуальные особенности объектов, как высота и форма зданий, инфильтрация, обусловленная тепловым и ветровым напором, а также инсоляция. Существующие алгоритмы управления отоплением могут обеспечить заданные комфортные условия только при соблюдении тепло-снабжающими организациями температурных графиков.

В системах коммерческого учета тепловой энергии часто отсутствуют датчики температуры наружного воздуха, поэтому в данных архивов узлов учета тепловой энергии либо вообще отсутствуют сведения о температуре наружного воздуха, либо имеются расчетные значения температур наружного воздуха, определенные по температуре прямой воды в подающем трубопроводе. При этом принимается допущение, что температурный график соблюдается с большой точностью, что бывает не всегда. В архивах узлов коммерческого учета тепловой энергии часто отсутствуют данные по температуре внутреннего воздуха помещений. Вследствие этого сравнение фактического потребления тепловой энергии с нормативным, определенным по усредненным удельным тепловым характеристикам, не позволяет объективно оценить качество регулирования расхода тепловой энергии и эффективность алгоритмов управления.

Для управления температурным режимом каждого объекта требуется знать его индивидуальные статические и динамические тепловые характеристики, получить их можно статистической обработкой данных узлов учета и математическим моделированием процессов переноса тепла через ограждения.

Комплексы алгоритмов и программ для сбора и анализа информации с объектов энергопотребления при использовании методов математического моделирования для определения параметров статических и динамических процессов потребления тепловой и электрической энергии зданиями и сооружениями позволяют создавать и внедрять системы оптимального управления энергоснабжением зданий и сооружений с учетом погодноклиматических и функциональных условий.

Мощность тепловых потерь здания и сооружения в статическом режиме

$$Q_{\text{час}}^0 = Vq(t_{\text{вн}} - t_{\text{ро}}), \quad (1)$$

где V – наружный строительный объем здания, q – фактическая статическая тепловая характеристика здания, которая учитывает реальную отопительную

характеристику здания, форму и ориентацию здания, инфильтрацию, инсоляцию и влияние ветра, $t_{\text{вн}}$ – температура внутреннего воздуха, $t_{\text{р.о}}$ – температура наружного воздуха.

Исходя из (1), зависимость для тепловой мощности системы отопления может быть представлена в виде

$$Q_{\text{час}}^0 = A - Bt_{\text{р.о}}, \quad (2)$$

где $A = Vqt_{\text{вн}}$; $B = Vq$.

Зависимость для суточного расхода тепла на отопление

$$Q_{\text{сут}} = A_c - B_c t_{\text{ср}},$$

Уравнения линейной регрессии вида

$$Y = b_1 X + b_0,$$

где b_1 – коэффициент уравнения регрессии, b_0 – свободный член уравнения регрессии, которые позволяют определить коэффициенты A и B для зависимости тепловой мощности или коэффициенты A_c и B_c для зависимости суточного расхода тепла на отопление от температуры наружного воздуха. Это дает возможность определить для каждого объекта его фактическую удельную тепловую характеристику с учетом всех факторов, влияющих на тепловые потери. Проведены статистическая обработка и анализ данных узлов учета тепловой энергии жилых домов и образовательных учреждений. Получены статистические характеристики режимов работы систем теплоснабжения, регрессионный анализ позволил получить реальные тепловые характеристики объектов, которые могут быть использованы в алгоритмах управления теплоснабжением.

Корреляционный анализ показал, что коэффициенты корреляции между температурой наружного воздуха и мощностью систем отопления составляют $0,78 \div 0,98$. Коэффициенты корреляции между температурой наружного воздуха и температурой прямой и обратной воды составляют соответственно $0,78 \div 0,98$ и $0,70 \div 0,89$.

Фактическая мощность системы отопления

$$P_{\text{факт.}} = G_2 \rho c (T_{\text{под}} - T_{\text{обр}}), \quad (3)$$

где G_2 – объемный расход воды в контуре отопления здания; ρ – плотность воды; c – удельная теплоемкость воды; $T_{\text{под}} - T_{\text{обр}}$ – разность температур прямой и обратной воды в контуре системы отопления здания.

В применяемых алгоритмах и системах управления отоплением обычно используются измеренные температуры и расход прямой и обратной воды на входе в тепловой пункт и на выходе из него, это позволяет вести коммерческий учет потребления тепловой энергии, но не позволяет анализировать процессы в контуре отопления. Созданная на базе программируемого контроллера ОВЕН ПЛК-150 система автоматического управления отоплением корпуса «Д» ЧувГУ реализует непрерывный контроль расхода и температуры прямой и обратной воды в подающей магистрали, непрерывный контроль расхода и температуры прямой воды, поступающей в систему отопления, непрерывный контроль давления воды на входе и выходе теплового пункта. Сигналы с датчиков температуры наружного и внутреннего воздуха позволяют по программе в CODESYS рассчитывать по формулам (1) и (3) мощность тепловых потерь здания и фактическую мощность системы отопления.

Для обеспечения внутри помещения заданной температуры мощность системы отопления должна компенсировать расчетные тепловые потери здания, определяемые как

$$P_{\text{пот}} = qV (T_{\text{расч.вн}} - T_{\text{расч.нар}}), \quad (4)$$

где $T_{\text{расч.вн}} - T_{\text{расч.нар}}$ – разность фактической или желаемой заданной внутренней температуры воздуха внутри здания и непрерывно измеряемой фактической или заданной при управлении по прогнозу температуры наружного воздуха.

Задание желаемой температуры помещения по времени суток и дням недели позволяет обеспечить рабочее и дежурное отопление по выходным и праздничным дням, а также в ночное время. Если в качестве $T_{\text{расч.нар}}$ использовать прогнозную температуру наружного воздуха, то по формуле (4) определяется расчетная мощность тепловых потерь при прогнозной температуре.

Для соблюдения теплового баланса здания или сооружения регулятор адаптивного управления отоплением должен обеспечивать выполнение равенства фактической мощности системы отопления и потребной мощности системы отопления с учетом технологического и бытового поступления в отапливаемое здание тепловой энергии

$$P_{\text{факт}} = P_{\text{пот}} - P_{\text{пост}}, \quad (5)$$

где $P_{\text{пост}}$ – мощность технологического и бытового поступления тепловой энергии.

Регулятор отопления должен обрабатывать все воздействия внешних факторов и параметров объекта для равенства фактической мощности системы отопления и требуемой мощности, необходимой для компенсации тепловых потерь. В разработанном алгоритме, в отличие от типовых, заданная температура воздуха внутри здания не определяет в явном виде положение регулирующего клапана, а лишь участвует в расчете его положения с учетом текущих параметров объекта и внешней среды. Управление осуществляется по возмущению, когда возмущающим фактором является переменная температура наружного воздуха или новая заданная температура в здании. Для обеспечения равенства (5) дополнительно применяется управление по отклонению с использованием обратной связи по фактической мощности системы отопления. Согласно заданному алгоритму контроллер генерирует аналоговый управляющий сигнал на двухходовой клапан в подающем трубопроводе [3, 5].

Данный алгоритм позволяет обеспечить комфортные условия в помещениях при минимальном расходе тепловой энергии даже при отклонении температурного графика от заданного.

Математическая модель процессов теплопереноса позволяет рассчитывать значения коэффициентов теплопередачи через ограждения с учетом различных факторов, это дает возможность корректировать полученные статистической обработкой значения тепловой характеристики и прогнозировать влияние погодных условий и теплофизических параметров ограждений на тепловые потери [6].

Алгоритм адаптивного управления теплоснабжением зданий и сооружений с учетом погодных-климатических и функциональных условий реализован в программе на языке высокого уровня в среде CODESYS в системе автоматического управления отоплением в режиме реального времени с сохранением всех данных в архиве ПЛК.

При расчете требуемой для отопления тепловой мощности разработанная для программируемого логического контроллера программа в CODESYS позволяет учитывать температуру наружного воздуха вблизи холодного и теплого фасадов и температуру внутреннего воздуха в различных помещениях, фактическую тепловую характеристику здания. Для осуществления дежурного отопления и прогнозного управления предусмотрена возможность ручного задания требуемой температуры внутреннего воздуха и прогнозируемой температуры наружного воздуха. При расчете требуемой для отопления тепловой мощности учитываются расход воды в системе

отопления, давление и температура прямой воды на входе в систему отопления здания, давление и температура обратной воды на выходе из системы отопления здания, зависимость теплоемкости воды от температуры.

Пакеты SCADA обеспечивают визуализацию работы программы алгоритма адаптивного управления системами теплоснабжения с учетом погодных-климатических и функциональных условий. Алгоритмы, характеристики здания и уставки регулятора в любой момент времени могут быть дистанционно изменены с рабочего места оператора.

Все измеренные и рассчитанные переменные системы отопления архивируются в текстовый файл и обрабатываются средствами офисных приложений, что позволяет вести статистику за любой период измерений. Система гарантированного питания WAGO позволяет обеспечить бесперебойную работу системы автоматического управления отоплением при перебоях в электроснабжении.

Математическое моделирование и статистическая обработка данных архива позволили разработать и опробовать различные алгоритмы адаптивного управления системами теплоснабжения [3, 5]. Статистической обработкой архива данных проведен регрессионный анализ зависимостей температур и расхода прямой воды и обратной воды и мощности системы отопления от температуры наружного воздуха. Определены фактическая удельная тепловая характеристика здания и расход тепла в течение отопительного периода. Показано, что система автоматического управления позволяет обеспечивать в здании комфортные условия в течение всего отопительного периода без перетопов и недотопов.

Для выбора рациональных алгоритмов управления системами отопления зданий и сооружений необходимы математические модели нестационарных тепловых процессов в ограждающих конструкциях. Использование математических моделей ограждающих конструкций как объектов с сосредоточенными параметрами, когда решаются обычные дифференциальные уравнения, позволяет разрабатывать только упрощенные алгоритмы управления системами теплоснабжения зданий и сооружений [2]. Для оптимального управления температурным режимом каждого объекта требуется знать его индивидуальные статические и динамические тепловые характеристики, которые можно получить математическим моделированием нестационарных процессов переноса тепла через ограждения здания решением дифференциальных уравнений в частных производных [6].

Разработаны математические модели, отражающие динамику процессов, происходящих в здании при переходе из одного состояния в другое с учетом аккумулированной теплоты. Показано, что стена является объектом с распределенными параметрами, при резком изменении температуры наружного воздуха температура на внешней поверхности стены достигает установившегося значения через несколько часов, на внутренней поверхности – через десятки часов после начала теплового переходного процесса [6]. Поэтому использование температур внутренних поверхностей ограждений и внутреннего воздуха в качестве основных параметров регулирования отопления не может обеспечить комфортные условия при минимальном расходе тепловой энергии. В качестве параметра регулирования может быть использована среднеинтегральная температура стены $T_{\text{инт}}$, которая характеризует изменение теплового состояния ограждения и совпадает со средней по сечению температурой только по окончании переходного процесса [4, 6].

$$T_{\text{инт}} = \frac{1}{\delta} \int_0^{\delta} T(x, \tau) dx.$$

Аналитические зависимости для среднеинтегральной температуры получены при математическом моделировании нестационарных температурных полей в ограждающих конструкциях. При резких изменениях температуры наружного воздуха для учета тепловой инерции ограждающих конструкций требуемая мощность системы отопления может быть рассчитана по удельной динамической тепловой характеристике, которая является суммой статической тепловой характеристики и слагаемых, учитывающих мощность, необходимую для изменения температуры теплоемких частей ограждающих конструкций [7]. Эти слагаемые, зависящие от скорости изменения температур наружного и внутреннего воздуха, определяются скоростью изменения среднеинтегральной температуры элементов ограждений $dT_{\text{инт}}/d\tau$.

В зависимости от знака скорости изменения среднеинтегральной температуры удельная тепловая динамическая характеристика может быть больше или меньше статической [7]. Созданные математические модели и программы позволяют определять как статические, так и динамические индивидуальные характеристики зданий и сооружений. На их основе

разработаны методы оптимизации теплового режима зданий при применении дежурного отопления по выходным и нерабочим дням и требуемых суточных графиках температуры, а также прогнозного управления при известных трендах температуры наружного воздуха и ветра.

Выводы

Математические модели стационарных и нестационарных тепловых процессов в зданиях и сооружениях позволили создать алгоритмы и программные продукты для адаптивного управления системами теплоснабжения с учетом погодно-климатических и функциональных условий, позволяющие обеспечить комфортные условия при минимальном расходе тепловой энергии.

Алгоритмические и программные средства динамического моделирования процессов энергоснабжения позволяют существенно повысить эффективность контроля и управления энергоснабжением и обеспечить рациональное потребление энергоресурсов. Внедрение методов статистической обработки измеряемых параметров, определение фактических статических и динамических тепловых характеристик зданий и использование их в алгоритмах адаптивного управления позволяет обеспечить рациональное потребление энергоресурсов за счет повышения эффективности контроля и качества управления. Это может обеспечить снижение годового расхода тепловой энергии на 15–25 % и уменьшение платы за энергоносители.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, грант УМНИК 2015.

Список литературы

1. Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасова В.В., Тарасов В.А. Применение статистических методов для анализа потребления электроэнергии бюджетными учреждениями // Электротехника. – 2017. – №7. – С. 50–54.
2. Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасов В.А., Тарасова В.В., Федоров Д.Г. Исследование расхода тепловой энергии на отопление зданий // Вестник Чувашского университета. – 2014. – №3. – С. 10–18.
3. Тарасова В.В., Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасов В.А., Калинин А.Г. Адаптивное управление режимом теплоснабжения здания с помощью автоматизированного теплового пункта // Вестник Чувашского университета. – 2016. – №3. – С. 117–123.

4. Тарасов В.А., Калинин А.Г., Тарасова В.В., Афанасьев В.В., Ковалев В.Г. Динамические тепловые характеристики ограждающих конструкций // Вестник Чувашского университета. – 2016. – №3. – С. 124–131.

5. Тарасов В.А., Калинин А.Г., Федоров Д.Г., Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасова В.В. Модернизация теплового пункта корпуса с установкой системы автоматического управления отоплением с программируемым контроллером // Региональная энергетика и электротехника: проблемы и решения, сб. науч. тр. Вып. XI. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, – 2015. – №11. – С. 152–160.

6. Тарасова В.В. Математическое моделирование нестационарных тепловых процессов в ограждающих конструкциях зданий // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 8. – С. 265–269.

7. Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасов В.А., Тарасова В.В., Федоров Д.Г. Исследование нестационарных тепловых режимов отопления зданий и сооружений // Вестник Чувашского университета. – 2015. – №1. – С. 20–28.

УДК 621.314

ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

О.В. Федоров¹, А.Н. Егоров²

¹НГТУ, г. Н. Новгород

²СТ «Алмазавтоматика» АК «АЛРОСА» (ПАО), г. Мирный

E-mail: ¹fov52@mail.ru, ²gorovan@alrosa.ru

Аннотация: Данная статья посвящена вопросам анализа влияния высоковольтных преобразователей частоты на качество электрической энергии питающей сети. Детально рассмотрены режимы работы высоковольтного преобразователя PowerFlex 7000. Представлены схемы его силовой части. Произведен контроль параметров электрической энергии вентилятора главного проветривания, в системе электропривода которого установлен преобразователь. Представлены результаты, сделаны выводы о соответствии контролируемых параметров нормам.

Ключевые слова: электрическая энергия, питающая сеть, преобразователь частоты, контроль качества электроэнергии, напряжение, гармоники.

Влияние преобразователей частоты на качество электроэнергии сети электроснабжения вызывает множество вопросов у предприятий, применяющих преобразователи частот, и как следствие является весьма важным направлением исследований для предприятий производящих преобразователи. Особенно актуальны проблемы электромагнитной совместимости в отношении высоковольтных преобразователей частоты, так как они при-

меняются в системах электропривода установок большой мощности, и их влияние на сеть может быть очень существенным [1]. Тем не менее, частотно-регулируемый электропривод находит широкое применение в высоковольтном электроприводе и этому есть объяснение. Во-первых, регулируемый электропривод на установках высокой мощности позволяет добиться значительного повышения энергоэффективности за счет оптимизации потребляемой энергии. Во-вторых, прямой пуск высоковольтных электродвигателей переменного тока сопровождается бросками пускового тока, достигающими 8-кратного значения по отношению к номинальному току двигателя, которые вызывают большие электромагнитные и механические ударные нагрузки на двигатели и на приводимые ими исполнительные механизмы.

Сегодня на рынке высоковольтных преобразователей множество отечественных и зарубежных производителей выпускают разные преобразователи частоты. К лидерам рынка по праву можно отнести АВВ, Siemens Rockwell Automation, так как они производят несколько линеек преобразователей, которые имеют принципиальные отличия в схемотехнике. Кроме того, следует отметить уникальные преобразователи этих производителей, такие как ACS2000, ACS5000, PowerFlex 7000, Sinamics SM120CM и др., которые выполнены на мощных высоковольтных полупроводниках. Большинство остальных предприятий производят каскадные преобразователи частоты, которые строятся на базе H-мостовых низковольтных ячеек [2,3] с применением специального многообмоточного входного трансформатора.

Рассмотрен опыт эксплуатации одного из наиболее совершенных высоковольтных преобразователей частоты – PowerFlex 7000, построенный на высоковольтных SGCT-тиристорах, относится к преобразователям прямого преобразования и отличается высокой надежностью элементов силовой части. Последнее подтверждается тем, что за время эксплуатации на вентиляторных установках главного проветривания рудника «Интернациональный» Мирнинского горно-обогатительного комбината АК «АЛРОСА» (ПАО) с 2007 г. не зафиксировано ни единого случая выхода из строя элементов силовой цепи. Высокая надежность силовой части обеспечивается за счет применения весьма надежных SGCT-тиристоров с заявленной производителем частотой отказов 100 на 1 миллиард часов [4]. Кроме того, данные тиристоры рассчитаны на номинальное напряжение 6500 В, что значительно снижает количество полупроводников силовой части, что также положительно влияет на надежность преобразователя частоты.

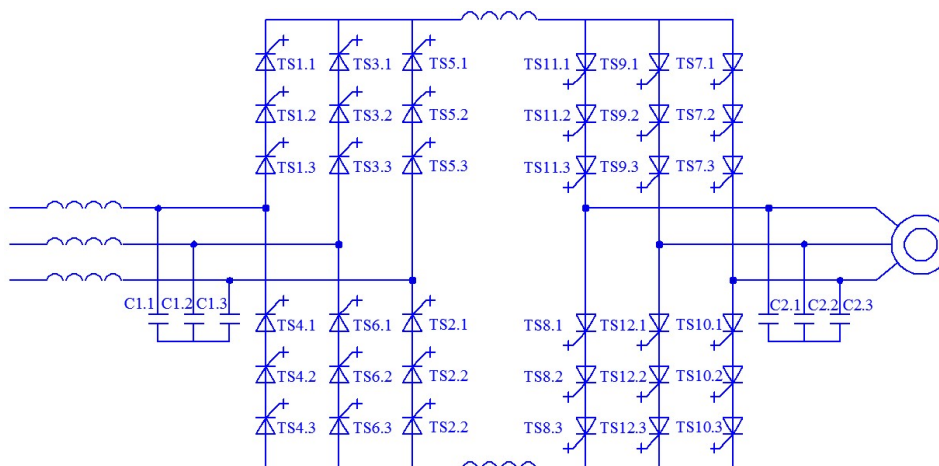


Рис. 1. Схема силовой части преобразователя частоты PowerFlex 7000 с активным выпрямителем непосредственного подключения к сети 6 кВ

Преобразователи PowerFlex 7000 в зависимости от типа выпрямителя выпускаются в трех конфигурациях:

- с активным выпрямителем непосредственного подключения к сети (рис. 1);
- с активным выпрямителем, подключенным к сети через отдельный изолирующий трансформатор (рис. 2);
- с 18-пульсным выпрямителем (рис. 3).

Для обеспечения запаса электрического пикового обратного напряжения в зависимости от уровня питающего напряжения в каждом плече выпрямителя и инвертора изменяется количество подключенных последовательно тиристоров, так для напряжения 6 кВ последовательно включены три SGCT-тиристора.

Преобразователи частоты PowerFlex 7000 с 18-пульсным выпрямителем нашли применение в системах электроприводов вентиляторов главного проветривания рудников АК «АЛРОСА» (ПАО), так как зарекомендовали себя как весьма надежные преобразователи.

С целью получения данных для оценки влияния преобразователей частоты PowerFlex 7000 на качество электроэнергии питающей сети были выполнены измерения параметров электрической энергии на вводе вентилятора главного проветривания рудника «Интернациональный». Измерения производились анализатором качества электрической энергии типа PowerQ4 MI2592. Контроль параметров электрической энергии длился 19 часов 51 минуты и охватывал процессы пуска вентилятора главного проветривания, его работу на малой производительности и последующим повышением производительности до требуемого значения, что видно на графике изменения тока (рис. 4).

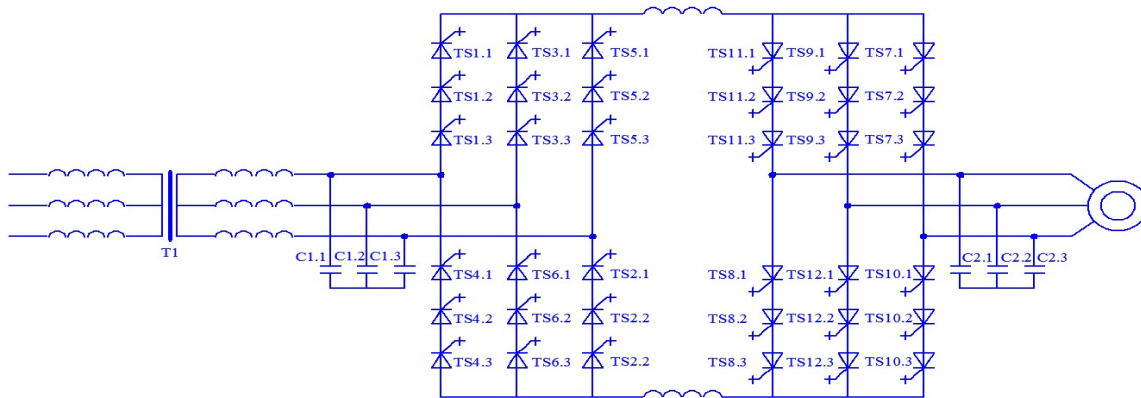


Рис. 2. Схема силовой части преобразователя частоты PowerFlex 7000 с активным выпрямителем, подключенным к сети 6 кВ через отдельный изолирующий трансформатор

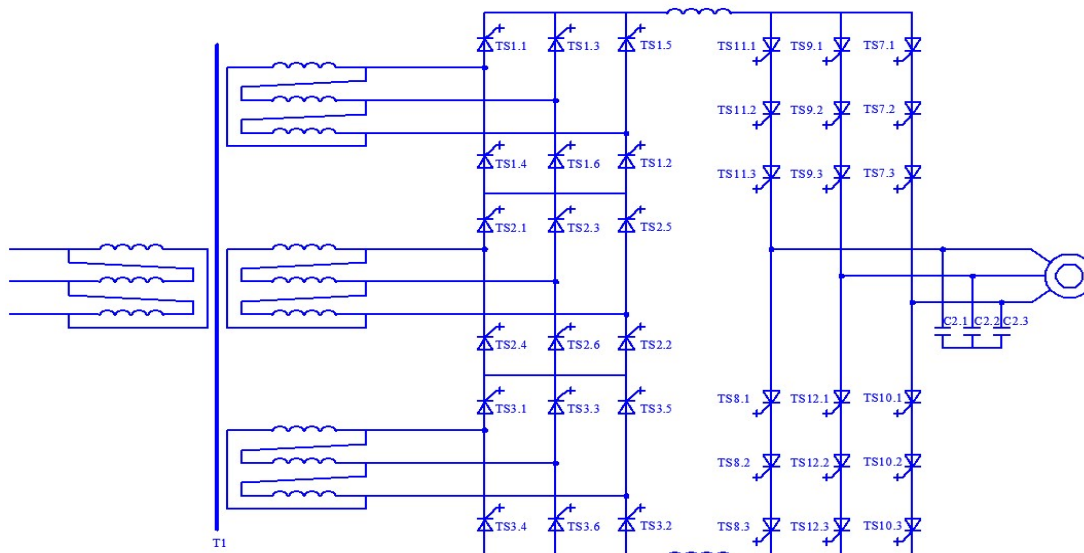


Рис. 3. Схема силовой части преобразователя частоты PowerFlex 7000 с 18-пульсным выпрямителем

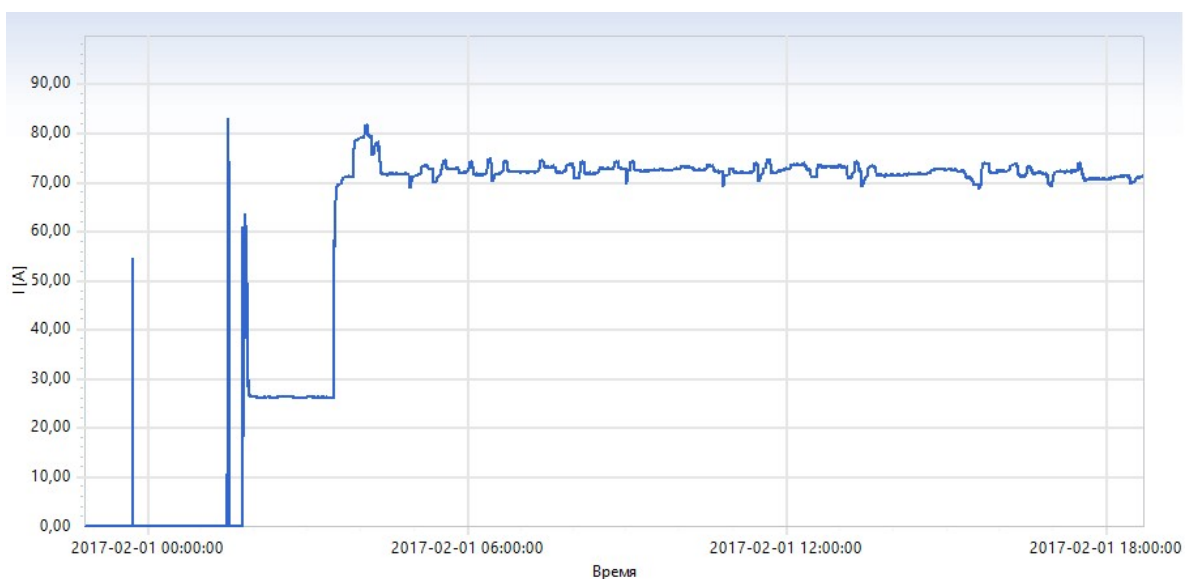


Рис. 4. График изменения тока фазы А

Согласно технической документации преобразователей частоты PowerFlex 7000 суммарный коэффициент гармонических искажений формы кривой тока не превышает 5 %. Результаты измерений подтверждают, что коэффициент искажения кривой тока превышают указанные 5 % только в динамических режимах работы электропривода (рис. 5).

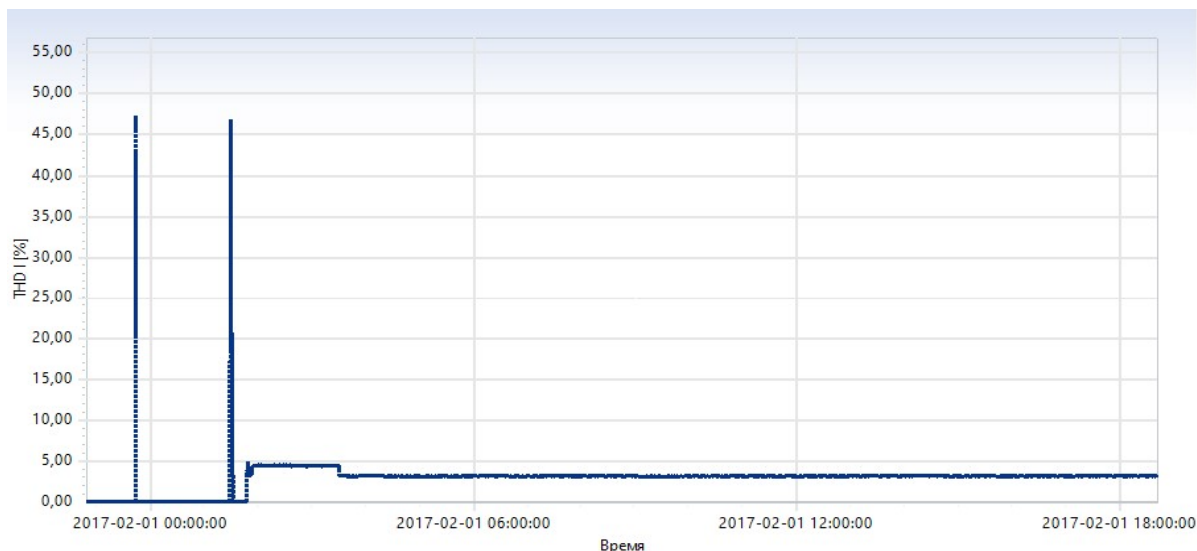


Рис. 5. График изменения суммарного коэффициента гармонических искажений формы кривой тока фазы А

Суммарный коэффициент гармонических искажений формы кривой напряжения достигает значений 65 %, что видно из графика на рис. 6.

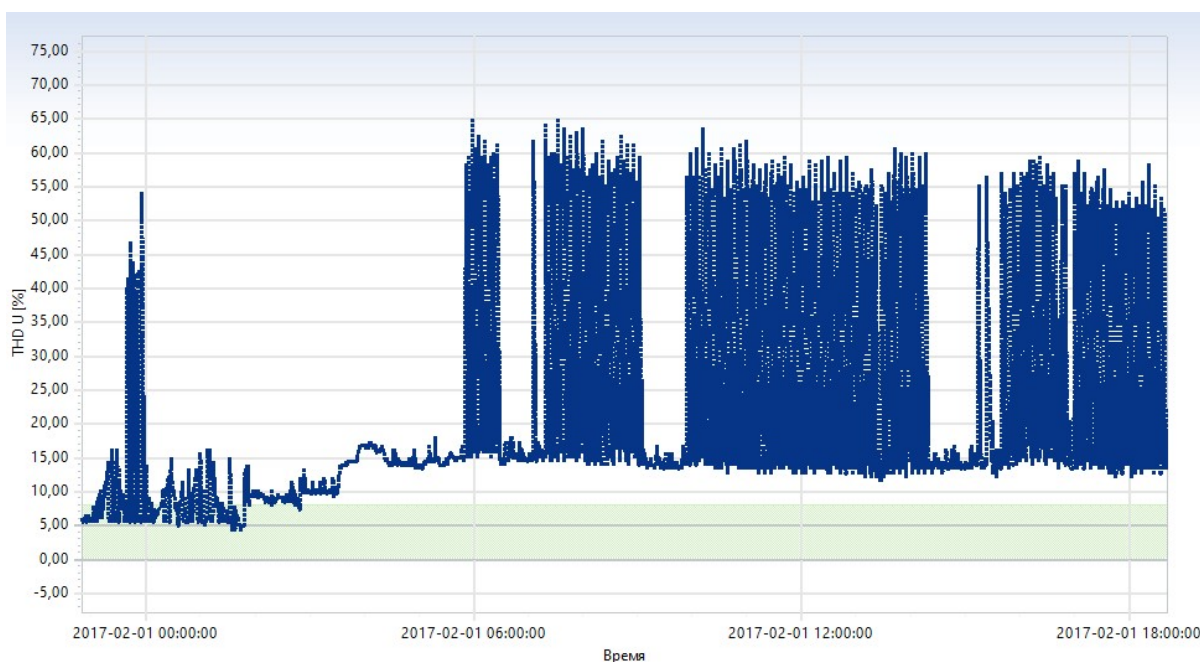


Рис. 6. График изменения суммарного коэффициента гармонических искажений формы кривой напряжения фазы А

При этом, согласно требованиям ГОСТ 32144-2013 (EN 50160:2010, NEQ), значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения K_U , усредненные в интервале времени 10 минут, не должны превышать 5 % (при напряжении электрической сети 6 кВ) в течение 95 % времени интервала в одну неделю, а также не должны превышать 8 % в течение 100 % времени интервала в одну неделю [5].

На основе полученных в результате измерений данных нельзя сделать заключение о соответствии или не соответствии качества электроэнергии, так как для этого необходимо произвести контроль показателей качества электроэнергии в соответствии с требованиями ГОСТ 32144-2013 (EN 50160:2010, NEQ) на протяжении одной недели (семи дней) и с интервалом усреднения 10 минут. Однако эти данные все же подтверждают значительное искажение формы кривой напряжения преобразователями частоты PowerFlex 7000, отрицательно влияющие и на надежность низковольтной коммутационной аппаратуры [6].

Список литературы

1. Шевырѐв Ю.В. Повышение качества электрической энергии в сетях с полупроводниковыми преобразователями // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2011. – № 4. – С. 234–241.
2. Power electronics handbook / ed. by M.H. Rashid. San Diego: Academic Press, 2001. – 895 p.
3. The power electronics handbook / ed. by T.L. Skvarenina. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2002. – 664 p.
4. Пустоветов М.Ю. Условие эффективной эксплуатации частотно-регулируемого электропривода // Научное обозрение, 2016. – № 23. – С. 107–115.
5. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014. – 16 с.
6. Грачева Е.И., Шагидуллин А.В., Хаерова А.Н. Разработка алгоритма оценки надежности низковольтных коммутационных аппаратов на основе статистических данных // Надежность и безопасность энергетики. – 2014. – №1. – С. 49–52.

УДК 621.398

МЕТОДЫ СЖАТИЯ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

В.В. Федотов¹, Р.И. Ермеев²

Научный руководитель – канд. техн. наук, И.Н. Лизунов³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань,

E-mail: ¹vladislavfedotov1408@gmail.com, ²eremey_92@mail.ru,
³nebkoue@yandex.ru

Аннотация. Обеспечение экономичности и надежности, решение задачи замены большого количества устаревших устройств РЗА в сетях среднего напряжения может быть достигнуто внедрением централизованной системы релейной защиты и автоматики, сигнализации, измерений (ЦСРЗАСИ). В ЦСРЗАСИ логика защит и автоматики сосредоточена в одном устройстве – сервере. Важную роль при этом играет линия связи сервера с устройствами сопряжения (УСО) на вводах и отходящих линиях, расположенными в ячейках КРУ.

УСО выполняют функции оцифровки аналоговых сигналов, управления выключателем (логические выходы) и обмена информацией с центральным сервером через интерфейс связи RS-485. При большом количестве УСО, передающих действующие значения тока и напряжения, возникает проблема «бутылочного горлышка», когда пропускная способность каналов связи не может быть обеспечена в должной мере.

Одним из возможных путей решения указанной проблемы является реализация алгоритма сжатия информации, передаваемой от УСО, на базе известных и оригинальных методов сжатия, например, АТDM, позволяющих реализовать передачу данных в режиме псевдо-реального времени, сократив объем трафика до 99,98%. Данные методы основаны на фиксации и передаче событий на центральный сервер (исходя из определенных условий и ограничений), как индикаторов изменения состояния потока измеряемых величин в точке измерения (в УСО).

Ключевые слова: методы сжатия данных, ЦСРЗАСИ, РЗА и ПА, RS-485, действующее значение, EDM, каналы связи.

ЦСРЗАСИ является многофункциональным комплексом, обеспечивающим защиту электроэнергетических установок среднего напряжения (прежде всего РП 6-10 кВ) от всех видов повреждений и ненормальных режимов работы. Особенности ЦСРЗАСИ являются возможность совмещения функций релейной защиты РП с функциями самопроверки, дистанционного управления и контроля, оперативного изменения и настройки алгоритмов РЗ и придания им адаптивности к режимам работы электроустановки.

Передача действующих значений тока и напряжения в режиме реального времени с УСО на вводах и отходящих линиях в центральный сервер – важная составляющая работоспособности и надежности ЦСРЗАСИ.

В настоящее время для своевременного получения информации о непрерывных технологических процессах, например – получение, распределение и потребление электроэнергии в сетях среднего напряжения, непрерывно и последовательно передают точечные выборки действующего напряжения и тока (телеизмерения) по алгоритму Шеннона, пример общего вида получаемых данных представлен на рис. 1.

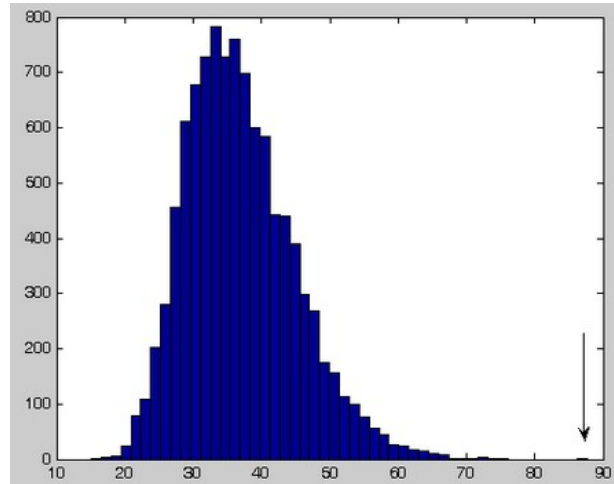


Рисунок 1. Пример графика, построенного на основе выборки по Шеннону

Конечный набор данных представляет собой массив, описывающий поведение измеряемых величин в интервалах времени $[t_{j-p}; t_j]$, при $\Delta t = |t_j - t_{j-p}|$.

В ЦСРЗАСИ при использовании в качестве среды передачи информации медные проводные линии связи с интерфейсом RS-485, при большом количестве УСО, использующих алгоритм Шеннона, существует проблема масштабирования и передачи большого числа данных, связанная с ограниченной пропускной способностью данной технологии (проблема «бутылочного горлышка»).

Система связи должна обеспечивать необходимое быстродействие защит и автоматики: ее надежность вносит вклад в общую надежность системы с центральным сервером. Задержки передачи данных при такой архитектуре построения системы релейной защиты и автоматики являются недопустимыми и могут нести серьезные последствия, вплоть до аварий во всем РП [1].

Максимальное время обхода пакета по основному пути T_{\max} определяется по следующему выражению[2]:

$$T_{\max} = N_k (T_{\text{пак}} + T_{\text{зад}} + T_{\text{пути}}) = N_k \left(\frac{(N_p + 2)}{10^6} + 10^{-3} + \frac{2l}{3 \cdot 10^8} \right), \quad (1)$$

где $T_{\text{пак}}$ – время отправки пакета размером 255 байт, с; $T_{\text{зад}}$ – максимальное время нарастания сигнала передатчика (30 % времени передачи бита для интерфейса RS-485); $T_{\text{пути}}$ – время доставки сообщения по витой паре, с; N_p – размер пакета сообщения, 255 байт; N_k – число узлов в кольце, в данных расчетах принимаем $N_k = 12$; l – среднее расстояние между узлами, м.

$$T_{\text{max}} = 12 \cdot \left(\frac{255 \cdot 8}{10^7} + 3 \cdot 10^{-8} + \frac{3 \cdot 2}{3 \cdot 10^8} \right) = 0,0024 \text{ мс} = 0,24 \text{ с.}$$

Как видно из расчетов, полная задержка зависит в основном от времени отправки пакета по используемому протоколу (в пример взят кадр ADU протокола Modbus RTU), накладывающая основные ограничения на передачу данных с использованием интерфейса RS-485. Данная задержка является приемлемой для доставки управляющих сигналов и сигналов автоматизированного опроса микропроцессорных реле, поскольку время обмена сообщениями между микропроцессорными реле не должно превышать 5–10 мс [3].

Помимо указанных типов сообщений на центральный сервер ЦСРЗАСИ передаются действующие значения тока и напряжения (20 выборки за период) в режиме реального времени. Максимальной скорости 10 Мбит/с по каналам связи интерфейса RS-485 может оказаться недостаточно, так как помимо задержек при передаче данных, существенная часть времени также выделена на обработку данных в центральном устройстве, создание запросов, работу алгоритмов РЗА и ПА, а также отправку сообщений модулей приложений.

В данных условиях одним из возможных вариантов решения проблемы низкой скорости передачи данных является использование одного из методов сжатия данных, таких как EDM, НММ, СМСА, АТДМ-методов, основанных на фиксации и передаче событий на центральный сервер, согласно определенным условиям и ограничениям [4]. Данные методы позволяют реализовать передачу данных в режиме псевдо-реального времени, сократив объем передаваемых данных до 99,98%.

Традиционно используется ТДМ-подход (TimeDrivenMethod), при котором на центральный сервер ЦСРЗАСИ последовательно через фиксированные промежутки времени Δt передаются действующие значения тока и напряжения.

Одним из вариантов повышения эффективности передачи данных является EDM-подход (event-drivenmethod), основанный на передаче событий, возникающих в контролируемых узлах (на вводах или отходящих линиях), таких как превышение пороговой величины изменения тока или напряжения за единицу времени Δt .

Непрерывно получаемые мгновенные значения действующего напряжения или тока, обрабатываются в УСО согласно EDM-методу. При возникновении события УСО генерирует данные в виде специальных меток, получаемых посредством EDM-алгоритма, и отправляет их на центральный сервер.

На основе указанных меток составляется карта событий, из которой восстанавливается график изменения значений контролируемой величины.

При этом реализуется два этапа:

1-й этап – оценка показателя dV_1 , направленная на регистрацию резко возникающих изменений в контролируемом узле;

2-й этап – оценка показателя dV_2 , направленная на регистрацию плавных изменений в контролируемом узле.

На рис. 2 представлена сравнительная схема TDM и EDM подходов отправки действующих значений действующих значений тока.

Данный рисунок позволяет визуально оценить разницу между количеством данных, генерируемых при использовании EDM или TDM подходов, в отношении к реальному изменению потока контролируемой величины. В противовес TDM подходу, передающему все рассчитанные действующие значения контролируемой величины, EDM предоставляет аналитические данные, соотнося их с реальными процессами на отходящей линии: он определяет все временные точки, в которых поток энергии проявляет значительные и накопленные изменения.

Альтернативным по отношению к EDM-методу может быть ATDM-метод, основанный на сравнении прогнозируемых и реальных действующих значений тока и напряжения, в отличие от EDM-метода, использующего получаемые друг за другом значения. Недостаток ATDM-метода, при использовании его в области РЗА и ПА, заключается в том, что в режиме реального времени изменения тока и напряжения могут быть непредсказуемыми, и прогнозируемые значения окажутся недостаточно точными, для того, чтобы снизить поток передаваемых данных на центральный сервер ЦСРЗАСИ.

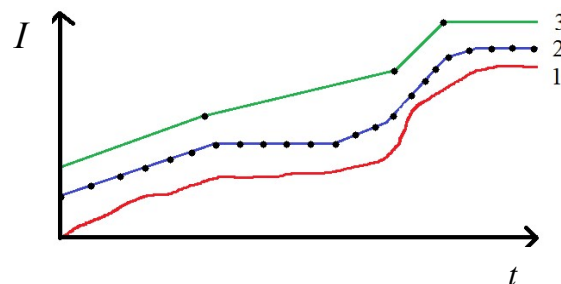


Рис. 2. Сравнительная схема TDM и EDM подходов при передаче действующих значений тока: 1 – реальное изменение контролируемой величины; 2 – TDM-подход; 3 – EDM-подход

Заключение

Подводя итог можно отметить, что в данной статье рассмотрен один из возможных путей решения проблемы «бутылочного горлышка» для централизованной системы релейной защиты и автоматики, сигнализации, измерений с каналами связи на базе относительно медленных интерфейсов, типа RS-485, а именно метод сжатия информации EDM и ATDM, основанные на фиксации и передаче событий на центральный сервер, согласно условиям превышения порога контролируемой величины (действующее значение тока и напряжения).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы», соглашение о предоставлении субсидии от «27» октября 2015 г. № 14.577.21.0194 – 3 этап, уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57715X0194.

Список литературы

1. Егоршев Д.Е. Задачи оптимизации оптоволоконных сетей связи на участке абонентского доступа / Д.Е. Егоршев // Т-Comm – Телекоммуникации и Транспорт, 2010. – № 7.
2. Мукумов Ш.С., Бойко В.В. Расчет пропускной способности каналов связи для корпоративных сетей.
3. Лифшиц А.М. Переход к SmartGrid и цифровым подстанциям. Гибридный вариант построения сети связи и передачи данных.
4. Mikhail Simonov «Coarse-grained cycle-accurate alectricity metering» 2014 5th IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe), October 12-15, Istanbul.

УДК 628.9:614

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ОСВЕЩЕНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЛЮДЕЙ

Д.Р. Хайруллина

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. А.Р. Денисова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Необходимой составляющей возведения высококачественного освещения помещений сооружений считается правильный подбор количественных и качественных характеристик, которые обеспечат световые удобства. Завышение или занижение характеристик световых приборов и осветительных установок приводит к негативным результатам, понижению работоспособности, утомляемость, раздражительность, утрата остроты зрения. В соответствии с ГОСТом Р 55710-2013 следует обеспечить:

- нормируемые уровни освещенности на рабочей поверхности E ;
- цилиндрическую освещенность E_c ;
- объединенный показатель дискомфорта UGR;
- коэффициент пульсации освещенности K_n ;
- индекс цветопередачи R_a .

Также значимым фактором, проявляющим большое влияние на качество освещения, считается спектральный состав света, испускаемый световыми приборами и осветительными установками. Терапевтическое действие, оказывающее на организм разными цветами, было описано индийским экспертом Д.Г. Гхадиали. Он полагал, что органы и системы тела человека восприимчивы к конкретным цветам, которые стимулируют или замедляют их процесс. Следовательно, можно применять всевозможные цвета в лечебных целях. В середине 50-х годов швейцарский эксперт М. Люшер

составил уникальный цветовой тест, в котором отобрал цвета, более ярко воздействующие на психологию и физиологию человека.

Но неверный подбор спектрального состава источника света способен нанести урон здоровью. Впервые этот вопрос был затронут в момент создания и развития люминесцентных ламп. Важной причиной спора являлся линейчатый спектр люминесцентных ламп, сильно отличающийся от спектра испускания ламп накаливания и естественного света. Со временем было выявлено, что свет, излучаемый люминесцентными лампами, не является опасным для зрения.

С появлением и развитием светодиодного освещения вопрос вновь был поднят. Главная проблема – наличие в диапазоне испускания светодиода синего компонента высокой интенсивности (рис. 1 а), что вызывает опасения, связанные с вероятностью повреждения зрения. Насколько эти опасения серьезны до конца невыяснено. Эксперты предлагают использовать светодиодные источники света с небольшим КЦТ и желательно сплошным спектром испускания.

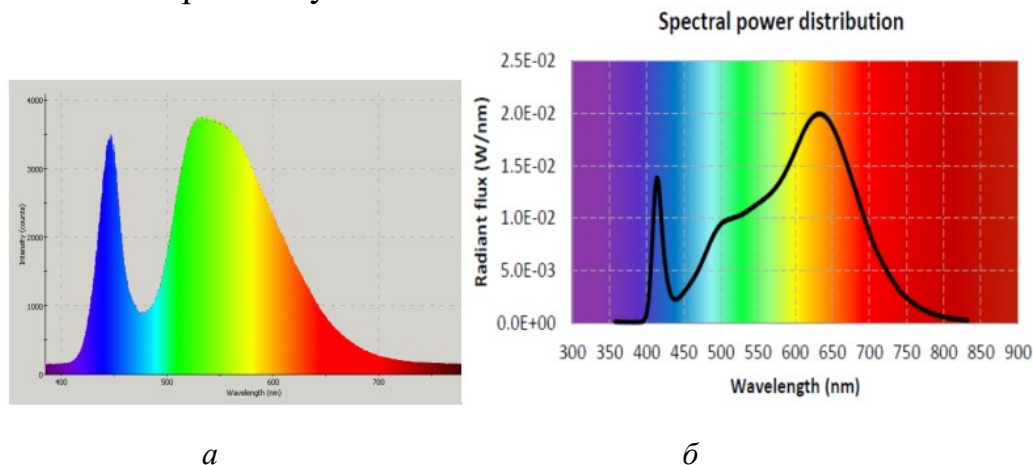


Рис. 1. Спектры излучения белых светодиодов: *a* – синий кристалл и желтый люминофор, *б* – фиолетовый кристалл и RGB люминофор.

Впрочем, светодиодные источники теплого света также не идеальны, поскольку в диапазоне излучения белого светодиода, вне зависимости от его КЦТ, отсутствует красный компонент, не дающий обеспечить целый оборот биохимических процессов в организме человека.

Светодиоды белого света фирмы «Soraа», основанные на аддитивном смешивании фиолетового излучения кристалла светодиода с излучением RGB люминофора, имеют наиболее равномерный спектр излучения (рис. 1, б), в котором имеется красный компонент и максимально отсутствует в синей области спектра (рис. 1, а). Но в нем присутствует сильно выраженный максимум в фиолетовой области спектра, также вызывающий дискуссии затрагивающие безопасности его применения.

Секция 3**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ****Председатель**

Н.Д. Чичирова – д.х.н., профессор, директор ИТЭ, заведующий кафедрой ТЭС ФГБОУ ВО «КГЭУ»

Секретарь

А.И. Минибаев – лаборант кафедры ТЭС

**ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ В ОБЪЕКТЕ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ
ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОМА**

А.А. Варенов¹, Ю.Н. Ерашова²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹kaf-toe@mail.ru, ²yuliya.kostina@mail.ru

Автоматическое регулирование температуры в жилом помещении создает комфортные условия и позволяет сэкономить энергоресурсы. Известно, что чем больше разность температур внутри и снаружи здания, тем меньше тепловые потери. Поэтому в период потепления необходимо уменьшать тепловой поток, а не открывать форточки, продолжая платить за тепло, которое уходит на улицу. В настоящее время существует несколько способов автоматического регулирования тепла с помощью специальных устройств, которые выполняют следующие функции: измеряют микроклимат в помещениях, а иногда и на улице (погодозависимая автоматика); обрабатывают результаты измерения с целью выработки управляющего воздействия; воздействуют на исполнительные элементы системы отопления с целью регулирования температуры.

Таким образом, современная система отопления является классической системой автоматического регулирования, содержащей объект управления и автоматическое управляющее устройство, которое вырабатывает управляющее воздействие.

В докладе с позиций теории автоматического управления рассматриваются вопросы анализа объекта управления и даются рекомендации по структуре и алгоритмам функционирования автоматического управляющего устройства.

Инженерная модель процессов теплообмена применительно к индивидуальному дому докладывалась на подобной конференции в 2015 году и опубликована в журнале «Проблемы энергетики» № 3–4 за 2016 г.

Она представлена в виде структурной схемы динамической модели процессов теплообмена, разработанной на основе дифференциальных уравнений. Такое представление позволяет выявить динамические свойства объекта управления с применением моделирующих программ и уже на этом этапе исследований разработать рекомендации по выбору строительных материалов и конструкций. Кроме того, проведение моделирования направлено на определение динамических характеристик объекта, что позволяет обосновано выбрать структуру регулятора и закон управления. Результаты проработки этих вопросов и предлагаются в докладе.

УДК 621.643

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ НЕФТЕПРОВОДОВ

И.А. Галиакберов, Л.Г. Орехова

ГБОУ ВО АГНИ, г. Альметьевск

Аннотация. Применение интеллектуальных технологий с целью диагностики порывов нефтепроводов

Ключевые слова: нейросеть, нефтепровод, утечка, диагностика, метод, алгоритм.

Диагностика магистральных нефтепроводов является одной из главных задач в процессе транспортировки нефти и нефтепродуктов, обеспечивающем безопасность и надежность производственного процесса. Утечки, возникающие из-за коррозионного разрушения нефтепровода, брака строительно-монтажных работ, дефекта трубы, механических повреждений, внутренней эрозии и коррозии, приводят к изменению физического и технического состояния как трубопровода, так и окружающего пространства [1].

В настоящее время диагностику проводят различными методами. Но, в тоже время отсутствует универсальный метод, который включал бы в себе несколько других, так как у каждого метода есть как преимущества, так и недостатки, а также в кратчайшие сроки и с высокой точностью мог определить масштабность, тип и, собственно, причины утечки. Но, несмотря на эффективность всех методов, в производство активно внедряется тот самый универсальный метод, основанный на искусственных нейронных сетях.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – математическая модель, её аппаратное воплощение, построенное по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей. Данная модель

используется в задачах прогнозирования, распознавания и управления. Метод основан на взаимодействии нейронов (процессоров), получающих входящие сигналы и взаимодействующих между собой, выполняя тем самым те или иные задачи. Основная же информация содержится не в самих нейронах, а в связях между ними [2].

Ознакомившись с различным материалом об ИНС, я провел анализ применения данного метода, а также обнаружил его преимущества и недостатки. Целью данного метода служит быстрая высокоточная диагностика, экономичность, а также работоспособность в различных климатических и географических условиях. Для выполнения поставленной цели должно быть известно достаточное количество информации и опытных данных.

Так, сравнив ИНС с методом внутритрубной диагностики, оказалось, что возможно только совместное использование методов. Достаточно на протяжении нефтепровода установить необходимые датчики и приборы, которые фиксировали бы малейшие изменения как внутри нефтепровода, так и за её пределами. Далее, нейросеть, получив данные на сервер, обработав их, отправила бы результаты в диспетчерский центр в режиме реального времени. Таким образом, это сократит значительные потери времени, не точность проводимых исследований, а также позволит проводить диагностику как внутренних, так и внешних стенок нефтепровода.

По сравнению с автоматизированной системой телеметрического комплекса, нейросеть превосходит данный метод тем, что проводит не только оценку состояния нефтепровода, но и анализирует получаемую информацию, а также создает компьютерные модели возможных аварий, определяет уровень опасности, степень проявления порыва и, заблаговременно предлагает пути решения возникающих проблем.

Таким образом, внедрение интеллектуальных технологий в нефтегазовую промышленность остается актуальной по сей день. В отличие от классических методов, интеллектуальный метод обладает высокой отказоустойчивостью, способностью к обучению, обобщению и классификации данных, а также возможностью использования ранее предоставленной информации. Значит, получая информацию из баз данных и рабочих датчиков в режиме реального времени, нейросеть мгновенно анализирует информацию и, на основе алгоритмов и физических моделей, выдаёт информацию, которая могла бы проинформировать оператора о текущем состоянии рабочего процесса и возможных его последствиях при возникновении непредвиденных ситуаций.

Список литературы

1. Саруев А.Л. Эксплуатация магистральных газонефтепроводов и хранилищ. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2014. – 101–103 с.

2. Искусственная нейронная сеть [Электронный ресурс] // Википедия: Свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная_нейронная_сеть#.D0.9B.D0.B8.D1.82.D0.B5.D1.80.D0.B0.D1.82.D1.83.D1.80.D0.B0 (дата обращения 13.09.17).

УДК 697.3(470.41)

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

Н.Р. Мингалимова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Республике Татарстан и Казани в частности, потребовалось всего несколько последних лет, чтобы стать общепризнанным российским первооткрывателем, лидером в сфере энергоэффективности города. Принятие Федерального закона №261-ФЗ от 23.11.2009г. «Об энергосбережении...» придало значительный импульс для внедрения энергосберегающих мероприятий.

Все более широкое распространение принимают ИТП. Оборудование ИТП отличается высокой прочностью, надежностью и безопасностью, что обеспечивает его бесперебойную работу. Оборудование очень легко и быстро монтируется; ИТП не занимает много места в отличие от центральных устройств.

В состав ИТП входят системы горячего и холодного водоснабжения, а также отопления и вентиляции. Конструктивно ИТП – это комплекс устройств: коллекторы, трубопроводы, насосы, различные теплообменники, регуляторы и датчики. На ИТП контролируются такие параметры теплоносителя как давление, температура и расход. Этими параметрами может управлять диспетчер, кроме того, данные передаются в диспетчерскую службу теплосети для записи. Кроме непосредственно распределения тепла, ИТП помогает учесть и оптимизировать затраты на потребление.

Внедрение ИТП имеет ряд преимуществ:

- позволит уменьшить расход топливных ресурсов для теплоснабжения, что в свою очередь приведет к улучшению экологической обстановки;
- позволит создать в зданиях комфортные условия для пребывания в них;

- оптимизация режимов работы тепловых сетей повысит надежность их функционирования;
- эффективный отбор тепла в ИТП абонентов позволит ТЭЦ произвести больше электроэнергии при тех же затратах;
- внедрение ИТП с теплообменниками для ГВС позволит резко уменьшить объемы водоподготовки в котельных и на ТЭЦ с сокращением расхода химреагентов, а также энергии на деаэрацию воды.

Переход энергосистемы от ЦТП к ИТП несет в себе как экономию использования энергоресурсов, так и заинтересованность граждан в сокращении и минимизации использования тепловой энергии, в результате чего будут снижены финансовые затраты.

Применение автоматических систем регулирования, поддерживающих необходимый режим работы теплового пункта и внедрение современного оборудования повысит эффективность работы ИТП и в целом энергосистемы республики.

УДК: 543:054.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ ПРИ ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

В.Ф. Новиков¹, Ю.В. Снигирева², Р.Р. Нигматуллин³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹npo_aist@mail.ru, ²sneg987@mail.ru, ³rad3723@yandex.ru

Аннотация. Сравнительный анализ органических растворителей в условиях тонкослойной хроматографии в настоящее время весьма актуален, поскольку интенсивное развитие промышленности приводит ухудшению экологической безопасности окружающей среды. В результате появляется необходимость более точного анализа органических растворителей. В материале рассмотрено влияние постоянного магнитного поля в условиях восходящей тонкослойной хроматографии на пластинках с силикагелем и растворителем н-Гексан.

Ключевые слова: полярный характер, растворители, дипольный момент, силикагель, магнитное поле, сорбционные материалы

В настоящее время многие органические растворители относятся к приоритетным загрязнителем окружающей природной среды и попадая в питьевую воду ухудшает ее качественные показатели. Для очистки питьевой воды от сопутствующих примесей используют различные технологические приемы и сорбционные материалы. Широко распространенным адсорбентом является силикагель, который получается в достаточно чистом виде и способен поглощать различные вещества как полярного, так и неполярного характера.

Полярный характер этого адсорбента, обусловленный наличием на его поверхности силанольных групп (Si - OH), является причиной сильного взаимодействия силикагеля с полярными соединениями. Неполярные вещества типа нормальных алканов не испытывают такого притяжения к активным центрам поверхности силикагеля и адсорбируются на нем за счет Ван-дер-Ваальсовых сил путем капиллярной конденсации. Степень адсорбции соединения на силикагеле является функцией полярности, и существует взаимная связь между теплотой адсорбции вещества и дипольным моментом.

В настоящей работе методом восходящей тонкослойной хроматографии на пластинках с силикагелем исследована сорбционные свойства н-Гексана и влияние на них слабых магнитных полей [1]. С этой целью была сконструирована установка, позволяющая в динамическом режиме определять зависимость времени удерживания органических веществ от длины сорбционного слоя. Кроме того, гравиметрическим способом определялась сорбционная емкость силикагеля по отношению к неполярному растворителю н.Гексану. Установлено, что это зависимость имеет вогнутый характер и слабые магнитные поля не оказывают влияния на сорбционные свойства силикагеля по отношению н.Гексану, что связывается с его низким дипольным моментом (рис. 1). Обработку результатов измерений проводили не менее пяти раз в программе «Microsoft Excel», полюса постоянного магнита определяли с помощью компаса.

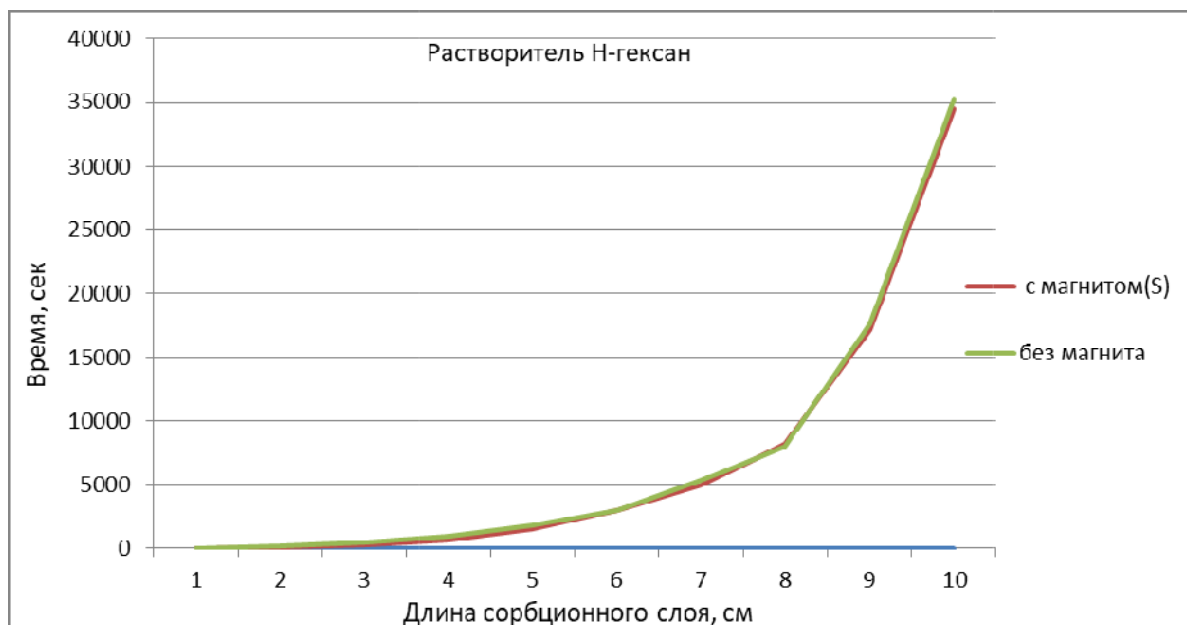


Рис.1. Зависимость времени удерживания н-Гексана от длины сорбционного слоя силикагеля без магнита и с магнитом

Список литературы

1. Новиков В.Ф., Осипов А.Л., Гиниятова Л.М., Сайфиева А.Р. Оценка сорбционных свойств органических растворителей // Материалы XIII Международной научно-практической конференции. – Белгород, 2016. – С. 129–131.

УДК 621.3

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

О.С. Регир

*Научные руководители: канд. техн. наук, доц. Н.В. Роженцова;
ст. преп. А.В. Коцюбинский*

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

В энергосистемах начинают появляться активные потребители, которые взаимодействуют друг с другом, выступая не только как потребители, но и как генерирующие и сбытовые субъекты. Эта тенденция изменяет существующую централизованную схему электроснабжения потребителей на интеллектуальную и распределенную, в которую входят виртуальные организации.

Термин «интеллектуальная распределенная сеть», или «активно-адаптивная сеть» (SmartGrid), впервые был использован в 2003 году в США. На сегодняшний день целый ряд стран ЕС и США уже активно внедряет данную технологию.

Интеллектуальная распределённая сеть представляет собой совокупность объектов сети, взаимодействующих между собой по определенным правилам в реальном времени без какого-либо вмешательства человека. Каждый объект сети представляет собой информационную модель, то есть набор характеристик и их зависимостей, присущих всему набору его электроприёмников, по своей сути, базу данных. Но как заставить эту базу работать?

Технологии распределенного реестра, умных контрактов, мультиагентных систем позволяют перевести объект сети из состояния статичной базы данных в состояние интеллектуального агента, способного общаться с другими агентами системы. В итоге мы можем получить абсолютно автономную децентрализованную сеть.

Переход к распределенным системам электроснабжения позволит повысить эффективность и надёжность энергетической инфраструктуры, безопасность сетей, а также снизить тарифы на электроэнергию конечному потребителю.

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РЕЕСТРОВ В ТЭК и ЖКХ

А.М. Сафин, Р.В. Емельянов, И.И. Лутфуллин

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. В.И. Капаев

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Ключевые слова: распределенные реестры, информационная безопасность, цепочки блоков информации, электроэнергия, посредники, коммерческие потери электроэнергии

На данный момент в электроэнергетическом секторе сложились актуальные проблемы, среди которых особо выделяются такие вопросы, как коммерческие потери электроэнергии, информационная безопасность, несвоевременная оплата энергии, наличие посредников в энергетической системе. Следует отметить, что Правительство РФ решает данный комплекс проблем в рамках потребления энергоресурсов в системе ЖКХ.

Ключом ко всему может стать технология распределенного реестра, являющаяся выстроенной по определённым правилам постоянной последовательной цепочкой блоков, хранящей в себе информацию и образующей P2P – сеть. Все равноправные участники данной сети могут напрямую обмениваться информацией с другими участниками, что исключает наличие посредников. Исключение посредников в свою очередь отражается на стоимости электроэнергии. Хранение данных в цепочке блоков обеспечивает высокий уровень их защиты, а также постоянную верификацию информации, что исключает хакерские атаки. Совместное использование этой технологии и «умных счетчиков» позволяет исключить коммерческие потери электроэнергии, формировать счета и их оплату.

Применение технологии распределенных реестров позволяет одновременно найти пути решения пласта актуальных вопросов и кардинально изменить существующую структуру электроэнергетики и модель ее рынка.

УДК 502.174.3

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

П.А. Хлюпин¹, Т.Р. Хабибуллин²

ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа

E-mail: ¹khlpinpa@mail.ru, ²timur.hub96@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена разработке алгоритма создания ветрогенерирующей установки с применением нанотехнологий

Ключевые слова: альтернативная энергетика, энергия ветра, ветрогенераторы, нанотехнологии, облегченная конструкция, электрогенератор

Ветер является одним из самых доступных источников энергии. Еще в глубокой древности, 1000 лет до нашей эры, человек начал использовать энергию ветра [1]. История Европейской ветроэнергетики начинается с ветряной мельницы в 1180 году [1]. Его преимущество над солнечной энергетикой в том, что выработка электроэнергии может производиться в ночное время [2].

Эффективность применения ветрогенераторных установок в местах со слаборазвитой электроэнергетической инфраструктурой, в труднодоступных районах, где нет линий электропередач, а завозить топливо для генерирующих установок не всегда представляется возможным.

Анализ показал, что наиболее благоприятными для выработки электроэнергии с помощью ветрогенераторных установок являются прибрежные районы, где среднегодовая скорость ветра от 6 м/с [3]. Россия обладает большими ветровыми ресурсами благодаря большой территории и выходу к морям, среди которых можно выделить восточные и северо-западные берега, а так же на южной части Европейской России.

Благодаря конструкции рабочего ветроколесаветрогенераторы группы I имеют низкую стоимость и являются простыми в эксплуатации. Недостатки малый коэффициент использования энергии ветра и тихоходность [4].

Ветрогенераторы группы II из-за своей конструкции относятся к быстроходным и являются более эффективными, так как вращающий момент создается за счет аэродинамических сил, возникающих на лопастях рабочего ветроколеса. Недостатком является необходимость ориентации ветроколеса, так что бы плоскость, в которой вращающиеся лопасти находились перпендикулярно воздушному потоку, для этого применяют крылья-стабилизаторы или поворотные механизмы [4]. Обладают повышенным шумом [1]. Необходима точная балансировка лопастей, особенно в двухлопастных ветрогенераторах [1].

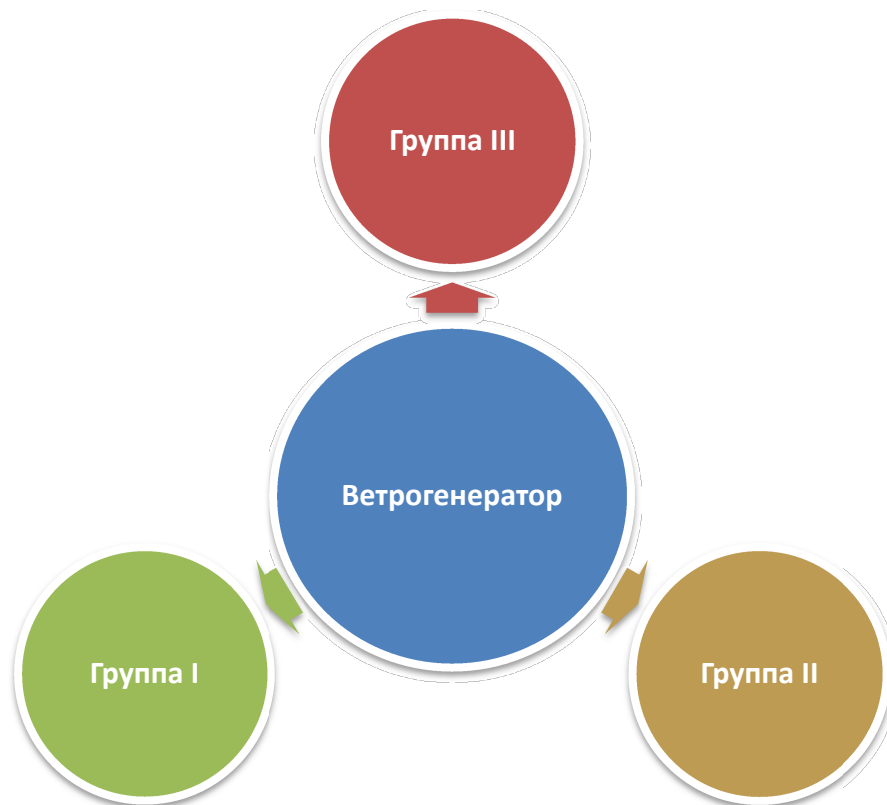


Рис. 1. Ветроэнергетические установки: группа I – ветродвигатели карусельного типа, роторного типа, барабанного типа; группа II – двигатели крыльчатой конструкции; Группа III – ветроагрегаты нестандартной конструкции

Ветрогенераторы не вошедшие в группы I и II можно отнести к группе III – ветроагрегаты нестандартной конструкции. К ним можно отнести ветрогенераторы работающие от искусственно созданного ветра, образующегося внутри вертикальной трубы. Так как атмосферное давление у поверхности земли отличается от давления на высоте, то в вертикальной трубе возникает воздушный поток, который стремится выровнять давления между концами трубопровода [5]. Необходимая скорость воздуха может быть достигнута, увеличивая высоту трубы, диаметр, или искусственным методом (подогрев воздуха в нижней части трубы). Подогрев воздуха можно обеспечить с помощью солнечной энергии, данным направлением занимается Австралийская компания EnviroMission [6].

Принцип работы ветрогенератора заключается в том, что механическая энергия ветроколеса преобразуется в электрическую энергию посредством синхронного генератора с редуктором, для регулирования скорости вращения вала генератора. Применение ветрогенераторов в районах, где среднегодовая скорость ветра менее 6 м/с требует применения генераторов с большим числом пар полюсов, что ведет к увеличению массы и снижению КПД всей энергоустановки [7].

Снижению массогабаритных показателей многополюсных генераторов будет способствовать применение нанотехнологий на стадии изготовления базовых элементов.

Авторами предлагается разработать алгоритм создания энергоэффективной нанотехнологичной ветрогенераторной установки учитывающий требования к выходной мощности $P_{\text{вых}}$, скорости вращения n и выходного напряжения $U_{\text{вых}}$. Основные разделы алгоритма:

1. Расчет электрических параметров генератора ветроэнергетической установки с учетом требуемой выходной мощности.
2. Определение массогабаритных показателей с учетом рассчитанных энергетических показателей и с применением нанотехнологий.
3. Расчет требуемой конструкции ветротурбины с учетом ветровой нагрузки и выбор исполнения ветроколеса I, II или III группы.

Разделы алгоритма тесно связаны друг с другом (рис. 2), изменение одного из них, ведет к изменению других и влияет на эффективность всей установки. Каждый параметр должен быть рассчитан с максимальной эффективностью.

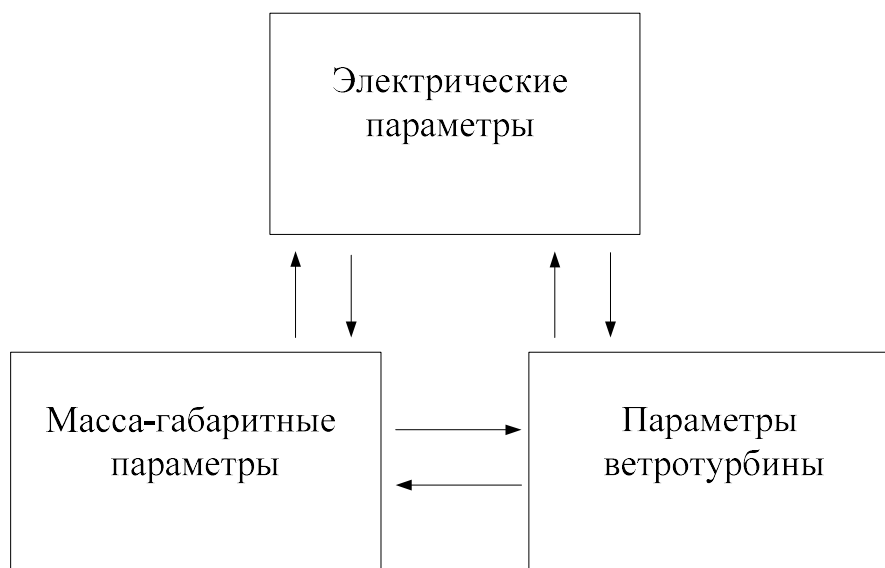


Рис. 2. Взаимосвязь параметров ветроэнергетической установки

Список литературы

1. Кривцов В.С. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Учебник. – Харьков: Изд-во Нац. аэрокосм. ун-та «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. Нац. Техн. ун-т, 2004. – 12, 120 – 123 с.

2. Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции / А.П. Кашкаров. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 38 с.

3. Присяжнюк И. Ветряки / И.Присяжнюк // Журнал «САМ». – 2010. – №5 – 10 – 12 с.

4. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие/ Б.В. Лукутин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 78 – 88 с.

5. Пат. 2452870 РФ, МПКF03D 3/04. Аэротермоэнергетическая установка. С. 1.

6. Reid Smith and Lisa Cohn, Tall and visionary // Журнал «Sun & Wind Energy». – 2011. – № 10 – 24 – 28 с.

7. Ян Наинг Мьинг. Исследование возможностей совершенствования электромашинных преобразователей для машинно-электронных генерирующих систем автономных объектов: 05.09.03. – Электротехнические комплексы и системы: 2014: – Москва. – С. 16 – 21.

УДК 62-503.55

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ОТОПЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПАО «ТАТНЕФТЬ»
ПРОГРАММИРУЕМЫМИ ТЕРМОСТАТАМИ.**

Л.Н. Юсупова¹, Р.Р. Валиуллин

ООО «ТаграС-ЭнергоСервис», г. Альметьевск

E-mail: ¹lilka1610@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены работа термостата, как автоматизированной системы управления и основные преимущества от программного регулирования отопления.

Ключевые слова: отопление, терморегулятор, автоматическое программное регулирование отопления.

Системы теплоснабжения являются крупнейшим потребителем топливно-энергетических ресурсов в стране. От нормального функционирования этих систем зависят условия теплового комфорта в отапливаемых зданиях, самочувствие людей, производительность труда и т.д. Выпуск качественной продукции на ряде промышленных предприятия требует строгого соблюдения нормируемых параметров микроклимата. Эффективность предприятий также в большой степени определяется температурно-влажностными режимами в помещениях, обеспечиваемыми работой систем теплоснабжения. Таким образом, проблема повышения качества, надежности, экономичности теплоснабжения имеет государственное значение.

Проблема энергосбережения с каждым годом становится все актуальнее. Этому способствует как ограниченность природных ресурсов, так и высокие цены на них. Несмотря на развитие систем газоснабжения и теплоснабжения, ряд небольших зданий в ПАО «Татнефть» (бригадные

дома и сушильные помещения ДНС) все равно отапливаются с помощью электрических котлов, т.к. строительство вышеупомянутых систем требует значительных капитальных вложений.

Существующая проблема усугубляется тем, что данные котлы не оснащены автоматическими системами регулирования температуры и находятся все время во включенном состоянии. При этом полноценный обогрев требуется только в строго определённые часы суток. Все это негативно сказывается на эффективности работы оборудования и приводит к нерациональному расходу электрической энергии.

Чтобы наладить систему автоматического поддержания оптимальной температуры, используют специальные контроллеры и датчики, расположенные как внутри, так и снаружи помещения. Например, программируемый терморегулятор (термостат) – представляющий собою цифровой недельный программатор который позволяет программировать систему отопления на желаемую температуру воздуха в помещении на протяжении дня, ночи и недели или устанавливать любую температуру на конкретный промежуток времени на каждый день и на каждую ночь. Управление термостатом осуществляется ручкой установки температуры со шкалой от 0 до 35 °С.



Рис. 1. Программируемый термостат

Термостат позволяет контролировать работу котла дистанционно. Исполнительный элемент подключается в электрическую цепь управления электрокотла. При изменении состояния чувствительного элемента вырабатывается сигнал, воздействующий на исполнительный элемент, который отправляет сигнал на отключение или включение автоматическому блоку котла отопления.

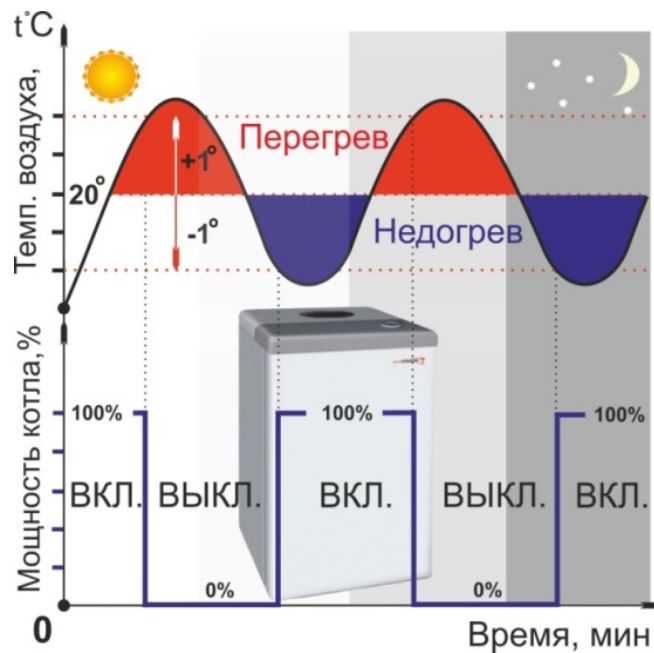


Рис. 2. Принцип работы программируемого термостата

Если температура теплоносителя или воздуха поднимается выше заданного значения, то поступает сигнал отключения, а после его опускания ниже установленного уровня, сигнал подается на включение отопительного оборудования. Устройства очень просты в управлении и, несмотря на это, являются надежным средством управления климатом.

Специалистами ООО «ТаграС-ЭнергоСервис» были смонтированы программируемые термостаты, с целью снижения затрат на электропотребление на нужды обогрева бригадных домов и сушильных помещений НГДУ «Азнакаевскнефть».



Рис. 6. Установленные термоконтроллеры в НГДУ «Азнакаевскнефть»

Для реализации проекта выполнен монтаж 107 термоконтроллеров и 44 приборов учета в бригадных домах и сушильных помещениях ДНС и произведено обучение персонала бригадных домов по корректной эксплуатации.

Таблица 1

Перечень объектов монтажа термоконтроллеров и приборов учета

Цех	Количество объектов монтажа	Расход электроэнергии за 2015 – 2016 гг.		Экономия, тыс. кВт·ч	Экономия, тыс.руб.
		Расчетный, тыс. кВт·ч	Фактический, тыс. кВт·ч		
ЦДНГ-1	8	193	138	54	128,39
ЦДНГ-2	11	267	178	89	209,09
ЦДНГ-3	13	204	155	50	117,16
ЦДНГ-4	11	225	177	48	114,02
ЦДНГ-5	12	269	210	60	140,72
ЦДНГ-6	9	152	104	48	112,39
ЦДНГ-7	4	153	106	47	111,89
Азн. ЦППД	17	524	319	205	484,09
Акт. ЦППД	11	191	113	78	183,62
Итого, кВт·ч		2178	1500	679	1601,36

После установки данного оборудования в НГДУ «Азнакаевскнефть» экономия электроэнергии составила 679 тыс. кВт·ч в год (31 %), что в денежном выражении 1601 тыс. рублей. Дисконтированный срок окупаемости – 1,39 года при капитальном вложении 1744,1 тыс. рублей.

Эффективное управление отоплением является жизненно важной частью рациональной работы котла и системы отопления. Грамотное использование элементов управления снизят потребление энергии агрегатом, при создании комфортной температуры, избегая перегрева помещений.

Список литературы

1. Фокин С.В. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: устройство, монтаж, эксплуатация: Учебное пособие / С.В. Фокин, О.Н. Шпортько. – М.: Альфа-М; М.: Инфра, 2009. – 368 с.
2. Орлов К. С. Монтаж и эксплуатация санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования: учебник / К. С. Орлов. – 5-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 336 с.

УДК 608.2

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ RFID В ЖКХ***С.Д. Яшагин, Р.Р. Шамсиев, Н.А. Лапухин****Научные руководители:**канд. ф.-м. наук, стар. науч. сотр. Т.К. Филимонова¹;**канд. техн. наук А.Н. Богданов²*

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹filimonova.tamara@bk.ru, ²ban83@mail.ru

Большинство граждан РФ живет в многоквартирных домах. Абсолютное большинство таких домов оснащено домофонами. Домофонные системы обеспечивают ограничение проникновения нежелательных лиц в подъезд.

За основу работы системы взята миниатюрная телефонная станция. На входе в подъезд многоэтажного здания, устанавливается металлическая дверь, которая постоянно находится в закрытом на электромагнитный замок положении. На ее внешней стороне с улицы смонтирован переговорный пункт, посредством которого посетители вызывают владельца квартиры для разговора. Для этого они набирают на кнопочной панели номер квартиры, куда проходит вызов так же, как на обычном стационарном телефоне. В процессе разговора хозяин жилого помещения может разблокировать работу электромагнитного замка и впустить посетителя в подъезд.

С этой целью у него в квартире установлен стационарный блок с телефонной трубкой, на которой расположена кнопка открытия двери. Трубка в повседневном состоянии вешается на пластмассовый язычок и закрепляется на стационарном блоке. При этом с внутренней стороны блока расположен микровыключатель, который управляет работой телефонной трубки.

Домофоны довольно быстро прошли этапы своего развития от простых механических к более универсальным устройствам, которые используют множество функций. Появились видеодомофоны, позволяющие не только передавать речь, но и видеоизображение.

Домофоны по технологии GSM обеспечивают не только типовые функции обычных домофонов, но и связь от вызывной панели через мобильный телефон владельца квартиры. Ведутся разработки, позволяющие использовать домофоны в системах предупреждения чрезвычайных и аварийных ситуациях.

Но при этом, несмотря на развитие современных цифровых технологий, наиболее распространенные в РФ домофонные системы имеют явный недостаток – брелок необходимо прикладывать к считывателю.

RFID (англ. *Radio Frequency IDentification* – радиочастотная идентификация) – способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых RFID-метках (транспондерах) [1].

Технология радиочастотной идентификации получает все большее распространение. Она используется в производственных процессах, для маркировки грузов при их транспортировке, в розничной торговле, для обеспечения безопасности и контроля доступа, наблюдения за тяжелыми пациентами в больницах, предотвращения подделки лекарств, отслеживания передвижения животных и во многих других областях [2], но практически не встречается в домофонах. Было предложено использовать в домофонных системах бесконтактные технологии считывания карты. Данные технологии позволят, при наличии карты доступа, открывать дверь подъезда без физического контакта с домофонным считывателем. Дверь уже будет открыта, когда подойдете к ней на расстоянии ближе 1 метра, при этом совершенно не важно, где находится карта, лежит она в кармане брюк или же глубоко в сумке. Данное решение будет способствовать повышению комфорта населения, особенно пожилых людей и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

В результате реализации данного проекта будет разработана приставка, подходящая к большинству, наиболее распространенных, домофонов. Приставка будет представлять собой отдельный, независимый от домофона модуль, который будет интегрироваться в саму домофонную систему. Таким образом, в типовую домофонную систему не будет внесено каких-либо критических изменений и доработок.

Данная приставка состоит из «управляющего модуля» и «антенны» в едином корпусе. На данном этапе разработана концептуальная модель, подобрана и протестирована элементная база для «антенны», завершается работа по программированию микроконтроллера для «управляющего модуля». В случае успешной апробации и получения положительных отзывов, данное решение можно будет тиражировать на другие многоквартирные дома Казани (более 5000 домов), затем по республике и на территории всей РФ (2 642 728 домов [3]). Низкая себестоимость и удобный монтаж будут способствовать распространению разработанного решения.

Данный проект реализуется при поддержке научных консультантов из ФГБОУ ВО «КГЭУ» и специалистов с ООО «ТатСвязьСервис» и ООО «ВВМ-ПРИНТ». Реализация данного проекта способствует большему

внедрению современных цифровых технологий в наш быт и жилищно-коммунальное хозяйство. Также данный проект позволяет применить полученные во время учебы знания на практике в решении актуальной задачи и развить практические навыки в проектировании, монтаже и программировании автоматизированных систем в ЖКХ.

Список литературы

1. Генев К.М. Учебный модуль по теме «Применение технологии RFID в складской логистике». – Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВО РГПШУ. – 4 с.
2. Бхуптани М., Морадпур Ш., RFID технологии на службе вашего бизнеса. – Sun Microsystems, Inc., 2005. – 7 с.
3. Ассоциация некоммерческих организаций по содействию развития товариществ собственников жилья и жилищно-строительных кооперативов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tsg-rf.ru/library/504>.

Секция 4

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Председатель

Г.У. Матушанский – д.п.н., профессор, зав. кафедрой ИП ФГБОУ ВО «КГЭУ»

Секретарь

Л.М. Романова – к.п.н., доцент каф. ИП ФГБОУ ВО «КГЭУ»

УДК 378.147.88

ЭЛЕКТРОННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА ВОЕННОГО ВУЗА

О.Ф. Артюхина¹, О.В. Раецкая²,

Филиал ФГКВОУ ВО «ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» МО РФ, г. Сызрань

E-mail: ¹ofa@rambler.ru, ²syzran1c@rambler.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности построения электронной информационной образовательной среды в военном вузе.

Ключевые слова: информационная подготовка, электронная информационная образовательная среда, информационные технологии, информационные ресурсы.

На нынешнем этапе развития, осуществляя требование Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации», образовательных организаций формируют открытые и общедоступные информационные ресурсы, а также дают потенциал познакомиться с ними с помощью их размещения в информационно-телекоммуникационных сетях и на официальном сайте вуза в сети Интернет.

Сфера военного образования, очевидно, также подвержена воздействию важнейших тенденций мира в области инновационной экономики, рынка труда и диверсификации профессионального образования.

В рамках улучшения системы военного образования были проведены мероприятия по ориентированию программ развития вузов МО РФ (в период до 2020 г.) на организацию современной инфраструктуры и учебно-материальной базы [1].

Внедрение современных информационных и телекоммуникационных технологий (ИКТ) в военное образование вызвало необходимость введения в тезаурус профессиональной педагогики термина «электронная информационная образовательная среда», понимаемого, обычно, как совокупность компьютерных средств и способов их функционирования для реализации обучающей деятельности.

Рассмотрим элементы термина «электронная информационно-образовательная среда».

Среда (социальная) – окружающие человека общественные, материальные и духовные условия его существования, формирования и деятельности. В широком смысле это макросреда, которая охватывает общественно-экономическую систему в целом - производительные силы, общественные отношения и институты, общественное сознание и культуру.

Среда в узком смысле (микросреда) включает непосредственное окружение человека: семью, трудовой, учебный и другие коллективы и группы; это часть социокультурного пространства, непосредственно с которой взаимодействует обучающийся.

Классифицируются среды по разным основаниям: по степени глобальности определения среды; по направлению решаемых общественно - значимых задач; по типу управления процессом познавательной деятельности и способам передачи (приема) информации.

Понятие «образовательная среда» рассматривается многими авторами с разной полнотой отражения сути: это понятие отражает совокупность информационных ресурсов образовательного учреждения, технологий обучения и обеспечения учебного процесса, реализованных в рамках единых принципов построения и обеспечивающих полный цикл или его логически завершенную часть.

«Электронная информационная образовательная среда» – это основа для построения алгоритма деятельности педагога в связи с использованием ИКТ. Проведенный авторами анализ научных публикаций позволяет определить сущность категории «электронная информационная образовательная среда» (ЭИОС) следующим образом – это система сохранения, передачи, обработки воспроизведения информации в электронном виде в образовательных целях. Формирование и развитие ЭИОС определяется воздействием на нее внешних систем обеспечения, прежде всего таких, как нормативно-правовая, техническая, технологическая, операционно-деятельностная и информационная.

Обращаем внимание на то, что понятие «ЭОИС» содержит, возможно, излишнее, на первый взгляд, слово «информационная», поскольку образовательная среда не может быть «не информационной». Но здесь подчеркивается необходимость на данном периоде развития общества построения образовательной среды на основе современных информационных технологий, отражающих информационные процессы в обществе. «Информационная» указывает на роль современных информационных технологий в построении ЭОИС.

В структуре ЭОИС, следует, выделить:

- аппаратную составляющую (технические устройства, обеспечивающие обработку информации-компьютеры, локальные сети, телекоммуникационное и презентационное оборудование);
- информационную составляющую (учебная, методическая, административно - управленческая информация);
- кадровую составляющую (субъекты образовательного процесса, и заказчики образовательных услуг);
- регламентную составляющую (правила взаимодействия различных элементов информационной образовательной среды) (схема 1).



Схема 1. Структура электронной информационной образовательной среды

Суммируя приведенные рассуждения, дадим следующее определение ЭОИС: это целостная реальность, предоставляющая совокупность информационных технологий и программно – методических средств обучения, обеспечивающих сопровождение познавательной деятельности и доступ к информационным ресурсам, результат чего представляется компетентный военный специалист.

Структура ЭОИС с точки зрения выделения элементов деятельности, присущих учреждению военного образования в части возможностей использования информационных технологий, позволяет определить человеческие, аппаратные и программные ресурсы (схема 2).

<p>1. Администрирование деятельности военного образовательного учреждения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – организация учебного процесса; – организация документооборота; – рефлексия и мониторинг деятельности; – предоставление информации внешним структурам.
<p>2. Информационные ресурсы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медиатека; – программное обеспечение; – тестовые программы; – виртуальные лаборатории; – сеть Интернет.
<p>3. Учебная деятельность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – изучение предметной области (информатики и информационных технологий); – межпредметное использование информационных технологий; – изучение информационных технологий в военной профессиональной деятельности; – использование информационных технологий для развития способностей, компетенций, мобильности.
<p>4. Внеучебная деятельность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – участие в конкурсах, научных конференциях; – создание сайта учебного заведения; – дистанционное обучение на различных курсах.

Схема 2. Направления функционирования электронной информационной образовательной среды

Актуальным становится вопрос создания ЭОИС на основе имеющегося или подготовленного, адаптированного, согласно запросам пользователя, текстового и иллюстративного материала и разработки технологической основы (методик, приемов, современных обучающих средств) для проектирования и сопровождения познавательной деятельности.

В итоге ЭОИС будет способствовать адаптации профессиональной подготовки военного обучающегося к непрерывно изменяющимся производственным условиям с учетом индивидуальных особенностей обучающегося, круга его интересов и потребностей.

Немаловажной особенностью нынешнего военного образования обнаруживается введение опыта использования Вооруженных Сил в Сирийской Арабской Республике, глубокая интеграция с войсками, способность оперативно реагировать на их потребности.

Основательное воздействие на качество обучения оказывает переход на подготовку военных обучающихся по электронным учебникам. Вузовскими коллективами разработаны и оцифрованы свыше 12,5 тысяч информационных ресурсов в виде учебников и учебных пособий, внедрены базовые электронные учебники по 40 общим для всех вузов дисциплинам.

Вместе с тем, при активном развитии информационных ресурсов Министерства обороны РФ недостаточно внимания уделяется дидактическим ресурсам, с помощью которых они должны интегрироваться в образовательный процесс при подготовке военных обучающихся. Анализ вузовской практики показывает, что при обучении используются, как правило, традиционные, но не всегда эффективные педагогические технологии, которые не учитывают особенности применения электронных учебников и обучающих курсов.

Информационные ресурсы в военных вузах призваны становиться не дополнением к учёбе, а монолитной частью единого процесса профессиональной подготовки военнослужащих, значимо усиливающей его эффективность. С 2016 г. претворяется в жизнь создание единой электронной библиотеки образовательных и научных организаций Министерства обороны РФ. Интегрируются электронные образовательные ресурсы «родственных» военных и гражданских вузов, реализуется проект «Электронный вуз» с целью оперативного распространения прогрессивного опыта, проведения интерактивных конференций, семинаров и мастер-классов ведущими профессорами с помощью видеоконференцсвязи в режиме реального времени.

Таким образом рассмотрена ЭОИС в образовательном процессе военного вуза: развитие ЭОИС военного вуза с интеграцией в ней информационных ресурсов.

Список литературы

1. Об органах воспитательной работы в ВС РФ. – М.: ГУВР, 2004. – 18 с.
2. Об учебно-материальной базе Вооруженных Сил Российской Федерации [Электронный ресурс]: приказ министра обороны РФ от 2 марта 2010 г. № 150 (ред. от 27 авг. 2012 г.). – Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
3. Организация информационно-психологической защиты войск (сил). – М.: ГУВР, 2003. – 25 с.
4. Подготовка кадров – фундамент развития вооруженных сил // Красная звезда. URL: <http://www.redstar.ru/index.php/syria/item/12786-podgotovka-kadrov-fundament-razvitiya-vooruz-hjonnykhsil> (дата обращения: 27.04.2017).
5. Российская Федерация. Законы. О науке и государственной научно-технической политике [Электронный ресурс]: федеральный закон от 23 авг. 1996 г. № 127-ФЗ (ред. от 13 июля 2015 г.). – Доступ из СПС «Консультант-Плюс».

6. Российская Федерация. Законы. Об информации, информационных технологиях и защите информации [Электронный ресурс]: федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ (ред. от 13 июля 2015 г.). – Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

7. Российская Федерация. Законы. Об образовании в Российской Федерации [Электронный ресурс] : федеральный закон от 29 дек. 2012 г. № 273-ФЗ (ред. от 30 дек. 2015 г.). — Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

8. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации [Электронный ресурс] : утв. Президентом РФ 7 февр. 2008 г. № Пр-212. – Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

9. Шойгу С.К. Дальнейшее совершенствование системы военного образования / С.К. Шойгу // Рос. военное обозрение. – 2013. – № 11. – С. 8–11.

10. Januszewski A., Molenda M. Educational Technology: A Definition with Commentary. Routledge, 2013. 384 с.; Selwyn N. Education in a Digital World: Global Perspectives on Technology and Education. – Routledge, 2013. – 179 с.

УДК 378

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МАРШРУТ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ЕГО НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ

Р.Р. Гарифуллина

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: Garifullina_R@mail.ru

Аннотация. Статья направлена на рассмотрение индивидуального образовательного маршрута преподавателя технического вуза как инструмент формирования его научно-методической компетентности. Представлен пример проектирования и реализации

Ключевые слова: преподаватель технического вуза, индивидуальный образовательный маршрут, план построения.

В настоящее время создание новой личностно-ориентированной парадигмы образования определяет индивидуализацию образовательного процесса и предполагает возможность проектирования индивидуальных образовательных маршрутов при дополнительном профессиональном образовании преподавателей вуза. Также становится актуальной проблема развития профессионально-педагогической компетентности преподавателя вуза и его научно-методической компетентности [1]. Осуществление

непрерывного образования невозможно без индивидуализации обучения, это требует новых подходов к разработке учебных планов, программ, принципов организации учебного процесса [2].

Индивидуальный образовательный маршрут формирования научно-методической компетентности мы рассматриваем как путь индивидуального движения преподавателя технического вуза в ходе выполнения учебно-тематического плана и участия в мероприятиях образовательного кластера к новому уровню рассматриваемой компетентности. При этом формирование указанной компетентности должно учитывать мотивацию и индивидуальные потребности преподавателя вуза.

Формирование научно-методической компетентности рассматривается нами как поэтапный процесс в ходе организации деятельности преподавателей вуза по построению индивидуальных образовательных маршрутов. Рассмотрим построение указанного маршрута в условиях научно-образовательного кластера.

В соответствии с представлениями о построении индивидуальных образовательных маршрутов при его разработке мы придерживались следующего плана:

1. Диагностика уровня сформированности компетентности.
2. Определение цели и задачи преподавателя для реализации маршрута.
3. Проектирование индивидуального образовательного маршрута преподавателя.
4. Реализация индивидуального образовательного маршрута преподавателя вуза.
5. Презентация результатов прохождения индивидуального маршрута.

Таким образом, используя данный план, мы разработали индивидуальный маршрут формирования научно-методической компетентности преподавателя технического вуза в условиях образовательного кластера. Рассмотрим технологию более подробно.

На этапе диагностики сформированности компетентности преподавателя очень важно определить уровни мотивации к саморазвитию и необходимости формирования исследуемой компетентности. Существует несколько методик диагностики мотивации к саморазвитию и оценки научно-методической компетентности преподавателя вуза, при разработке индивидуальных маршрутов мы провели анкетирование и первоначальную диагностику участия преподавателей вуза в научно-методической деятельности и ее самооценке. Исходя из результатов диагностики, преподаватели далее определили цели и задачи, время прохождения индивидуального маршрута.

Этап проектирования индивидуального образовательного маршрута заключается в разработке его учебно-тематического плана, с учетом цели и задач, которые должны быть достигнуты преподавателем и указанием необходимого времени для освоения инвариантной и вариативной части маршрута, их содержания, формы проведения занятий, дидактического сопровождения, определение формы представления результатов его реализации. Формирование указанной компетентности преподавателей технического вуза предусматривает их активное участие в различных научно-методических мероприятиях и в научно-исследовательской работе. Следует отметить, что формирование компонентов научно-методической компетентности преподавателя технического вуза определяется в соответствии с выполняемыми трудовыми функциями и внедрением профессионального стандарта и эффективного контракта научно-педагогических работников. Пример выбора методов, форм и дидактического сопровождения для решения потребностей преподавателя представлен в таблице.

Таблица

Выбор методов, форм и дидактического сопровождения формирования научно-методической компетентности преподавателя технического вуза в структуре научно-образовательного кластера

№ п/п	Потребность преподавателя в развитии научно-методической компетентности	Методы и формы	Дидактический комплекс
1	Развитие предметных компетенций по преподаваемым дисциплинам и разработка методических указаний по ним.	Решение кейсов, определение технологий разработки учебно-методического пособия	Методические рекомендации
2	Способность переносить результаты научной деятельности в образовательный процесс	Семинары, обсуждения	Методические рекомендации
3	Внедрение инновационных технологий обучения	Решение кейсов, определение технологий	Раздаточный материал
4	Подготовка научных публикаций различного уровня (журналы ВАК, РИНЦ, Scopus, Web of Science, тезисы конференций)	Решение заданий	Требования к оформлению статьи
5	Участие с докладом на конференциях, семинарах, круглых столах	Решение ситуативных задач на определение последовательности подготовки к выступлению	Разработанный доклад
6	Установление связей и сотрудничества с ресурсными центрами образовательного кластера	Стажировки	Отчеты о стажировке

№ п/п	Потребность преподавателя в развитии научно-методической компетентности	Методы и формы	Дидактический комплекс
7	Объединение научных и педагогических сил; участие в творческих лабораториях, организация коммуникационной площадки для обмена и распространения лучшего опыта среди преподавателей участников кластера	Круглый стол, научно-методический семинар	Презентации опыта работы преподавателей вуза
8	Реализация программ повышения квалификации для преподавателей вузов и колледжей	Краткосрочные курсы повышения квалификации	Тематические дидактические комплексы, соответствующие направлению повышения квалификации

Используя данную таблицу, преподаватель может подобрать методы работы по индивидуальному образовательному маршруту и добавить их к методам из инвариантной части программы. Реализация компонентов научно-методической компетентности преподавателей осуществлялась через функции образовательного кластера. Что касается рекомендуемых форм занятий, они разнообразны: деловая игра, беседа, экскурсия, стажировка, семинар, наблюдение, практическое занятие, тренинг, творческая мастерская, отчет, мозговой штурм, решение кейсов. Разработаны образовательные технологии: интерактивные и информационно-коммуникационные, модульное и проблемное обучение, портфолио.

На данном этапе определяются функций научно-методического обеспечения деятельности научно-образовательного кластера в реализации маршрута: сопровождение образовательного процесса; привлечение работодателей в качестве консультантов к проектированию профессиональных образовательных программ направлений в соответствии с требованиями рынка труда; повышение квалификации работников предприятий и преподавателей образовательных учреждений участников кластера; проведение научно-практических конференций и семинаров; экспертиза, рецензирование учебных и методических пособий.

Следовательно, формирование указанной компетентности преподавателей в условиях образовательного кластера задача, требующая комплексного решения, учитывающая как функции и особенности самого кластера, а именно:

– организационные: наличие и функционирование службы поддержки квалификации преподавателей; проведение и участие преподавателей вуза в мероприятиях кластера; анализ должностных инструкций и профессионального стандарта преподавателя вуза;

– педагогические: наличие квалифицированных педагогических кадров, способных передать свой опыт; функционирование площадок обмена опытом между преподавателями вуза и учреждений среднего профессионального образования; курсы повышения квалификации;

– методические: разработка курса повышения квалификации преподавателя технического вуза по формированию научно-методической компетентности и применение дополнительных условий кластера в соответствии с профессиональным стандартом преподавателя вуза; разработка диагностического материала оценки исследуемой компетентности преподавателя [3].

Далее проводится реализация индивидуального образовательного маршрута, через интеграцию деятельности преподавателя вуза с участниками образовательного кластера в соответствии с выявленными потребностями, систему дополнительного профессионального образования, учебно-методическую деятельность на кафедре, участие в различных конференциях, семинарах, проведение исследований и внедрение результатов в учебный процесс.

Презентация результатов прохождения индивидуального маршрута осуществляется в рамках научно-практического семинара с представителями научно-образовательного кластера.

Таким образом, индивидуальный маршрут формирования научно-методической компетентности преподавателя технического вуза в условиях образовательного кластера состоит из двух основных направлений: научного и методического. Каждое из этих направлений состоит из структурных элементов, которые зависят от потребности преподавателя в развитии того или иного компонента научно-методической компетентности, тем самым позволяет ему участвовать в разработке и реализации своего индивидуального образовательного маршрута и формировать научно-методическую компетентность.

Список литературы

1. Матушанский Г.У., Кудakov О.Р., Завада Г.В. Теоретико-методологические аспекты применения компетентностного подхода в высшем профессиональном образовании: Монография / Г.У. Матушанский, О.Р. Кудakov, Г.В. Завада. – Казань, 2009. – 240 с.

2. Матушанский Г.У. К концептуальным основам системы непрерывного образования вузовских преподавателей // Alma Mater (Вестник высшей школы). – 2000. – №11. – С. 40–41.

3. Гарифуллина Р.Р. Проектирование и реализация индивидуальных образовательных маршрутов развития научно-методической компетентности преподавателя вуза в условиях образовательного кластера // Казанский педагогический журнал. – 2016. – № 4. – С. 66–70.

УДК 377.5

СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И СТАНДАРТОВ СПЕЦИФИКАЦИИ WORLD SKILLS ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ЮВЕЛИРНОЕ ДЕЛО»

Т.Г. Забелина

Научный руководитель – канд. пед. наук, проф. Г.У. Матушанский

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Аннотация. Статья посвящена выявлению признаков проявления стандартов спецификации по направлению «Ювелирное дело», комплексному исследованию научных подходов к пониманию уровней их освоения, а также сравнительному анализу указанных стандартов и профессиональных компетенций среднего профессионального образования.

Ключевые слова: компетентность, компетенция, стандарт спецификации, Worldskills

В предыдущих исследованиях, посвященных анализу структуры общих и профессиональных компетенций (ОК и ПК) Федерального Государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (ФГОС СПО), была выработана обобщенная классификация уровней освоения компетенций: 1 – распознавание; 2 – воспроизведение; 3 – применение по известному алгоритму; 4 – применение в отсутствие алгоритма; 5 – производство нового знания. Эти уровни были обозначены буквами А, В, С, D, Е [1]. Взяв за основание признаки проявления профессиональных компетенций среднего профессионального образования и сопоставив каждому признаку итоговый уровень освоения, проводится количественный подсчет проявления уровней.

Нами были получены следующие результаты: в общих компетенциях ведущими являются умения действовать как по известному алгоритму, так и в его отсутствие. Что касается профессиональных компетенций, то ведущими являются знания (уровень А и В), которые тесно связаны с будущей профессиональной деятельностью, а также на основании набора

профессиональных компетенций (уровень С) выпускник должен быть готов к поиску нового, актуального знания, распространению его, осознанию общественной значимости своей деятельности, готовность к ней в динамично изменяющихся экономических условиях (уровень E).

В профессиональных компетенциях по направлению «Декоративно-прикладное искусство и народные промыслы» были выделены признаки проявления, которые необходимы как для использования в учебном процессе при подготовке студентов СПО, так и те знания, умения и навыки (ЗУН), которые могут быть использованы при подготовке студентов к конкурсу рабочего мастерства Worldskills [2].

WorldSkills International (WSI) – международная некоммерческая ассоциация, целью которой является повышение статуса и стандартов профессиональной подготовки и квалификации по всему миру, популяризация рабочих профессий через проведение международных соревнований по всему миру. Миссия WorldSkills International состоит в том, чтобы с помощью совместных действий государств, мировой общественности, содействовать тому, чтобы профессии и высокий уровень квалификации вносили свой вклад в достижения экономического успеха и развития личности. Цели WorldSkills International это: развитие и расширение присутствия WorldSkills International на мировом рынке профессионального образования, опираясь на усилия глобальных членов организации. В 2019 году чемпионат мира Worldskills пройдет в Казани. В структуру чемпионата WorldSkills входят 45 профессиональных компетенций, разделенных на шесть магистральных направлений, в том числе «Ювелирное дело». «Стандарты спецификации Worldskills» определяют знания, понимание и навыки, которые лежат в основе наилучшего международного опыта в техническом и профессиональном плане. Они отражают общемировое понимание того, какую роль рассматриваемая профессия играет для индустрии и бизнеса. Данный Конкурс направлен на отражение наилучшей мировой практики в Ювелирном деле. Нижеперечисленные Стандарты являются ориентиром для подготовки и участия в Конкурсе профессий [3]. Стандарты спецификации Worldskills по направлению «Ювелирное дело» содержат 7 групп компетенций, которые направлены на подготовку участников к конкурсу. Опираясь на два предыдущих исследования, нами был проведен анализ составляющих групп компетенций и каждому признаку проявления присвоен итоговый уровень освоения [4] (см. таблицу).

Стандарты спецификации Worldskills

№ ПК	Признаки проявления	Уровень освоения	Соответствие ФГОС ПК
	Работа Организации и управления		ПК 2.7
	Человек должен знать и понимать:		
1.1	Процедуры проверки и поддержания в рабочем состоянии специальных личных инструментов, общих инструментов и машин.	A	
1.2	Безопасная эксплуатация и поддержания общих инструментов в мастерской и отдельных личных инструментов	B	
1.3	Процедуры для безопасного хранения ювелирных изделий и материалов	A	
1.4	Риски использования природного газа, пропана, кислорода, электричества, кислот и химических продуктов	A	
1.5	Законодательство и передовую практику, касающиеся здоровья и безопасности	A	
1.6	Законодательство и нормативные положения, касающиеся приобретения, производства и продажи драгоценных металлов, драгоценных камней и готовых изделий.	A	
1.7	История и традиции ювелирных методов, которые использовали в прошлые периоды и в разных странах.	A	
1.8	Специальные терминологии, касающейся драгоценных металлов и ювелирного дела.	A	
1.9	Информация из источников о электро покрытии и процесса электро покрытия	A	
	Человек должен уметь:		
2.1	Профессионально взаимодействовать с ювелирным дизайнером и другими профессионалами в области ювелирного дела	C	ПК 2.6
2.2	Предоставлять экспертные консультации и рекомендации по изготовлению ювелирных изделий, методам выполнения для конкретного проекта	C	
2.3	Оценивать и планировать действия, поиск решений для выполнения отдельных задач и операций, необходимых для изготовления или ремонта ювелирных изделий, компонентов и окончательной сборки.	D	
2.4	Точно интерпретировать предложения для изготовления ювелирных изделий и компонентов, в том числе: Технические чертежи; Примеры частей; Эскизы или визуализированные изображения из цифровой 3D модели;	D	
2.5	Интерпретировать технические терминологии и символы.	C	
2.6	Определять время, материалы и оборудование, необходимое для завершения проекта	D	

№ ПК	Признаки проявления	Уровень освоения	Соответствие ФГОС ПК
2.7	Работа с высокой степенью точности и точность на тонких и деликатных частях	С	
2.8	Применение правильных процедур для уменьшения потерь и удержания драгоценных металлов для повторного использования	С	
2.9	Соблюдение правил гигиены и безопасности страны или региона, где выполняется работа	С	
2.1 0	Использование средств индивидуальной защиты (СИЗ), чтобы защитить человека при работе с металлом.	С	
2.1 1	Эксплуатация машин и инструментов таким образом, чтобы избежать риска для себя или других в рамках мастерской	С	
2.1 2	Активно поддерживать непрерывное профессиональное развитие для того чтобы учитывать тенденции моды в дизайне ювелирных изделий, изготовлении, методах и достижениях в области технологии	Е	
	Производство сплавов драгоценных металлов		
	Человек должен знать и понимать:		
3.1	Содержание драгоценных металлов, сплавов и влияние добавок на драгоценные металлы с точки зрения физических и химических свойств	А	ПК 1.4
3.2	Как реагируют сплавы на различные процессы, используемые в ювелирном деле	В	
3.3	Свойства сплавов драгоценных металлов и их припой	А	
3.4	Законы и правила, касающиеся содержания драгоценных металлов для продажи и экспорта	В	
3.5	Анализирование процессов и процедур для проведения операции покупки и продажи ювелирных изделий	С	
3.6	Анализирование, определяющие качество драгоценных металлов	С	
3.7	Форматы, в которых продаются драгоценных металлы	А	
	Человек должен уметь и знать:		
3.8	Распознать подлинность и качество драгоценных металлов	С	
3.9	Источник драгоценных металлов правильной цены и качества для производства ювелирных изделий	В	
3.1 0	Рассчитать пропорции и количество чистых драгоценных металлов и неблагородных металлов, необходимых для изготовления любого количества сплавов	С	
3.1 1	Литье слитков драгоценных металлов любого заданного веса, с минимальным остатком примеси, готовых для обработки	В	
	Подготовка сплавов драгоценных металлов для производства		
	Человек должен знать и понимать:		
4.1	Свойства и применение различных признанных сплавов драгоценных металлов	А	ПК 1.3

№ ПК	Признаки проявления	Уровень освоения	Соответствие ФГОС ПК
4.2	Процедуры для преобразования сплава драгоценных металлов в слитки, подготовка для изготовления ювелирных изделий	В	
4.3	Применения и использования различных признанных драгоценных металлов	С	
	Человек должен уметь:		
4.4	Производить листы или квадратную проволоку из драгоценных металлов любой заранее определенной толщины, при помощи ручного или электроприводного проката	С	ПК 1.5
4.5	Уменьшать толщину квадратной или круглой проволоки в драгоценных сплавах для любого заранее определенного размера	С	
4.6	Производить круглую проволоку из квадратной проволоки заранее определенного размера	С	
	Производство простых ювелирных компонентов		
	Человек должен знать и понимать:		
5.1	Различные компоненты ювелирных изделий и их использование	А	ПК 1.4
5.2	Способы и методы формирования и построения компонентов	В	
	Человек должен уметь:		
5.3	Производить Шенье/трубки и уменьшать до любого заданного диаметра	С	
5.4	Трансформировать драгоценные металлы из сплава в лист, проволоку или Шенье/трубку, в базовые ювелирные изделия так чтобы соответствовать любой форме, предварительно определенной техническим рисунком или образцом компонента	С	
5.5	Точно сверлить драгоценные металлы, чтобы соответствовать любой формы предварительно определенной техническим рисунком или образцом компонента	С	
5.6	Преобразование основных компонентов ювелирных изделий абразивными методами фрезерованием, шлифовкой, выпилкой и т.д., чтобы соответствовать любой форме, предварительно определенной техническим рисунком или образцом компонента	С	
5.7	Молоток, тиснение, для придания формы листу драгоценного металла соответствующей толщины в невысоком рельефе, чтобы соответствовать любой форме, предварительно определенной техническим рисунком или образцом компонента с помощью соответствующего инструмента	С	
	Изготовление сложных компонентов и полный сборки		
	Человек должен знать и понимать:		
6.1	Различные компоненты ювелирных изделий и их использование	А	ПК 1.4

№ ПК	Признаки проявления	Уровень освоения	Соответствие ФГОС ПК
6.2	Диапазон и использования инструментов и методов для изготовления и отделки компонентов	B	
6.3	Закрепку камней	A	
6.4	Правильное и безопасное использование припоев и паяльных инструментов	C	
	Человек должен уметь:		
6.5	Собирать основные ювелирные компоненты сложных ювелирных изделий с помощью припоя для драгоценных металлов с тем, чтобы соответствовать любой дизайну, предварительно определенному техническим рисунком или образцом компонента	C	
6.6	Производить закрепку драгоценных камней, чтобы соответствовать любому дизайну, предварительно определенному техническим рисунком или образцом компонента, и таким образом, чтобы камни заранее определенного размера и формы были установлены должным образом	D	
6.7	Производство функционирующих механизмов для ювелирных изделий, таких как петли, замки и т.д. таким образом, чтобы соответствовать любому дизайну, предварительно определенному техническим рисунком или образцом компонента, чтобы они функционировали в качестве необходимых элементов и в дальнейшем действуя таким же образом длительный период времени при нормальной эксплуатации	D	
6.8	Сборка основных ювелирных компонентов и сложных ювелирных компонентов в завершённое ювелирное изделие с помощью припоев таким образом, чтобы соответствовать любому дизайну, предварительно определенному техническим рисунком или образцом компонента	D	
6.9	Восстанавливать поврежденные или изношенные части ювелирных изделий таким образом, что восстановленная часть была неотличима от своего оригинала во время изготовления	C	
	Финишная обработка поверхности		
	Человек должен знать и понимать:		
7.1	Навыки конкретных отделочных и полировочных методов и приемов	A	ПК 1.4
7.2	Эффекты различных типов полировки на поверхности	A	
7.3	Процедуры, инструменты и методы для получения оптимальной поверхности	A	
7.4	Общие недостатки поверхности и дефекты и соответствующие методы их устранения	A	
7.5	Международные сорта наждачной бумаги, используемые в отделке поверхности	A	

№ ПК	Признаки проявления	Уровень освоения	Соответствие ФГОС ПК
	Человек должен уметь		
7.6	Избегать создания марки, царапин и поверхностных дефектов на всех этапах изготовления деталей простых и сложных ювелирных компонентов и законченных ювелирных изделий перед нанесением окончательной отделки поверхности	С	
7.7	Производить отделку поверхности на этапах производственного процесса	С	
7.8	Применять антибликовую 800ASA наждачную бумагу (или эквивалент) для оценки и/или переходить к любой из последующих этапов производства, требующих других промышленных навыков, таких как литье, закрепка драгоценных камней, гравировка и полировка	С	

1 группа – «Работа Организации и управления». Содержит 9 компетенций, которым соответствует ПК 2.7. «Обеспечивать и соблюдать правила и нормы безопасности в профессиональной деятельности»; 12 компетенций, которым соответствует ПК 2.5 «Планировать работу коллектива исполнителей и собственную деятельность» и ПК 2.6 «Использовать компьютерные технологии при реализации замысла в изготовлении изделия традиционно-прикладного искусства». Количественный подсчет показал, что группа содержит: 8 «А» (Распознавание), 1 «В» («Воспроизведение»), 8 «С» («Применение по известному алгоритму»), 2 «D» («Применение в отсутствие алгоритма»), 1 «Е» («Производство нового знания»).

2 группа – «Производство сплавов драгоценных металлов». Содержит 11 компетенций, которым соответствует ПК 1.4. «Воплощать в материале самостоятельно разработанный проект изделия декоративно-прикладного искусства (по видам)». Количественный подсчет показал, что группа содержит: 3 «А»; 4 «В»; 4 «С».

3 группа – «Подготовка сплавов драгоценных металлов для производства ювелирных изделий». Содержит 3 компетенции, которым соответствует ПК 1.3. «Собирать, анализировать и систематизировать подготовительный материал при проектировании изделий декоративно-прикладного искусства». 6 компетенций, которым соответствует ПК 1.5 «Выполнять эскизы и проекты с использованием различных графических средств и приемов.

Количественный подсчет показал, что группа содержит: 1 «А»; 1 «В»; 4 «С».

4 группа «Производство простых ювелирных компонентов». Содержит 7 компетенций, которым соответствует ПК 1.4 «Воплощать в материале самостоятельно разработанный проект изделия декоративно-прикладного искусства (по видам)». Количественный подсчет показал, что группа содержит: 1 «А»; 1 «В»; 5 «С».

5 группа «Изготовление сложных компонентов и полный сборки с помощью припоя». Содержит 9 компетенций, которым соответствует ПК 1.4 «Воплощать в материале самостоятельно разработанный проект изделия декор-прикл. искусства (по видам)». Количественный подсчет показал, что группа содержит: 2 «А»; 1 «В»; 3 «С»; 4 «D».

6 группа «Финишная обработка поверхности». Содержит 8 компетенций, которым соответствует ПК 1.4 «Воплощать в материале самостоятельно разработанный проект изделия декор-прикл. искусства (по видам)». Количественный подсчет показал, что группа содержит: 5 «А»; 3 «С».

Таким образом, в статье стояли задачи по выявлению признаков проявления стандартов спецификации по направлению «Ювелирное дело»; сопоставление каждому признаку итоговый уровень освоения; проведение количественного подсчета уровней освоения; сопоставление стандартам спецификации профессиональных компетенций ФГОС СПО. Результаты задач исследования представлены в виде сравнительной таблицы, что наглядно показывает соотношение стандартов спецификации и профессиональных компетенций. Данные результаты позволяют сделать следующие выводы: при формировании указанных ПК будут развиваться выше-приведенные стандарты Worldskills.

Список литературы

1. Матушанский Г.У., Завада Г.В., Забелина Т.Г. Уровневый анализ освоения общих компетенций студентов средних специальных учебных заведений // Вестник Казанского Государственного Энергетического Университета. – Казань: Изд-во Казан. гос. Энерг. ун-та, 2017. – № 1. – С. 86–98.

2. Забелина Т.Г. Структура профессиональных компетенций выпускников учреждений среднего профессионального образования в сфере «Декоративно-прикладного искусства и народных промыслов» // Вестник Казанского Государственного Энергетического Университета. – Казань: Изд-во Казан. гос. Энерг. ун-та, 2017. – № 3.

4. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WorldSkills> (дата обращения: 26.10.2017).

5. Стандарты спецификации Worldskills по направлению «Ювелирное дело». URL: http://old.worldskills.ru/wp-content/uploads/2017/04/YUvelirnoe-delo_WS-final2017-TO.pdf (дата обращения: 26.10.2017).

УДК 378

ЭЛЕКТРОННОЕ ПОРТФОЛИО КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

С.М. Куценко¹, С.Ф. Малацион²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹s.koutsenko@mail.ru, ²sveta_malacion@mail.ru

Аннотация. Создание обучающимися электронного портфолио в условиях реализации федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования.

Ключевые слова: электронное портфолио, модерация достижений, результаты обучения.

На сегодняшний день перед любым вузом стоит важнейшая задача, связанная с конкурентноспособностью и востребованностью выпускника на рынке труда. Проблема трудоустройства стала актуальной особенно в последнее время, когда конкуренция за рабочее место происходит не только среди выпускников вуза, но и среди специалистов с опытом работы. Поэтому Вуз должен обеспечить не только процесс развития компетенций специалиста, но и отслеживание и предъявление результатов и достижений его деятельности будущему работодателю. Однако, как показывает практика, многие выпускники технических вузов не соответствуют в полной мере требованиям, которые предъявляются работодателями: вузы выпускают специалистов с общими представлениями об инженерной деятельности, в большинстве случаев не готовых к оперативному включению в данную область деятельности.

Одной из современных педагогических технологий, позволяющей студенту эффективно планировать и оценивать результаты своего обучения, является технология портфолио, активно развивающаяся в образовании.

Формирование электронного портфолио обучающихся вуза – требование современных федеральных государственных образовательных стандартов образовательных программ высшего образования, подлежащее обязательному исполнению [3].

В условиях компетентного подхода портфолио выступает как способ демонстрации, развития и оценки компетенций студента, механизм мониторинга его прогресса. Это своеобразный отчет по различным видам деятельности студента: учебной, научно-исследовательской, творческой, общественной и т.д.

В то же время, портфолио является одним из условий повышения мотивации студента, формирования навыков рефлексии. По мнению Е.В. Григоренко, портфолио – есть систематический и специально организованный сбор доказательств, который служит способом системной рефлексии на собственную деятельность и представления ее результатов в одной или более областях для текущей оценки компетентностей или конкурентоспособного выхода на рынок труда [1]. Девисиллов В.А. рассматривает портфолио как технологию мотивации и личностно-ориентированного обучения [2].

Таким образом, основная цель создания портфолио и мониторинга индивидуальных достижений студента – сбор и наглядное представление основных достижений в процессе обучения в вузе.

Создание портфолио – интересный и творческий процесс, позволяющий собрать в одном месте результаты, достигнутые студентом в разнообразных видах деятельности (учебной, творческой, общественной) за время обучения, систематизировать их. Особенную активность в ведении и заполнении портфолио проявляют студенты, которым есть что рассказать о себе и своих успехах, заработать баллы, которые потом повлияют на назначение повышенной стипендии, заселении в общежитие и, возможно, при дальнейшем трудоустройстве на работу.

В информационной системе Казанского государственного энергетического университета (ИСУ КГЭУ) имеются разделы: «Учебная деятельность», «Научно-исследовательская деятельность», «Спортивная деятельность», «Культурно-творческая деятельность», «Общественная деятельность» (рис. 1).

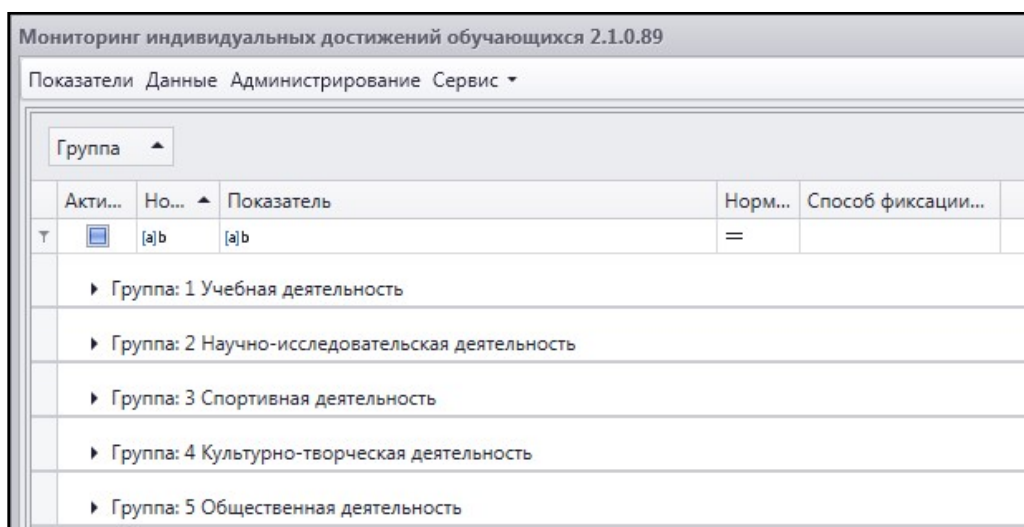


Рис. 1. Окно Показатели ИСУ КГЭУ

У каждого показателя имеются модераторы из числа работников дирекций, учебно-методического отдела, спортивного клуба, отдела научно-исследовательской работы студентов, проректора по внеучебной деятельности. В первом разделе «Учебные достижения» отражаются наиболее значимые учебные достижения:

- успеваемость, а именно средний балл по дисциплинам учебного плана, который фиксируется автоматически из электронных учебных карточек студентов;

- участие в предметных олимпиадах, конкурсах;

- свидетельства о прохождении дополнительных образовательных программ и т.д.

Во втором разделе «Научно-исследовательская и проектная деятельность» собираются сведения о научно-исследовательской и проектной деятельности:

- публикации в изданиях различного уровня;

- участие в научно-практических конференциях, в студенческих научных объединениях, в выставках, в конкурсах, проектах;

- участие в грантах, патентной деятельности.

Все достижения подтверждаются в виде грамот, дипломов, сертификатов, патентов, которые студенты сканируют и загружают в личный кабинет.

В третий раздел «Спортивная деятельность» заносятся грамоты, дипломы, подтверждающие заслуги в данной категории.

В раздел «Культурно-творческая деятельность» студенты вносят творческие достижения, полученные ими во время учебы в КГЭУ.

В разделе «Общественная деятельность» фиксируется участие в работе органов студенческого самоуправления и молодежных общественных объединениях, различные проявления гражданской активности, благотворительные акции, донорство и т.д.

Студенты для подтверждения своего участия в каком-либо мероприятии указывают также дату проведения данного мероприятия, раздел, к которому относится данное мероприятие, а также коэффициент своего участия.

За каждое мероприятие система начисляет баллы, которые в дальнейшем суммируются. Таким образом выстраивается рейтинг каждого студента в соответствующем разделе.

Чтобы информация о достижениях в портфолио студента была объективной и достоверной, модераторы проверяют введенную информацию, и, либо подтверждают ее, либо отвергают, давая комментарии. Тогда студент может исправить ошибки, допущенные при прикреплении документов, и повторить ввод подтверждающих документов. На рис. 2 представлено окно модератора раздела «Научно-исследовательская деятельность».

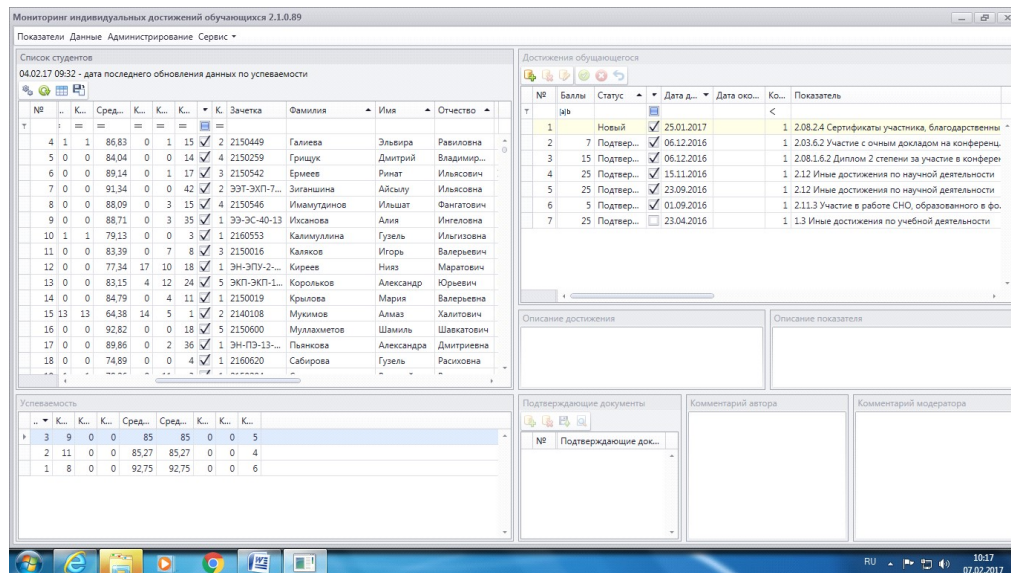


Рис. 2. Окно модератора

Опыт работы с электронным портфолио обучающихся в КГЭУ позволяет дать положительную оценку этой прогрессивной педагогической технологии и судить о ее безусловной эффективности и надежности. Портфолио является не только современной эффективной формой самопрезентации и оценивания результатов образовательной деятельности обучающегося, но и способствует:

- усилению мотивации к образовательным достижениям;
- формированию рефлексивных умений;
- формирование умений объективно оценивать уровень своих профессиональных компетентностей и развивать их;
- приобретению опыта в общении и деловой конкуренции;
- повышению конкурентоспособности будущего специалиста.

Список литературы

1. Григоренко Е.В. Портфолио в вузе: методические рекомендации по созданию и использованию / Е.В. Григоренко // Томск: Томский государственный университет НОЦ «Институт инноваций в образовании» Институт дистанционного образования, 2007.

2. Девисиллов В.А. Портфолио и метод проектов как педагогическая технология мотивации и личностно ориентированного обучения в высшей школе [Электронный ресурс]. URL: http://www.mhts.ru/science/Devisilov/Technologii_motivacii.pdf.

3. Дементьева Ю.В. Основные проблемы формирования электронного портфолио обучающегося по образовательным программам высшего образования // Образование и наука. – № 2 (131). – С. 145–153.

УДК 378.4

ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ ВЫПУСКНИКА ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СФЕРЕ

Т.А. Леонтьева¹, Е.О. Зорина², Д.И. Чатурова³, В.А. Батищева⁴

ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа

E-mail: ¹tan_bat@mail.ru, ²liizza4@mail.ru,

³chaturovadi@mail.ru, ⁴tat_sp@mail.ru

Аннотация. В мире, где одни технологии быстро сменяются другими, абитуриент не всегда успевает отследить все тенденции и выбрать конкретный профиль обучения. Чаще всего он знаком с направлениями подготовки поверхностно, что приводит к неправильному выбору профессии, а в дальнейшем к проблеме поиска подходящей работы. Государству, а также и университетам невыгодно, чтобы студент, получивший необходимые знания в течение 4-6 лет не может найти работу или меняет сферу деятельности. Поэтому необходимо найти новые способы решения данной проблемы.

Ключевые слова: специалист, студент, образование, инженер-электрик, инновации, тенденции, кейс-чемпионаты.

Современные достижения науки оказывают серьезное влияние на изменение роли инженерного образования. Сегодня инженерное образование тесно связано с проблемами становления и развития инновационной деятельности, которая основывается на единстве науки, образования и бизнеса. Это привело к тому, что современный инженер, владеющий широким спектром ключевых компетенций ценится больше чем «узкие» специалисты. В связи с нехваткой высококвалифицированных инженеров-специалистов Министерство образования и науки выделяет все больше и больше бюджетных мест техническим вузам (таблица) [1]. Соответственно проходные баллы на технические специальности возросли, но не смотря на это, конкурс на инженерные специальности продолжает оставаться высоким.

Сравнение количества бюджетных мест за последние три года
среди гуманитарных и технических направлений УГНТУ

Специальность	2014	2015	2016	Динамика
Факультет Автоматизации Производственных Процессов				
Информатика и вычислительная техника	28	20	28	↑
Электроэнергетика и электротехника	15	21	21	↑
Автоматизация технологических процессов и производств	31	44	35	↓
Управление в технических системах	17	13	18	↑
Институт нефтегазового бизнеса				
Производственный менеджмент (нефтяная и газовая промышленность) (в том числе с углубленной языковой подготовкой)	5	0	0	↓
Производственный менеджмент (нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность)	5	0	0	↓
Бухгалтерский учет, анализ и аудит	0	0	0	–
Горно-нефтяной факультет				
Эксплуатация и обслуживание объектов добычи газа, газоконденсата и подземных хранилищ	13	13	13	–
Эксплуатация и обслуживание объектов нефтегазового комплекса арктического шельфа	12	12	12	–
Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти (в том числе с углубленной языковой подготовкой)	25	25	26	↑

Поскольку сегодня наблюдается рост технологического развития нефтяной отрасли, все больше специалистов требуется для внедрения новых технологических процессов и обслуживания нового оборудования. Так, в Республике Башкортостан наиболее популярными стали специальности проектировщика, строителя, бурильщика и электроэнергетика. По статистике в 2016-2017 гг., количество обучающихся по программе бакалавриата «Электрооборудования и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» и магистратуры «Режимы работы электрических источников питания, подстанций, сетей и систем» в Уфимском Государственной Нефтяном Техническом Университете увеличился с 16 до 21 и с 15 до 20 соответственно. Схожая статистика наблюдается и в других российских технических университетах.

Тем не менее, среди выпускников, окончивших обучение по вышеперечисленным специальностям, наблюдается следующая тенденция. Бакалавры, 56% выпускников продолжают обучение по тому же направлению, 16% меняют направление обучения и 28% не поступают на программы магистратуры. Смена специальности, факультета или университета обуславливается рядом причин, среди которых основными являются:

1. Широкий спектр требований работодателя к кандидату. Например, специалист по РЗА (релейная защита и автоматика) помимо основ релейной защиты должен знать основы программирования, проектирования РЗА, а нефтяные компании заинтересованы в том, чтобы специалист знал основы нефтегазового дела и иностранные языки. Это говорит о том, что одного направления обучение не достаточно.

2. Заинтересованность в создании собственного бизнеса или в работе на руководящих должностях. На сегодняшний день целью многих выпускников является достижение высокой позиции в компании, для чего необходимо иметь экономическое образование, помимо технического. Также набирает обороты бизнес в сфере производства материалов, обслуживания и продажи оборудования, в данном случае наличие профессиональных знаний в области экономики, администрирования и юриспруденции просто необходимы.

Несмотря на возможности, которые предоставляет университет выпускникам: смена направления обучения, обучение в аспирантуре, педагогическая деятельность, многие выпускники бакалавриата и магистры российских технических вузов не идут работать по специальности. Вопросом, почему полученная в вузе специальность не определяет дальнейшего места работы, задаются уже не первый год. Чаще всего первоначальной причиной является неосознанный выбор вуза/специальности у школьников, потому что система профориентации функционирует недостаточно полноценно. Поверхностные знания, требуемые навыки в той или иной работе, трудовой деятельности приводит к тому, что часть будущих студентов руководствуются в выборе профессии только ее престижем и высоким заработком. Яркий пример непонимания специфики будущей профессии – инженер-электрик. Электрик должен иметь технический склад ума, знать основы электротехники и ряда специальных наук, уметь широко и гибко мыслить, творчески решать проблемы и быстро ориентироваться в сложных ситуациях. Многие абитуриенты не подозревают, что профессия электрика опасная, эти люди работают с высоким напряжением. Также абитуриент должен знать обязанности электрика, которые зависят от места его работы.

В нефтяной промышленности это может быть обслуживание электрооборудования (частотные преобразователи, станции управления, трансформаторы и т.д.), ремонт и сборка электрооборудования, монтаж, демонтаж УЭЦН (установка электроцентробежного насоса), оформление производственной документации. У электриков существует 6 разрядов, обозначающих уровень квалификации, и 5 групп допуска по электробезопасности, номер группы зависит от стажа работы, уровня образования и имеющихся навыков. Однако, это не все, помимо групп по электробезопасности необходимо получение специальных прав: наблюдающего, производителя работ, ответственного руководителя работ и лица, имеющего право выдачи нарядов и распоряжений. Данные права предоставляются работникам после сдачи соответствующих экзаменов, приказом работодателя по предприятию. Также, согласно правилам работы с персоналом в электроэнергетике, инженер-электрик обязан ежегодно сдавать ряд экзаменов, что отпускает выпускников. Карьерный рост в профессии электроэнергетика долгий, как правило, несколько лет: чтобы вырасти от электромонтера до главного энергетика необходимо постоянно самообучаться, сдавать экзамены и получить не малый опыт работы, в связи с чем выпускники, стремящиеся сразу к высоким должностям, разочаровываются в выбранной профессии и предпочитают сменить направление деятельности.

Следующей, немаловажной причиной, является отсутствие практики на рабочих местах. Вопрос практики в образовании очень важен, так как она может сильно повлиять на рост выпускников, в профессиональном плане, работающих по специальности. На сегодняшний день, только небольшой процент студентов проходит практику на рабочих местах, чаще всего во время производственной практики студенты не имеют разрешения самостоятельно работать, поэтому они изучают общие процессы производства, что снижает качество производственных практик. Это объясняется тем, что оборудование, с которым могут работать стажеры, имеет высокую стоимость, поэтому не допускается риск его поломки. С другой стороны компании требуют выпускников, имеющих опыт работы на данных установках, что становится невозможным. Поэтому отсутствие надлежащей практики приводит к тому, что часть выпускников после начала работы по специальности меняют профиль деятельности.

Обозначим ещё одну причину. Большинство компаний, особенно нефтегазовые, внедряют новое оборудование и технологии в производство, поэтому инженер или бакалавр должен уметь правильно эксплуатировать как устаревшее, так и современное оборудование. Система образования

без глобальной интеграции в производство не успевает за инновационными процессами, что приводит к тому, что молодые инженеры не готовы выполнять свои функции в полном объеме, т.е. без дополнительного обучения на местах приступить к своим обязанностям. В связи с этим, выпускников не ставят на инженерные должности, их назначают на рабочие профессии. Это стало практикой многих крупных компаний, в чём нельзя не увидеть много положительного, хотя выпускники могут расценивать это негативно.

Возможными путями решения существующих проблем является наиболее тесное сотрудничество ВУЗов и предприятий. А именно:

1. Для улучшения понимания своей профессии и будущих обязанностей в ВУЗах должны чаще проводиться лекции от профильных предприятий, на которых производственники будут рассказывать студентам тонкости профессии и особенности производства, а также какие навыки должны иметь молодые инженеры для того чтобы начать карьеру в данной компании.

2. Создание в ВУЗах научных направлений позволяет студентам лично вносить вклад в развитие технологий, а также позволяет глубже узнать выбранную сферу обучения, процессы производства, физические законы и явления, на которых основана работа оборудования на предприятиях.

Так, в Уфимском Государственном Нефтяном Техническом Университете студенты имеют возможность развиваться в научной сфере, помимо практических и лабораторных занятий, университет проводит специальные лекции для студентов, где зачастую выступают выпускники этого университета, рассказывают о своем опыте работе в крупных сервисных и нефтегазовых компаниях. В последнее время популярным стали кейс-чемпионаты, которые проводятся раз в семестр. В качестве задания даются реальные проблемы компаний, студенты должны рассмотреть возможные решения и предложить свое. Во время такой работы студенты глубоко погружаются в специфику по различным направлениям. Также большой мотивацией для студентов всех курсов является получение именных стипендий от предприятий за высокие достижения как в учебной, так и в научной деятельности.

Обобщая ранее сказанное, делаем вывод, что выбор правильного направления обучения важен для дальнейшего успешного трудоустройства. На первоначальном этапе в этом помогает профориентация выпускника школы. В дальнейшем заинтересованность студента зависит от полученных в университете знаний и навыков. Поэтому в университетах вводятся

дополнительные курсы, чемпионаты, экскурсии на предприятия, повышенные стипендии за научно-исследовательскую деятельность и т.д. Все это дает студенту возможность на максимальную реализацию полученных знаний на практике в начале трудовой деятельности.

Список литературы

1. Приемная комиссия УГНТУ. [Электронный ресурс] URL: <http://www.pk.rusoil.net/>.

УДК 378

К ВОПРОСУ О СЕТЕВОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ-ЭНЕРГЕТИКОВ

С.Ф. Малацион¹, С.М. Куценко²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: ¹sveta_malacion@mail.ru, ²s.koutsenko@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы реализации международно-ориентированной подготовки кадров для энергетической отрасли в рамках международных соглашений КГЭУ

Ключевые слова: сетевое взаимодействие, Российско-Кыргызский консорциум технических университетов, образовательная среда.

Одним из глобальных процессов, происходящих в мире, является международная интеграция. Постоянно развивающиеся технологии, интеграционные процессы, новые разработки в области производства, передачи и потребления электроэнергии формируют потребность в подготовке высококвалифицированных специалистов-энергетиков.

Энергетика является основой для любой страны. Интеграция в энергетике характеризуется совместным использованием передовых технологий, разработкой и осуществлением научно-исследовательских проектов, общей экологической политикой и т.д.

Влияние интеграционных процессов на энергетический комплекс государств требует новых подходов к реализации профессиональной подготовки кадров, обеспечивающих ее международно-ориентированный характер, что предполагает усиление научно-практической подготовки обучающихся, формирующей навыки научно-исследовательской работы и трансферу результатов исследований в производство.

Реализация международно-ориентированной подготовки кадров для энергетической отрасли предполагает увеличение числа субъектов образовательного процесса, одной из форм участия которых, является сетевое взаимодействие.

В федеральном законе «Об образовании РФ» отмечено, что сетевая форма «обеспечивает возможность освоения обучающимися образовательной программы с использованием ресурсов нескольких организаций, осуществляющих образовательную деятельность, а также при необходимости использование ресурсов иных организаций» [1].

Сетевое взаимодействие при организации образовательного процесса – устойчивое, организационно оформленное взаимодействие образовательных организаций между собой в целях повышения эффективности использования совокупного потенциала системы высшего профессионального образования, оптимизации используемых ресурсов и достижения качества подготовки выпускников соответствующих требованиям потребителей и заказчиков профессионального образования [2].

Создание сетевой образовательной среды целесообразно, если она будет:

- социально востребована;
- при условии взаимодействия всех его субъектов на принципах свободы, доверия, ответственности, совместности.

Центром образовательной среды, обеспечивающим ее целостность, является образовательная организация. Образовательная среда обеспечивает качество образовательных услуг в соответствии с социальным запросом, который формулируется в требованиях работодателя. Среда, в которой объединяются образовательные организации, позволяет оперативно реагировать на внешние социальные и экономические изменения, адаптироваться к ним в процессе достижения конкретной цели, создавать необходимые ресурсы и инструментарий для дальнейшего развития [3].

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (КГЭУ) развивает опыт международной подготовки инженеров для энергетического комплекса, в подготовке которых используется сетевое взаимодействие. В рамках соглашения об академическом и научном сотрудничестве между Кыргызским государственным техническим университетом им. И.Раззакова и ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» расширяются и углубляются связи научных и педагогических коллективов, осуществляется обмен опытом по проблемам высшего образования для совершенствования подготовки высококвалифицированных специалистов, что способствует созданию единого образовательного пространства вузов России и Кыргызстана, созданию механизмов академической мобильности обучающихся и преподавателей, содействию межкультурного диалога.

Сотрудничество по данному соглашению осуществляется на основе правовых документов, действующих между правительствами республики Татарстан (РФ) и Кыргызской республики в области образования, науки и культуры.

В настоящее время сотрудничество осуществляется в области учебной и научной работы и включает:

- развитие совместных образовательных программ «КГЭУ-КГТУ» бакалавриата и магистратуры;
- совместное участие и проведение международных научных семинаров, симпозиумов и конференций.

Так в сентябре 2017 года состоялся Международный форум студентов, магистрантов и молодых ученых вузов-участников Российско-Кыргызского консорциума технических университетов на базе Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, в котором приняли участие обучающиеся Казанского государственного университета.

Совместные образовательные программы бакалавриата и магистратуры Российско-Кыргызского консорциума технических университетов по направлениям подготовки «Электроэнергетика и электротехника», «Энергетическое машиностроение», «Управление в энергетических системах», совместно организуемые и реализуемые Университетами-партнерами, по результатам успешного освоения которых предусматривается получение обучающимися документов о образовании государственного образца каждого из этих Университетов-партнеров.

Содержание совместных программ бакалавриата и магистратуры определяется учебными планами, согласованными представителями Университетов-партнеров.

В настоящее время в КГЭУ успешно обучаются по выше названным программам студенты Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова.

В перспективе Университеты-партнеры предполагают расширение основных направлений сотрудничества таких как:

- организация повышения квалификации и стажировок преподавателей;
- обмен ведущими преподавателями для чтения лекций;
- совместные программы обучения в аспирантуре;
- обмен студентами для выполнения коротких научных проектов, включая выпускные квалификационные работы и задания на практику и т.д.

Таким образом, сетевое взаимодействие является условием эффективной подготовки будущих специалистов-энергетиков.

Список литературы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», М.: Эксмо, 2013. – 53 с.
2. Емельянова О., Журавлева М.В. Сетевое взаимодействие как условие международно-ориентированной подготовки инженеров // Качество высшего и профессионального образования в постиндустриальную эпоху: сущность, обеспечение, проблемы: Материалы 10-й Международной научно-практической конференции (г. Казань, 12 мая 2016 года). В 2-х частях: Часть 2. – Казань: Изд-во КГАСУ, 2016. – С. 167–171.
3. Силкина Н.В., Ваганова Н.О. Сетевое взаимодействие в образовании // Образование и наука. – 2015. – № 6 (125). – С. 63–76.

УДК 621.316

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Е.А. Миронова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
E-mail: mironova.energo@yandex.ru

Аннотация. Отбор и формирование содержания профессиональной подготовки для слушателей курсов переподготовки, повышения квалификации, семинаров.

Ключевые слова: компетенции, профессиональная подготовка, переподготовка, повышение квалификации.

К наиболее важным особенностям перспектив развития образования можно отнести доступность системы современного образования путем использования возможностей таких форм профессиональной подготовки, как повышение квалификации, переподготовка и самообразование с применением перспективных информационных и телекоммуникационных технологий. Важнейшими направлениями профессиональной подготовки является ориентация слушателей на отраслевые и региональные интересы.

При реализации этих направлений предусматривается постановка педагогических задач, главными из которых являются отбор цели и соответственно содержания, адекватных перспективам развития личности и общества в целом. Таким образом, концептуально образование можно рассматривать, как результат целенаправленной педагогически организованной и планомерной социализации человека, осуществляемой в интересах самого человека и общества, к которому он принадлежит.

Одним из наиболее реальных решений проблемы формирования кадрового потенциала энергетических предприятий является специальная профессиональная подготовка персонала в системе высшего образования. Важнейшей и широко востребованной формой профессионального образования в рамках высшего образования является переподготовка и повышение квалификации кадров. Эта форма профессионального образования имела широкое распространение до конца 80-х годов XX века по всей территории России. Однако в связи с известными переменами в обществе, общей стагнацией производства, данная форма профессиональной подготовки снизилась до минимума и перестала быть востребованной. При этом произошло разрушение системы повышения квалификации, исчезла научно-методическая база формирования системы профессиональной переподготовки и повышения квалификации.

Современные предприятия часто рассматривают выпускников учебных заведений не как готовых специалистов, а только как кадровый потенциал. По общепринятому мнению полноценный специалист формируется в процессе практической деятельности на предприятии. Но реально этот процесс для многих очень длителен и сложен. На многих предприятиях, и энергетического профиля в том числе, работают специалисты с базовым образованием, далеким от объекта профессиональной деятельности. Очень часто объектом является энергетическое предприятие: электростанция или предприятие электрических сетей, а предметом деятельности – экономические или юридические аспекты. И профессионально грамотные специалисты ощущают свою неготовность к полноценной деятельности на профильных предприятиях, плохо ориентируясь в специфике предприятия.

На промышленных предприятиях сложилась четкая ориентация на необходимость и востребованность профессиональной переподготовки и повышения квалификации выпускников ВУЗов и работающего персонала. Однако, при сложившихся особенностях организации профессионального образования, при которых начальный уровень образования слушателей должен соответствовать предъявляемым требованиям к профессиональной подготовке, для профессиональной переподготовки и повышения квалификации необходимо разрабатывать специальные образовательные технологии и механизмы их реализации.

Рассматривая возможные технологии профессиональной подготовки и механизмы реализации, необходимо отметить, что требования к уровню профессиональной подготовки специалистов непрерывно возрастают,

расширяются, видоизменяются, в то время как структура и содержание образования сохраняют относительное постоянство, определяемое государственным образовательным стандартом. В силу длительной продолжительности обучения они уже не соответствуют требованиям сегодняшнего кадрового рынка. Выпускники различных ВУЗов, имея квалификацию, в соответствии с полученным образованием, сталкиваются с проблемами в новой профессиональной среде, адаптируясь на рабочих местах, пытаются осваивать новые виды профессиональной деятельности, совмещать профессии, мобильно переключаться на новую технику и технологии, поскольку их уровень профессиональной подготовки не в полной степени соответствует новым, изменившимся за время обучения компетенциям. Многие специалисты имеют крайне слабое представление о профессиональной среде, в которой они работают, основных задачах, решаемых на предприятии в целом, в соответствии с отраслевыми особенностями.

В последние годы в связи с запросами рынка труда и в соответствии с возникновением новых технологий и новой техники началась профессиональная переподготовка кадров в регионах, видоизменились или появились новые специальности, по которым осуществляется профессиональная подготовка специалистов. Но традиционная, десятилетиями осуществляемая профессиональная подготовка по многим специальностям осуществляется независимо от уровня базовой подготовки специалистов, производственной основы и практически не обеспечивает подготовку специалистов в соответствии с теми компетенциями, которые он должен выполнять на производстве. Во многом это объясняется тем, что круг вопросов, которые должен решать специалист на производстве, недостаточно четко ориентирован в профессиональной сфере, или вообще не предусмотрен в содержании образования.

Требования ГОС ВО к уровню подготовленности выпускников высших учебных заведений практически не изменяются по структуре подготовки и по ее содержанию в соответствии с уровнем основной профессиональной подготовки и изменениями рынка труда. Происходящие глобальные изменения в производстве, реструктуризация промышленности, новые подходы к решению производственных вопросов практически не отражаются в содержании профессиональной подготовки. Слушатели курсов переподготовки получают, по сути, традиционное образование и поэтому сложно воспринимают новые знания на фоне базового образования [1].

Во многих случаях фундаментальная профессиональная подготовка обеспечивает инвариантную часть образования, но при этом вариативная часть образования, относящаяся непосредственно к компетенции специалиста на конкретном производстве в программах переподготовки практически отсутствует.

Конечно, предусмотреть все особенности технологии и техники конкретного производства в содержании профессиональной переподготовки слушателей крайне сложно, тем более в условиях действующего ГОС ВПО, который жестко регламентирует содержание образования, оставляя свободной лишь небольшую часть времени на регионально-национальный компонент. Однако четкое представление в содержании переподготовки о компетенциях, которыми слушатели должны обладать и затем выполнять на производстве может позволить решить проблемы успешной адаптации специалистов в новых условиях производства. Слушатели должны быть подготовлены к будущим технико-технологическим, социальным и экономическим переменам.

Таким образом, профессиональная переподготовка должна соответствовать компетенциям, которые специалист будет выполнять на производстве, и обеспечивать готовность специалиста к изменению вида и характера профессиональной деятельности, осознанию необходимости повышения квалификации и формированию способностей к самостоятельному овладению дополнительными знаниями в области профессиональной деятельности. Следовательно, в существующей системе образования должно быть заложены новые подходы к отбору и структурированию содержания переподготовки и повышения квалификации, что обеспечивает возможность эффективно учиться, быть готовым к выполнению профессионально значимых умений и навыков и приему новых знаний, продолжать учиться и повышать квалификацию.

Наиболее эффективным механизмом улучшения и совершенствования функционирования системы переподготовки на перспективу может быть вовлечение слушателей в решение практических задач профессионального характера на всех стадиях учебного процесса, особенно на стадии итоговой государственной аттестации [2].

На сегодняшний день – это подготовка специалистов по заказам конкретных предприятий с учетом особенностей действующего производства и перспектив его развития. Для слушателей должна быть разработана индивидуальная программа подготовки на базе общего профессионального

образования. Выполнение творческой работы на базе предприятия и решение пусть частных проблем производства или определение подходов к их решению делает будущих специалистов более инициативными и востребованными, а предприятие значительно сократит расходы на адаптацию специалиста или на его переучивание. Педагогическое проектирование содержания и процесса обучения в учебном заведении является важнейшей функцией преподавателя.

Преимуществом такой формы подготовки является наполнение контента обучения учебной информацией, которая в первую очередь необходима в профессиональной деятельности. Требования к качеству проведения занятий достаточно высокие, поскольку слушатели, проходящие переподготовку или повышающие квалификацию, уже имеют профессиональное образование и свое представление о профессиональной деятельности в рамках предприятия и требуют высокого уровня обучения: в сочетании научности, актуальности информации и доступности восприятия.

Но, безусловно, преподаватели больше времени уделяют узкой сфере профессиональной деятельности в рамках своей дисциплины и не всегда учитываются потребности и интересы личности. Кроме того, учебные программы разных преподавателей не всегда согласованы друг с другом и возможно появление дублирующего материала. Преподаватели проводят учебные занятия исходя из собственных профессиональных знаний и педагогического опыта и накопленного учебно-методического материала. Преподаватели разрабатывают необходимую учебно-программную документацию и методики обучения. Слушатели получают отдельные сведения, имеющие прикладное значение, но, как правило, при отсутствии научного обоснования. Неясной представляется значение отдельных тем в содержании дисциплин и их значение в общей структуре подготовки. Как правило, в содержание не включаются научные основы профессиональной деятельности. В целом, информация структурирована по дисциплинам, но общее представление у слушателей не формируется, поскольку междисциплинарные связи между дисциплинами не устанавливаются. При этом достаточно сложно учесть различие в образовательных, возрастных и личностных характеристиках слушателей.

Перечисленные выше особенности профессиональной подготовки имеют как достоинства, так и недостатки, что приводит к тому, что значительная часть слушателей не достигает требуемых результатов, затрачивая

при этом значительное время на процесс обучения, квалификация их остается на том же уровне и формируется отрицательное восприятие необходимости повышения квалификации или переподготовки.

Решение этих задач во многом определяется личностью преподавателя, его педагогическим профессиональным опытом, умением найти необходимые подходы к аудитории, грамотной оценкой потенциала слушателей. При этом необходимо учесть, что учебный процесс по повышению квалификации и переподготовке осуществляется, как правило, не по типовым учебным программам, прошедшим научно-методическую экспертизу. Не всегда используются методические и наглядные пособия, технические средства обучения, использование которых сделать процесс более визуальным и доступным [3].

Педагогическое проектирование содержания и процесса обучения в учебном заведении является важнейшей функцией преподавателя. Рассматривая технологии отбора и структурирования учебного материала для курсов переподготовки или повышения квалификации нужно обратиться к основной форме обучения – лекции, и ее цели: формирование ориентировочной основы для последующего усвоения слушателями учебного материала. В основных этапах работы преподавателя над лекцией, а это: определение темы лекции; объема материала; отбор и изучение литературного материала; подбор ТСО, дидактического материала, и прочее, пропущен один из главных и основных этапов, который должен предшествовать отбору содержания. Это предварительный анализ контингента слушателей, их базовой подготовки, уровня грамотности в основных профессиональных вопросах и требующаяся им и интересующая их информация.

Это позволит при отборе содержания обеспечить актуальность и востребованность при формулировке целей и задач лекции. При сообщении плана лекции важно установить связь содержания и начальной подготовки слушателей, и понять, в какой степени планируемая информация может быть востребована. При этом давая краткую характеристику проблемы необходимо установление связей с предыдущим материалом.

При изложении учебного материала необходимо помимо анализа, освещения событий использовать практический опыт слушателей, активно вовлекать их в разбор фактов, выявлять различные точки зрения. Важно каждому слушателю давать возможность определить и изложить свои позиции. При формулировке частных выводов необходим показ связей с практикой, желательно на основе региональных проблем. И необходимо

учесть, что традиционные домашние задания просто нереальны при подобных формах обучения, все необходимо делать на учебных занятиях. Но это не исключает рекомендации слушателям обдумать, проанализировать свое представление об услышанном материале и на основе собственного опыта к следующим занятиям подготовить сообщение.

При выборе вида лекции нежелательно отдавать предпочтение обзорным лекциям. Для слушателей необходимо применять и проблемные и лекции-дискуссии. Очень важно при чтении лекции помимо знания предмета умение устанавливать контакт с аудиторией, культура речи.

Преподаватели, работающие в системе переподготовки и повышения квалификации должны иметь базовые знания по теоретическим основам педагогического проектирования, знать характеристики проектирования содержания обучения в учебном заведении, владеть методиками проектирования умений и знаний по учебной дисциплине, иметь представление о методологических основах моделирования логической структуры учебного текста. В основе методики профессионального обучения должна быть проблемно-аналитическая система обучения, обеспечивающая целостный подход к целям, формам, методам обучения, структуре содержания учебного материала, процессу подготовки и проведения обучения и все с учетом личностных характеристик слушателей.

В настоящее время переподготовка и повышение квалификации кадров энергетических предприятий должны осуществляться с учетом новых социально-экономических реалий на основе детально разработанных учебно-методических методов профессионального обучения.

Список литературы

1. Методические рекомендации по организации образовательной деятельности с использованием сетевых форм реализации образовательных программ. Приложение к письму Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.08 2015 г. № АК-2563/05.

2. Гребенщикова М.М., Миронова Е.А. Технология опережающей подготовки в высшей профессиональной школе. Научный альманах, 2015. – №11-3 (13). По материалам междунар. научн.-практ. конф. «Актуальные вопросы образования и науки». – Тамбов, 2015.

3. Бродский С.Ф., Кириллов В.В. Производственное обучение персонала в условиях внутрифирменного образования. – Альметьевск: Изд-во ОАО «Татнефть», 2003.

УДК 378.147.88

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ВОЕННОГО ВУЗА

О.В. Раецкая¹, О.Ф. Артюхина²

Филиал ФГКВОУ ВО «ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского
им. Ю.А. Гагарина» МО РФ, г. Сызрань
E-mail: ¹yzran1c@rambler.ru, ²ofa@rambler.ru

Аннотация. В статье рассматривается внедрение в учебный процесс военного вуза современных информационных технологий; изменение содержания подготовки будущих офицеров с целью внедрения в образовательный процесс совокупности информационных средств, имитирующих военную профессиональную деятельность, в которой протекают информационные процессы.

Ключевые слова: военно-профессиональная компетентность, информатизация общества, информационная подготовка, электронная информационная образовательная среда, информационные технологии.

К военному специалисту предъявляются высокие требования: способность с высокой эффективностью решать военные профессиональные задачи в экстремальных условиях, связанных с риском для жизни, ограниченным временем на принятие решения, высоким уровнем ответственности, за свои действия и за действия подчиненных. Это требует от обучающегося, избравшего данный путь, высокого профессионализма. В самом широком смысле «под профессионализмом, принято понимать устойчиво успешный по получаемым результатам высокий уровень решения задач, составляющих содержание деятельности специалиста в той или иной области труда». Для эффективного осуществления воинской деятельности становится важным наличие у будущего офицеров сформированной военно-профессиональной компетентности как его способности к успешному решению своих профессиональных задач в условиях информатизации общества.

В.С. Безрукова под компетентностью понимает «владение знаниями и умениями, позволяющими высказывать профессионально грамотные суждения, оценки, мнения».

О.Н. Шахматова под профессиональной компетенцией подразумевают совокупность профессиональных знаний и умений, а также способы выполнения профессиональной деятельности.

В военных вузах информационные ресурсы являются монолитной частью единого процесса профессиональной подготовки военнослужащих, значительно усиливающей его результативность, стоит отметить, что информационная подготовка обучающихся предполагает объединение усилий военных и гражданских специалистов в решении актуальных дидактических и воспитательных проблем на основе интеграции профессиональных знаний,

путём создания модели образовательного процесса, обеспечивающего условия для освоения информационных технологий будущим военным специалистам.

Информационная подготовка обучающихся в учреждении высшего военного профессионального образования – это процесс обеспечения будущего офицера теоретическими знаниями и практическими умениями и навыками в области информатики и информационных технологий, позволяющими эффективно решать военно-профессиональные задачи с применением средств вычислительной техники, ориентироваться в основных направлениях развития современного военного вооружения и техники.

Помимо прочного общеобразовательного, профессионального, общекультурного фундамента, приобретаемого в ходе военной профессиональной подготовки, будущий офицер, осваивая современную технику, что требует ответственности, вырабатывает технико-алгоритмическое мышление, быстроту реакций, мобильность; это дает основу для адаптации к новым условиям военной службы.

Таким образом, результатом информационной подготовки становится профессиональная компетентность военного специалиста.

Исследователи (А.В. Копылов, Н.В. Макарова, Т.А. Полякова, А.И. Ракитов и др.) утверждают, что информатизация общества – это процесс, в котором социальные, технологические, экономические, политические и культурные механизмы слиты воедино, а содержание представлено качественным преобразованием всей информационной среды жизни общества с целью оптимизации результатов деятельности любого рода.

Заметим, что при активном развитии информационных ресурсов Министерства обороны РФ недостаточно внимания уделяется дидактическим ресурсам, с помощью которых они должны интегрироваться в образовательный процесс при подготовке обучающихся. Анализ вузовской практики показывает, что при обучении используются, как правило, традиционные, но не всегда эффективные педагогические технологии, которые не учитывают особенности применения электронных учебников и обучающих курсов. Установлено, что проблемы интеграции различных дидактических ресурсов в виде образовательных технологий с информационными ресурсами в современных условиях характерны не только для России, но и для большинства стран Европы, США и других [2].

Россия имеет свои особенности вхождения в информационное общество: основной проблемой является недостаток в сфере материально-технического, финансового и правового обеспечения информатизации, представляющей собой стратегическое направление перехода к информационному обществу. На наш взгляд, требует уточнения значение данного термина, стоит обратить внимание на общность данного термина и терминов с подобным окончанием: автоматизация, компьютеризация.



Схема 1. Репродуцирование целей информатизации общества

Термины с таким окончанием нередко означают сложные социально-экономические, научно-технические и общественно-политические процессы активизации определенных сфер человеческой деятельности, вызываемые потребностями общества на конкретном этапе его развития и предъявляющие к профессионалам в данной отрасли особые требования.

Таким образом, приходим к выводу, что под информатизацией военного образования следует понимать процесс создания оптимальных условий для удовлетворения информационных потребностей военнослужащих использованием информационных ресурсов.

В информационном обществе деятельность человека зависит от умения эффективно использовать имеющуюся информацию. Существенной особенностью информатизации общества является переход от использования компьютеров в автономном режиме к применению их в локальных и глобальных сетях.

Поскольку проблема информатизации является актуальной, для армии требуется обучающихся, получающих подготовку в учреждениях высшего военного профессионального образования, знание принципов действия военной техники, его предназначения и роли в различных боевых действиях, умение работать с высокотехнологичным вооружением, осуществлять контроль за работой компьютеризованных механизмов.

В сложившихся условиях образовательный процесс военного вуза детерминирует проектирования педагогической модели интеграции информационных и дидактических ресурсов, развития электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) военного вуза с интеграцией в ней информационных и дидактических ресурсов, формирование мотивации у субъектов образовательного процесса к взаимодействию в ЭИОС военного вуза.

Электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) военного вуза – совокупность электронных информационных ресурсов, электронных образовательных ресурсов, информационных технологий, телекоммуникационных технологий, соответствующих технологических средств (тренажеров), обеспечивающих освоение обучающимися образовательных программ или их частей, а также взаимодействие обучающихся с педагогическим, учебно-вспомогательным, административно-хозяйственным персоналом и между собой.

Основным требованием к ЭИОС выступает автоматизация учебного процесса за счет использования сложных форм искусственного интеллекта с целью организации процесса обучения, настроенного на каждого обучающегося в отдельности с учетом его конкретных потребностей. ЭИОС должна выполнять роль компьютерного интеллектуального тьютора, учитывать индивидуальные параметры пользователей, задавать персональный темп обучения, формировать индивидуальные образовательные траектории, обеспечивать самодиагностику обучающихся, интерактивное взаимодействие между обучающимися и элементами учебных материалов, осуществлять регулярный мониторинг всех составляющих ЭО и др.

Информационное пространство – это сфера современной общественной жизни, в которой информационным коммуникациям отводится ведущая роль. Совокупность пространств, функционирующих по единым законам информационного общества, представляет собой мировое информационное пространство.

Научные знания – неотъемлемая составная часть общеобразовательной и профессиональной подготовки военных кадров. Прочный фундамент для реализации функций специалиста закладывается в учреждении высшего военного профессионального образования, где наука и техника, сочетаясь, обеспечивают возможности для подготовки будущего офицера, становления его как личности. Вместе с тем, современный этап научной технической революции, предъявляя новые требования к подготовке специалистов, обостряет противоречия в системе высшего профессионального образования, не в полной мере отвечающего запросам информационного общества.

Информатизация военной сферы – это процесс интеграции программного обеспечения на базе электронной-вычислительной техники, гибких производственных систем, в результате которого создаются условия для глубоких качественных преобразований во всех сферах армии.

Приходим к выводу, что информатизация общества и армии в современных условиях чрезвычайно актуализирует проблему информатизации и образования, предполагающей массовое внедрение в педагогическую практику методов и средств сбора, обработки, передачи и хранения информации на базе микропроцессорной техники и средств передачи информации, а также педагогических технологий, основанных на этих средствах с целью создания условий для перестройки познавательной деятельности и усиления интеллектуальных возможностей обучающихся.

На наш взгляд, необходимо создание методических комплексов, ориентированных на развитие интеллектуального потенциала обучаемого, на выработку умений самостоятельно приобретать знания, осуществлять информационно - учебную деятельность, разнообразные виды самостоятельной работы по обработке информации, использованию компьютерных тестирующих, диагностирующих методик контроля и оценки уровня знаний обучаемых.

Укажем, что в образовании выделяется с появлением ЭВМ два исторически важных этапа, характеризующихся принципиальными различиями в практическом применении компьютеров:

1 этап – индивидуальное использование вычислительных машин в учебных заведениях для облегчения умственной деятельности человека;

2 этап – возникновение компьютерных сетей, когда компьютер использовался как средство для решения задач и общения между преподавателем и обучающимися.

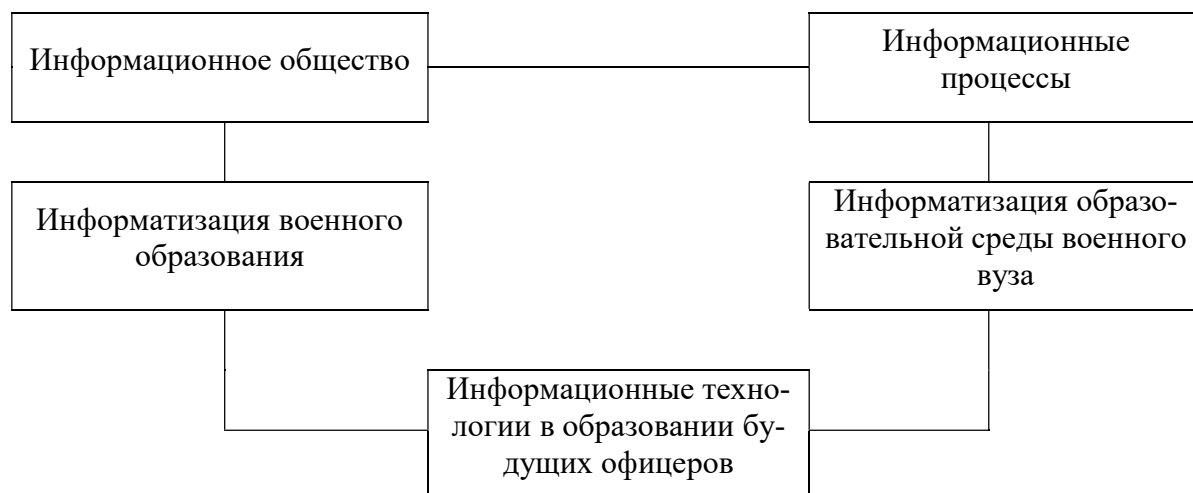


Схема 2. Информационные процессы в обществе

В системе высшего военного профессионального образования информационная технология представляет собой разновидность педагогической технологии, реализуемой на основе вычислительной техники для достижения профессиональной подготовки компетентных военных специалистов.

В связи с внедрением информационных технологий, наряду с принципом научной обоснованности применения компьютеров, исключительно большое значение приобретает принцип перспективности обучения и воспитания, получивший новое звучание. Реализация этого принципа возможна в условиях функционирования ЭОИС учебного заведения, с учетом достижений научно технического прогресса.

Список литературы

1. Крайнова Е.А. Теоретические основы профессиональной подготовки бакалавров технических вузов в области информационных технологий // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – Тольятти: Изд-во: Волжский университет имени В.Н. Татищева (институт). ISSN: 2076-791.

2. Раецкая О.В. Развитие конкурентоспособности бакалавров средствами информационных технологий в техническом университете / О.В. Раецкая, В.О. Юдина // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6-4. – С. 828–832.

3. Januszewski A., Molenda M. Educational Technology: A Definition with Commentary. Routledge, 2016. 384 с.; Selwyn N. Education in a Digital World: Global Perspectives on Technology and Education. Routledge, 2016. – 179 с.

УДК 378

ЗАДАЧИ, ПРИНЦИПЫ И АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Л.М. Романова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: pppo-kgeu@yandex.ru

Аннотация. В статье описаны задачи, принципы, алгоритм и виды интерактивных образовательных технологий в высшей школе. Их применение обосновано внедрением Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. Использование интерактивных форм и методов активного обучения является необходимым условием подготовки выпускников в инженерном вузе в современных условиях.

Ключевые слова: образовательные технологии, интерактивные формы обучения, активные методы обучения, инженерное образование, высшее учебное заведение.

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) представляет собой совокупность требований в компетентностном формате, обязательных при реализации основных образовательных программ по различным направлениям и уровням подготовки (бакалавриат, магистратура и аспирантура). Одним из них является широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития общих и профессиональных компетенций обучающихся.

В целях формирования конкурентоспособного образовательного пространства инженеров в регионах, предлагается создание (на базе одного из технических вузов) региональной или межрегиональной площадки для межвузовского обмена передовым опытом, в частности: инновационные образовательные технологии, разработка фондов оценочных средств результатов обучения студентов, эффективный опыт управления образовательными организациями технического профиля и т.д. С учетом необходимости обеспечения инновационной ориентации национальной и региональных экономик желательна и междууниверситетская кооперация в части инженерных разработок молодыми учеными и обучающимися [1].

Внедрение интерактивного обучения – одно из важнейших условий совершенствования подготовки студентов в современном инженерном вузе. Теперь для преподавателя недостаточно быть компетентным в области своей специальности и передавать огромную базу знаний студентам. Основные методические инновации связаны сегодня с применением именно интерактивных технологий обучения.

Учебный процесс, опирающийся на использование интерактивных технологий обучения, организуется с учетом включенности в процесс познания всех студентов группы без исключения. Совместная деятельность означает, что каждый вносит свой особый индивидуальный вклад, в ходе работы идет обмен знаниями, идеями, способами деятельности. Организуются индивидуальная, парная и групповая работа, используется проектная работа, ролевые игры, осуществляется работа с документами и различными источниками информации. Интерактивные методы основаны на принципах взаимодействия, активности обучаемых, опоре на групповой опыт, обязательной обратной связи. Создается среда образовательного общения, которая характеризуется открытостью, взаимодействием участников, равенством их аргументов, накоплением совместного знания, возможностью взаимной оценки и контроля.

Задачами интерактивного обучения являются:

- пробуждение интереса и эффективное усвоение учебного материала;
- самостоятельный поиск путей и вариантов решения поставленной учебной задачи (выбор одного из предложенных вариантов или нахождение собственного варианта и обоснование решения);
- установление воздействия между студентами, обучение работе в команде, проявление терпимости к любой точке зрения, уважение права каждого на свободу слова, уважение его личного достоинства;
- формирование жизненных и профессиональных навыков;
- выход на уровень осознанной компетентности студента.

Интерактивные методы обучения («inter» – взаимный, «act» – действовать) предполагают взаимодействие в режиме диалога (беседы), в ходе которого осуществляется общение друг с другом между студентами и преподавателем. Другими словами, наряду с активными методами, интерактивные ориентированы на более широкое взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом и на доминирование активности студентов в процессе обучения. Место преподавателя на интерактивных

занятиях сводится к направлению деятельности студентов на достижение целей занятия. Преподаватель также разрабатывает план занятия с использованием интерактивных упражнений и заданий.

При использовании интерактивных методов роль преподавателя резко меняется, перестаёт быть центральной, он лишь регулирует процесс и занимается его общей организацией, готовит заранее необходимые задания и формулирует вопросы или темы для обсуждения в группах, даёт консультации, контролирует время и порядок выполнения намеченного плана. Участники обращаются к социальному опыту – собственному и других людей, при этом им приходится вступать в коммуникацию друг с другом, совместно решать поставленные задачи, преодолевать конфликты, находить общие точки соприкосновения, идти на компромиссы.

Анализ определения «образовательной технологии», приведенный в различных научных работах Г.К. Селевко, Н.В. Бордовской, И.Б. Ворожцовой, Д.В. Чернилевского, В.М. Монахова и других ученых, показывает, что большинство исследователей сходится на том, что образовательная технология – это воспроизводимый способ построения и поэтапной реализации учебно-воспитательного процесса с учетом гарантированного достижения поставленных целей [2]. Таким образом, технологический подход к образованию предполагает рассмотрение учебно-воспитательного процесса как целостной системы идей, принципов, методов, форм, средств обучения, гарантирующей достаточно высокий уровень эффективности и качества обучения при её последующем воспроизведении и тиражировании. Различные виды образовательных технологий представлены на рис. 1 [3].



Рис. 1. Классификация образовательных технологий

Все технологии интерактивного обучения можно разделить на неимитационные и имитационные. Неимитационные технологии не предполагают построение моделей изучаемого явления и деятельности. В основе имитационных технологий лежит имитационное или имитационно-игровое моделирование, т.е. воспроизведение в условиях обучения процессов, происходящих в реальной системе. Среди интерактивных подходов [3] выделяют следующие:

- творческие задания;
- работа в малых группах;
- обучающие игры (ролевые игры, имитации, деловые игры);
- использование общественных ресурсов (приглашение специалиста, экскурсии);
- социальные проекты и другие внеаудиторные методы обучения (соревнования, интервью, фильмы, спектакли, выставки);
- изучение и закрепление нового материала (интерактивная лекция, работа с наглядными пособиями, видео- и аудиоматериалами, «обучающийся в роли преподавателя», «каждый учит каждого», мозаика (ажурная пила), использование вопросов, сократический диалог);
- тестирование;
- разминки;
- обратная связь;
- дистанционное обучение;
- обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем (займи позицию, шкала мнений, ПОПС-формула);
- разрешение проблем («дерево решений», «анализ казусов», «лестницы и змейки»);
- тренинги.

Для решения учебных задач в инженерном вузе преподавателем могут быть использованы следующие интерактивные методы обучения:

- круглый стол, конференция;
- дискуссия, дебаты;
- мозговой штурм (мозговая атака);
- case-study (анализ конкретных ситуаций) [4].

Существуют и другие виды интерактивного обучения (методики «Займи позицию», «Дерево решений», «Попс-формула», тренинги, сократический диалог, групповое обсуждение, интерактивная экскурсия, видео-конференция, фокус-группа и др.), которые можно использовать в процессе

обучения студентов. Кроме того, преподаватель кафедры может применять не только ныне существующие активные методы и интерактивные формы, а также разработать новые в зависимости от цели занятия, т.е. активно участвовать в процессе совершенствования учебного процесса.

Следует обратить внимание на то, что в ходе подготовки занятия с применением интерактивных технологий обучения перед преподавателем стоит вопрос не только в выборе наиболее эффективной и подходящей формы обучения для изучения конкретной темы, а открывается возможность сочетать несколько методов обучения для решения проблемы, что, несомненно, способствует лучшему осмыслению учебного материала студентами и решению образовательных задач.

Принципы работы на интерактивном занятии:

- занятие – не монологическая лекция, а общая работа всех присутствующих (наиболее продуктивна работа в малых группах);
- подготовка к работе и закрепление регламента (обеспечение психологического и физического комфорта);
- все участники равны независимо от возраста, социального статуса, опыта и т.д., при этом каждый имеет право на собственное мнение и самореализацию;
- отсутствие прямой критики личности (подвергнуться критике может только идея) и толерантность;
- все сказанное на занятии – не руководство к действию, а информация к размышлению (рефлексивность).

Алгоритм проведения интерактивного занятия включает 4 последовательных этапа: пропедевтический (подготовительный), начальный (организационный), основной (технологический), заключительный (рефлексивный).

На первом этапе ведущий преподаватель (куратор, педагог) производит подбор темы, ситуации, определение дефиниций (все термины, понятия и т.д. должны быть одинаково поняты всеми обучающимися), подбор конкретной формы интерактивного занятия, которая может быть эффективной для работы с данной темой в данной группе. Особое внимание следует уделить разработке дидактического материала, определению перспектив дальнейшей реализации знаний, средствам материально-технического сопровождения.

На втором этапе сообщается тема и цели занятия. Участники знакомятся с предлагаемой ситуацией, с проблемой, над решением которой им предстоит работать. Педагог информирует участников об условиях,

правилах работы в группе, дает четкие инструкции о том, в каких пределах участники могут действовать на занятии. Систематическое уточнение понятийного аппарата формирует у студентов установку оперировать только хорошо понятными терминами, не употреблять малопонятные слова, систематически пользоваться справочной литературой.

Особенности третьего основного этапа определяются выбранной формой интерактивного занятия, и включает в себя:

1. Выяснение позиций участников.
2. Сегментация аудитории и организация коммуникации.
3. Интерактивное позиционирование включает четыре этапа: выяснение набора позиций аудитории, осмысление общего для этих позиций содержания, переосмысление этого содержания и наполнение его новым смыслом, формирование нового набора позиций на основании нового смысла.

Последний заключительный этап начинается с концентрации участников на эмоциональном аспекте, чувствах, которые испытывали участники в процессе занятия. Затем проводится рефлексивный анализ занятия, который заканчивается общими выводами педагога.

Преподавателю кафедры необходимо глубоко вникнуть в данный вид обучения. Применение и подготовка студентов к той или иной интерактивной форме обучения для изучения конкретной дисциплины (темы занятия) должны быть отражены в рабочей программе дисциплины и в методических рекомендациях по подготовке к занятию в конкретной интерактивной форме.

Возможны различные варианты использования интерактивных методов на занятиях [3,5]. Так, на лекциях интерактивное обучение обеспечивает взаимопонимание, взаимодействие, взаимообогащение. Интерактивные методики ни в коем случае не заменяют лекционный материал, но способствуют его лучшему усвоению и, что особенно важно, формируют мнения, отношения, навыки поведения.

«Мозговая атака», «мозговой штурм» – это метод, при котором принимается любой ответ обучающегося на заданный вопрос. Важно не давать оценку высказываемым точкам зрения сразу, а принимать все и записывать мнение каждого на доске или листе бумаги. Это способ генерирования идей для разрешения проблемы. Участники должны знать, что от них не требуется обоснований или объяснений ответов, могут свободно обмениваться идеями по мере их возникновения, таким образом, что каждый может развивать чужие идеи.

Мини-лекция является одной из эффективных форм преподнесения теоретического материала. Перед объявлением какой-либо информации преподаватель спрашивает, что знают об этом студенты. После предоставления какого-либо утверждения преподаватель предлагает обсудить отношение студентов к этому вопросу.

К интерактивным методам относятся презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, видео, слайдов, компьютеров и т.п. Интерактивность обеспечивается процессом последующего обсуждения. На занятиях можно использовать просмотр и обсуждение как художественных, так и документальных видеофильмов, фрагменты из них, а также видеоролики и видеосюжеты.

При организации интервью (от английского *interview*, т.е. беседа) субъектом может выступать как лектор, так и студенты, подготовившие информацию по заданной теме.

Обратная связь позволяет актуализировать полученные на лекции знания путем выяснения реакции участников на обсуждаемые темы.

Лекция с заранее запланированными ошибками развивает у обучаемых умение оперативно анализировать профессиональные ситуации, выступать в роли экспертов, оппонентов, рецензентов, выделять неверную и неточную информацию.

Интерактивные методы на практических занятиях (семинарах): разминка, дискуссия, кейс-метод (разбор конкретных производственных ситуаций), коллективные решения творческих задач, деловая и ролевая игра, работа в малых группах, моделирование производственных процессов и ситуаций, тренинг.

Разминка способствует развитию коммуникативных навыков (общению). Она должна быть уместна по содержанию, форме деятельности и продолжительности.

Метод анализа конкретных ситуаций (кейс-стади) – это техника обучения, использующая описание реальных ситуаций и решения ситуационных задач: стандартных, критических, экстремальных. Обучающихся просят проанализировать конкретную ситуацию, разобраться в сути проблем, предложить возможные варианты решения и выбрать лучший из них.

При коллективном решении творческих задач предлагаются такие учебные задания, которые требуют от обучающихся не простого воспроизводства информации, а творчества, поскольку задания содержат больший или меньший элемент неизвестности и имеют, как правило, несколько подходов.

Работа в малых группах – это одна из самых популярных стратегий, так как она дает всем обучающимся возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения (в частности, умение активно слушать, вырабатывать общее мнение, разрешать возникающие разногласия).

В процессе «деловой игры» имитируются реальные условия, отрабатываются конкретные специфические операции, моделируется соответствующий рабочий процесс.

Ролевая игра – это разыгрывание участниками группы сценки с заранее распределенными ролями в интересах овладения определенной поведенческой или эмоциональной стороной жизненных ситуаций.

Метод «Моделирование производственных процессов и ситуаций» предусматривает имитацию реальных условий, конкретных специфических операций, моделирование соответствующего рабочего процесса, создание интерактивной модели и др.

Тренинг (от английского train – воспитывать, учить, приучать) – это процесс получения навыков и умений в какой-либо области посредством выполнения последовательных заданий, действий или игр, направленных на достижение наработки и развития требуемого навыка.

Основная возможность применения интерактивных методов при самостоятельной работе заключается в организации групповой работы студентов. Стимулирование тесного общения учащихся друг с другом приводит к формированию навыков социального поведения, освоению технологии совместной работы. Консультирование между студентами и преподавателем может осуществляться как непосредственно в аудиторное время, так и с использованием off-line и on-line технологий.

В методе проектов студенты объединяются в небольшие группы и разрабатывают программу исследования на любую интересующую их проблематику или схему проведения эксперимента при лабораторном занятии. Ярким примером организации самостоятельной работы является технология группового проектного обучения, которая реализуется не столько во время плановых занятий, но и стимулирует самостоятельную работу и взаимодействие исполнителей.

Метод обучения в парах (спарринг-партнерство) как форма организации во внеаудиторной самостоятельной работе представляет собой разновидность парной работы, в которой обучающиеся, исполняя роль соперников в состязании, выполняют задания по заранее заданному педагогом алгоритму.

Круглый стол – одна из организационных форм познавательной деятельности учащихся, позволяющая закрепить полученные ранее знания, восполнить недостающую информацию, сформировать умения решать проблемы, укрепить позиции, научить культуре ведения дискуссии. Характерной чертой является сочетание тематической дискуссии с групповой консультацией.

Метод Портфолио – один из тех методов, результат которого формируется к окончанию курса обучения, либо отдельной темы. Каждый студент самостоятельно отслеживает и фиксирует результаты обучения, формируя из них своего рода учебную и творческую «копилку».

Дискуссия – одна из важнейших форм коммуникации, плодотворный метод решения спорных вопросов и вместе с тем своеобразный способ познания. Дискуссия предусматривает обсуждение какого-либо вопроса или группы связанных вопросов компетентными лицами с намерением достичь взаимоприемлемого решения. Дискуссия является разновидностью спора, близка к полемике, и представляет собой серию утверждений, по очереди высказываемых участниками. В проведении дискуссии используются различные организационные методики: вопрос-ответ, обсуждение вполголоса, методики клиники, лабиринт, эстафета, свободно плавающая дискуссия.

Таким образом, интерактивное обучение позволяет решать одновременно несколько образовательных задач, связанных с формированием профессиональных знаний, а также развитием общекультурных умений и навыков. Оно помогает установлению эмоционального контакта в группе, обеспечивает воспитательную задачу (приучает работать в команде, прислушиваться к мнению своих товарищей), обеспечивает прочность знаний, творчество и фантазию, активную жизненную позицию, ценность индивидуальности, свободу самовыражения, акцент на деятельность, взаимоуважение и толерантность. Интерактивные технологии обучения позволяют интенсифицировать процесс понимания, усвоения и творческого применения знаний при решении инженерных задач. Эффективность обеспечивается за счет более активного включения обучающихся в образовательный процесс не только получения, но и непосредственного использования знаний. Повышается мотивация и вовлеченность участников в решение обсуждаемых проблем, что дает эмоциональный толчок к последующей поисковой активности участников, побуждает их к конкретным действиям

в научно-исследовательской работе. Интерактивные технологии обучения позволяют осуществить перенос способов организации деятельности инженера, получить новый опыт. Интерактивная деятельность обеспечивает не только прирост компетенций, но и раскрытие новых возможностей обучающихся, является необходимым условием для становления и совершенствования через включение участников образовательного процесса в осмысленное переживание индивидуальной и коллективной деятельности.

Список литературы

1. Гоник И.Л., Стегачев Е.В., Юрова О.В., Текин А.В. Направления развития инженерного образования для инновационно-ориентированной экономики регионов Волгоградский государственный технический университет // Инженерное образование. – 2015. – № 18. – С. 25–33.
2. Завада Г.В. Потенциал образовательных технологий в повышении информационно-операционной емкости обучения // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – Т. 15. – С. 2561–2565.
3. Использование активных и интерактивных образовательных технологий: метод. рекомендации. / авт.-сост. М.Г. Савельева, Т.А. Новикова, Н.М. Костина; отв. ред. Е.Н. Анголенко. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2013. – 44 с.
4. Сорокина Е.И., Маковкина Л.Н., Колобова М.О. Использование интерактивных методов обучения при проведении лекционных занятий // Теория и практика образования в современном мире: Материалы III Международ. науч. конф.– СПб.: Реноме, 2013. – С. 167–169.
5. Сафонова Л.Ю. Методы интерактивного обучения: Методические указания для преподавателей. – Великие Луки, 2015. – 86 с.

УДК 744

ИНЖЕНЕРНОЕ ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В.А. Рукавишников

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
E-mail: rukavishnikov_v@mail.ru

Аннотация. Впервые в России разработана и внедрена в учебный процесс новая учебная дисциплина «Инженерное геометрическое моделирование».

Ключевые слова: проектно-конструкторская деятельность, компьютерное цифровое моделирование, начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика.

Надвигающаяся четвертая промышленная революция коренным образом изменит производственный процесс: исчезнут многие традиционные профессии и появятся качественно новые, на порядок возрастет производительность труда, сократится количество рабочих мест и т.д. Искусственный интеллект, робототехника, цифровые и аддитивные технологии и т.д. становятся определяющими областями современной экономики. На предприятиях уже сейчас возникает острая потребность в специалистах, способных работать и управлять высокотехнологичными предприятиями [1–4].

В результате острой конкуренции выживут только те промышленные предприятия, которые смогут быстро адаптироваться к новым конкурентным условиям, перейдя на качественно новые цифровые технологии.

Революционные изменения уже произошли в проектно-конструкторской деятельности: появилась качественно новая цифровая 3D-технология геометрического моделирования, а предметом проектно-конструкторской деятельности стали цифровые 3D и 4D электронные модели.

Так как все современные прорывные технологии реализуются на цифровых 3D-моделях, поэтому на первое место в освоении проектно-конструкторской компетенции выходит подготовка специалистов, способных создавать цифровые трехмерные модели.

Эти изменения напрямую касаются и учебных заведений. В условиях снижения общего количества востребованных специалистов и высоких требований к их подготовке, многие учебные заведения, вовремя не перешедшие к подготовке специалистов нового цифрового поколения, в условиях острой конкуренции вынуждены будут также закрываться. Адаптация университетов к новым условиям уже идет.

Как известно, первая техническая революция произошла более 200 лет назад и была связана с появлением качественно новой технологии создания графической конструкторской документации в виде обратимых двумерных чертежей (моделей) на бумажном носителе трехмерных промышленных изделий и метода решения проблем, вызванных несоответствием размерности модели (2D) и объекта моделирования (3D), разработанных и предложенных Г. Монжем. Это привело к бурному развитию промышленных предприятий с применением коллективного труда.

Сегодня также происходящие революционные изменения в области проектно-конструкторской деятельности привели к бурному развитию высокотехнологичных промышленных предприятий и проектных организаций нового цифрового поколения. В основе перечисленных выше основных технологий четвертой промышленной революции лежит трехмерная цифровая модель, а электронные чертежи всё больше и больше носят вспомогательный характер.

Современные ГОСТы ЕСКД переориентированы на электронные цифровые модели. Цифровая модель включает в себя как геометрическую, так и математическую и физическую модели. Часто цифровую модель называют «цифровым двойником», поскольку она включает все больше и больше новых свойств объектов проектирования.

Технология графического моделирования на бумажном носителе больше не востребована, а поскольку размерность электронной модели и объекта совпали, то и метод решения графических задач (проблем) на плоскости больше не нужен. Учебные дисциплины «Начертательная геометрия», «Инженерная графика» и «Компьютерная графика», ориентированные на устаревшие технологии 2D на бумажном носителе перестали соответствовать требованиям современных предприятий.

На кафедре «Инженерная графика» КГЭУ были проведены необходимые исследования и разработана единая целостная учебная дисциплина (модуль) «Инженерное геометрическое моделирование» взамен ранее изучаемых и морально устаревших дисциплин - начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика. Новая учебная дисциплина является интегративной и развивающейся системой модульного типа.

Однако переход на новый формат подготовки специалистов в области цифрового компьютерного моделирования столкнулся с серьёзными проблемами, унаследованными из прошлого:

1. Отсутствие теоретико-философской концепции проектно-конструкторской подготовки и не понимание законов её развития. Как результат – система подготовки специалистов рассматривается как неразвивающаяся.

2. Противоречивость ФГОС, которые, с одной стороны, призывают готовить специалистов, отвечающих требованиям современных производств, а с другой, принудительно навязывающих изучение давно устаревших технологий графического моделирования.

3. Отсутствие цели и системности в самих ФГОС.

При проектировании содержания учебных модулей опирались на следующие положения:

Компетенция – это способность специалиста осуществлять определенный вид деятельности.

Компетенция – это единое целостное качество личности (специалиста), которое возникает, развивается и существует в процессе профессиональной деятельности.

Формирование компетенции – это процесс интеграции Знаний, Умений и Навыков в процессе осуществления профессиональной деятельности.

В формировании профессиональной компетенции можно выделить два этапа:

- 1) учебно-профессиональной – в процессе образовательной деятельности в учебном заведении;
- 2) профессиональный – в процессе профессиональной деятельности на предприятии.

Другими словами, компетенция, как личное качество специалиста, формируется на протяжении всей его профессиональной жизни, а в университете компетенция формируется на протяжении всего периода обучения и завершается дипломом [5–9].

Цель дисциплины была определена методом декомпозиции главной цели проектно-конструкторской подготовки специалистов, опираясь на цель и структуру проектно-конструкторской деятельности. Проектно-конструкторская деятельность рассматривалась как сложная система, включающая в себя более простые виды деятельности.

Цель учебной дисциплины «Инженерное геометрическое моделирование» определяется как формирование специалиста, готового и способного, опираясь на освоенные знания, умения и личные качества, на высоком профессиональном уровне создавать геометрические модели формальных и технических объектов на репродуктивном уровне по направлению своей профессиональной деятельности.

Для реализации учебной дисциплины разработан электронный образовательный ресурс, содержащий необходимую информацию для её изучения и формирования первого уровня проектно-конструкторской компетенции [10–12].

Студенты всех форм обучения могут, находясь в любой точке земного шара, легко через свой личный кабинет войти в ЭОР и получить необходимую информацию (лекции, лабораторные работы, методические и учебные пособия, справочный материал, задания, видео уроки), пройти тестирование и т.д., а в завершении переслать выполненную работу в электронном виде в ЭОР, где она проверяется преподавателем и хранится в электронном виде.

В результате внедрения учебной дисциплины «Инженерное геометрическое моделирование» в учебный процесс значительно вырос объем, сложность и качество выполняемых студентами проектно-конструкторских

документов. Интерес студентов к изучаемой дисциплине просто огромен. На последней всероссийской олимпиаде «КОГРАФ» наши студенты заняли все 3 призовых места.

Данная дисциплина является развивающейся, в её структуру и содержание постоянно вносятся изменения и дополнения, вызванные бурным развитием компьютерных технологий в области цифрового геометрического моделирования и все возрастающими требованиями современных высокотехнологичных предприятий.

Список литературы

1. Штырев В., Банкрутенко В., Лазарев А., Комиссаров К. сквозной цикл производства изделия как результат внедрения ИПИ-технологий в ОКБМ // CADmaster. 2007. – № 5. – С. 10–15.
2. Нейл Ллойд-Шеклок. Красота по-английски: ПО Autodesk для проектирования Aston Martin // AUTODESK COMMUNITY. – 2013. – № 1. – С. 34–35.
3. Новейшая версия Solid Edge от Siemens помогает быстрее выводить на рынок высококачественные изделия // CADMASTER. – 2013. – № 4. – С. 8–9.
4. Облачные вести: Tinkercard в семье Autodesk123D // AUTODESK COMMUNITY. – 2013. – № 2. – С. 8–9.
5. Рукавишников В.А. Кризис – время очищения и становления // Материалы VI международной научно-практической интернет-конференции. Март 2016. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2016. – С. 545–556.
6. Рукавишников В.А. Геометрическое моделирование как методологическая основа // Инновационные технологии в инженерной графике. Проблемы и перспективы: Международная научно-практическая конференция 20 апреля 2016 года. – Брест: БрГТУ, 2016. – С. 127–129.
7. Рукавишников В.А., Халуева В.В. Компетентностно-модульная модель подготовки специалиста как системный объект проектирования // Вестник КГЭУ. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016. – № 3. – С. 124–133.
8. Рукавишников В.А. Актуализация образовательных стандартов четвертого поколения // Вестник КГЭУ. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016. – № 4. – С. 156–164.
9. Рукавишников В.А., Халуева В.В., Муртазина Д.Н. Геометромодельная подготовка конкурентоспособных специалистов в энергетической отрасли // Проблемы энергетики. – № 3-4. – 2014. – С. 115–120.

10. Халуева В.В., Хамитова Д.В. Дистанционный курс «Инженерное геометрическое моделирование» – взгляд в будущее // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации КГП-2017: Материалы VII международной интернет-конференции. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017. – С. 385–389.

11. Халуева В.В., Хамитова Д.В. Опыт создания и применения электронно-образовательного ресурса для графических дисциплин // Инновационные технологии в инженерной графике. Проблемы и перспективы: Материалы III научно-практической конференции. – Брест: БГТУ; – Новосибирск: НГАСУ, 2015. – С. 61–63.

12. Халуева В.В., Хамитова Д.В. Инженерное геометрическое моделирование – перспективы развития графических дисциплин // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции, 21 апреля 2017 года, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. К.А. Вольхин. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2017. – С. 255–257.

УДК

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗЛИЧНЫХ АСПЕКТАХ СОВРЕМЕННОЙ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Г.Б. Сайфутдинова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

E-mail: guzelsai@mail.ru

Аннотация. В статье анализируются современные информационные технологии, такие как «Интернет вещей», которые входят в жизнь современных людей. Подчеркивается, что технологические платформы стали реальностью жизни и несут не только комфорт потребителю, но и трансформируют личное пространство человека.

Ключевые слова: высокие технологии, интернет вещей, сферы человеческой жизни.

XXI век – век усиления технологизации различных сфер жизнедеятельности. Важность новых технологических коммуникаций для современного человека трудно переоценить, а идея объединить функциональность сотового телефона и карманного персонального компьютера привнесла в жизнь возможность дистанционного общения без временных и пространственных ограничений. Сама идея дистанционного управления поддерживается нашим стремлением сделать мир удобнее, проще и продуктивнее. Уже сегодня облачные сервисы стремительно набирают популярность

в корпоративных сетях и сетях провайдеров, так как являются основным элементом повышения производительности труда, внедрения инноваций и повышения качества жизни. Все больше разнообразнейших устройств, использующих технологию межмашинного взаимодействия «M2M, machine to machine», подключаются к сети интернет.

В рамках технологического решения с использованием специализированных устройств, собирающих информацию телеметрического характера, была разработана концепция развития глобальной сети – «Интернет вещей» (от англ.: *IoT – Internet of Things*) которая подразумевает подключение большого числа устройств, осуществляющих автоматизированную обработку данных без участия человека.

Интернет вещей (IoT) – это новая возможность массового и недорогого подключения к информационной сети (например, к сети Интернет) любого физического объекта и системы управления этими объектами. Ранее направление развития концепции «Интернет вещей» находилась на платформе взаимодействия сети персональных компьютеров, серверов и мобильных телефонов, с расширением концепции значительно расширяется и технология применения до любого объекта, в который встроили «процессор», «сеть» и «датчик» [1].

Концептуальное решение позволяет объединить не только материальные предметы, но и развивать возможность по накоплению, структурированию и анализу информации по поведению пользователей через единую сеть, что представляет критически важные качественные изменения для развития человеческой жизнедеятельности.

Изначально концепция планировалась как технология, дающая хорошую обратную связь с потребителем, для улучшения качества существующих продуктов и серверов. Однако сейчас повсеместное распространение беспроводных технологий позволяет подключать устройства для бесконтактного управления вещами и информацией в режиме реального времени в более широком диапазоне. Имеющие в своем распоряжении уникальные идентификаторы умные объекты, в зависимости от конструкции, способны не только транслировать потоки данных, собираемых сенсорами, но и осуществлять передачу команд для изменения состояния подключенных к ним устройств. Состоявшимися проектами использования технологии «Интернет вещей», можно считать такие проекты как: умный дом, автономные системы управления городским транспортом, приложения по отслеживанию физического состояния человека и т.д.

«Интернет вещей» это самоорганизующаяся беспроводная система, позволяющая обмениваться информацией с большой клиентской базой без вмешательства человека и экономический эффект от использования «Интернет вещей» лежит в разных сферах жизни человека. Одна из консалтинговых компаний «МакКинзи» в 2013 году включила интернет вещей в список прорывных /подрывных (англ. disruptive) технологий, говоря об огромности влияния технологии интернета вещей на экономику [2]. Подключенные к сети Интернет датчики могут помочь значительно повысить качество услуг здравоохранения, общественной безопасности, служить дополнительной реальностью для обучающих программ и пр. Некоторые агентства уже сейчас делают прогноз, что уже через 5 лет наша одежда (рубашки, блузы, ботинки и туфли) и носимые на теле вещи (часы, кулоны, браслеты) будут оснащены множеством датчиков для мониторинга параметров организма, рекомендуя принять меры или обратиться за консультацией к профессионалу [3].

С другой стороны специалисты в области информационных технологий и безопасности отмечают, что беспрепятственный доступ к облачным ресурсам по интернету генерируемый промышленными машинами несет в себе достаточно серьезные угрозы безопасности [4, с. 60–61]. Например, датчики контролирующие «Умный дом» передают информацию о состоянии помещения и находящихся внутри людей третьей стороне, что создает ресурс доступа к личным данными владельца. Технологии безопасности не всегда отвечают требованиям в основном из-за повышения энергопотребления, что сказывается на цене устройств и эксплуатации системы. И тогда ответственность за безопасное использование Интернет вещей лежит в компетентности и осторожности самого пользователя, который должен контролировать выход данных за пределы домашней сети [5, с. 32].

В настоящее время большинство аналитиков сходятся во мнении, что Интернет вещей содержит слишком много неформализованных параметров [6, р. 648–651]. Так, если современный компьютер для возможности коммуникации с доступом к документам обеспечивается стандартами, разработанными консорциумом W3C, которые состоят трех вещей – уникальной системы адресации документов URL/URI, языка HTML и протокола HTTP, то Интернет вещей пока не имеет стандартизированного протокола. IoT – это система слабо связанных между собою разрозненных сетей, каждая

из которых выполняет специфические задачи. Очевидно, что по мере развития Интернета вещей сети будут подключаться друг к другу и приобретать все более широкие возможности в сфере безопасности, аналитики и управления. Однако сейчас контроль над логистикой таких устройств находится в фазе разработки, особенно в таких областях, как безопасность.

Следует подчеркнуть что, не смотря на недостатки Интернета вещей, преимущества системы слишком велики, и в ближайшее время нас ожидают новые решения.

Интернет вещей делает жизнь людей комфортной, однако это стремление к максимальной информатизации жизни ведет к потере конфиденциальности человеческого бытия и со временем нам придется покупать право на личные решения, которого мы лишимся вследствие повсеместного внедрения интернета вещей способного принимать эти решения за нас.

Внедрение интернета вещей скажется на всех сферах жизни, будет переосмыслена логистика, маркетинг, энергетическая отрасль, социальное управление и т.д. Подвергнется модернизации область права, будут внедрены новые нормативно правовые акты, связанные с предоставлением услуг в виртуальном пространстве. С распространением информационных технологий трансформируется социальная сфера, станут, востребованы работники с новыми профессиональными навыками, в духовной сфере, проявится стандартизация творческих инициатив с целью оптимизировать конечный результат доступный для пользователя.

Проникновение высоких технологий сделает жизнь удобнее, но у людей сократится диапазон личного пространства. Для обеспечения безопасности от бесконтрольной информатизации обществу необходимо сформировать ценностные установки через количество используемых информационных инструментов и качество предоставляемых виртуальных услуг.

Список литературы

1. Бецман Я. Интернет вещей [Электронный ресурс]. Свободный. Режим доступа: <http://channel4it.com/publications/Internet-veshchey-25146.html#> (дата обращения: 19.10.2017).
2. Интернет вещей популярно: почему мы перестанем выгуливать собак [Электронный ресурс]. Свободный. Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/337456/> (дата обращения: 19.10.2017).

3. What will digital life look like in 2025? Highlights from our reports [Электронный ресурс]. Свободный. Режим доступа: <http://www.pewresearch.org/fact-tank/2014/12/31/what-will-digital-life-look-like-in-2025-highlights-from-our-reports/> (дата обращения: 19.10.2017).

4. Круз Л. Интернет вещей и информационная безопасность: защита информации // Инсайд, 2013. – № 6. – С. 60-61.

5. Шиков С.А. Проблемы информационной безопасности. Интернет вещей // Вестник мордовского университета, 2017. – Т. 27. – № 1. С. 27–40.

6. Suo H. Security in the Internet of Things : A review // Proceedings of the 2012 International Conference on Computer Science and Electronics Engineering, 2012. – P. 648–651.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

<i>Букреев В.Н., Подгорная В.Б., Угрюмов А.А.</i> Принципы конструирования учебно-тренировочных средств.....	3
<i>Игнатьева О.А., Игнатьева В.А., Батталова А.Р.</i> Проблемы современного ЖКХ: прогнозы и реалии.....	16
<i>Кичкарь И.Ю.</i> Управления системой приводов вибростата.....	20
<i>Клишин В.Н., Мушенко А.И., Шурубов А.Д.</i> Цифровая система VoIP связи на основе отечественных программно-аппаратных средств.....	26
<i>Ломакин И.В., Белова С.А.</i> Моделирование канала текущего контроля давления масла двигателей станций электроснабжения.....	31
<i>Сунцов И.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Приборно-программный комплекс проточного анализа скважинной жидкости на парафины, смолы, асфальтены и вязкость методом протонного магнитного резонанса.....	36
<i>Шайдуллин И.Б.</i> Модернизация защиты асинхронных электродвигателей уровнем напряжения 0,4 кВ на дожимных насосных станциях.....	39
<i>Шакиров А.Р., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Мехатронная система пробоотбора и управления процессом от микропроцессора АТmega.....	42
<i>Шамгунов Р.Р., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Блок питания переносного автономного протонно-магнитного резонансного релаксометра.....	44
<i>Шарафутдинова Г.Р., Гимазетдинов А.А., Козелков О.В.</i> Исследование оптических методов и средств неразрушающего контроля.....	
<i>Щулипенко Д.Л., Рытов А.В., Козиков А.Ю., Ситников С.П., Войнаш А.В., Михеев А.Ю.</i> К вопросу о создании мобильного межвидового центра боевой подготовки.....	50

Секция 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

<i>Алиев Г.Р., Манахов В.А., Максимов В.В.</i> Оптимизация топологии электрооборудования для развивающихся систем электроснабжения...	61
---	----

<i>Андреев Н.К., Казиханов Р.Р.</i> Промысловый измерительный комплекс для учета массы добываемой высоковязкой нефти.....	64
<i>Архангельский Ю.С., Юдина В.О.</i> Применение СВЧ энергии в установках для переработки бытовых отходов в промышленных масштабах.....	67
<i>Афанасьев А.Ю., Каримов А.Р.</i> Мотор-колесо с синхронным двигателем и магнитным редуктором с минимальной массой.....	72
<i>Ахунов Т.Р., Билалов Ф.Ф.</i> Проблемы компенсации реактивной мощности в сетях ПАО «Татнефть».....	81
<i>Байков Д.В., Федотов Ю.Б., Нестеров С.А.</i> Перспективы применения рекуперативных преобразователей частоты в электроприводах лифтовых установок.....	85
<i>Басенко В.Р., Максимов В.В.</i> Многокритериальная оптимизация электрооборудования при проектировании систем электроснабжения.....	92
<i>Бодылев А.С., Рябишина Л.А.</i> Электромагнитная совместимость управляемых статических преобразователей с питающей сетью.....	98
<i>Боловин Е.В., Глазырин А.С.</i> Влияние цифрового дифференцирования на решение задачи идентификации параметров асинхронных электродвигателей на основе дискретных моделей в режиме реального времени.....	103
<i>Варенов А.А., Зенцов В.П.</i> Разработка и исследование инженерной модели системы стабилизации температуры в инкубационной камере....	105
<i>Вишневецкий А.А., Ясовеев В.Х.</i> Влияние величин давления и температуры на смещение центральных длин волн волоконной решетки брэгга в комплексированных волоконно-оптических датчиках.....	107
<i>Гаримадов С.С., Бикбов Р.Ш.</i> Техничко-экономическое обоснование при выборе оптимального источника электроэнергии для энергетики Республики Таджикистан.....	109
<i>Гимазетдинов А.А., Шарафутдинова Г.Р., Козелков О.В.</i> Разработка системы управления верхнего привода в части «эффекта пружины»...	110
<i>Грозов В.В., Цветков А.Н.</i> Испытание асинхронных двигателей после капитального ремонта.....	111
<i>Губаева О.Г., Губаев Д.Ф.</i> Моделирование переходных процессов при однофазных замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью.....	113
<i>Губаева О.Г., Губаев Д.Ф., Шайдуллин И.А.</i> Актуальность исследований феррорезонансных процессов в сетях среднего класса напряжений.....	115
<i>Даус Ю.В., Юдаев И.В.</i> Обоснование параметров фотоэлектростанции для снижения затрат системой освещения производственного здания...	117

<i>Дудка Н.А.</i> Использование корреляционно-экстремальных систем в беспилотных транспортных средствах.....	124
<i>Дюрягин А.М.</i> Возможные пути повышения энергобезопасности в топливно-энергетическом комплексе.....	131
<i>Капаев В.И., Таеров С.Г., Зиланов М.В.</i> Рекуперативное конденсаторное торможение группы центрифуг с частотно-управляемым электроприводом.....	134
<i>Карасев А.В.</i> Исследование обратимого трехфазного выпрямителя в среде моделирования PSIM.....	135
<i>Килиманов К.А., Афанасьев А.Ю.</i> Синхронный электродвигатель с магнитной редукицией с улучшенными массогабаритными характеристиками.....	139
<i>Корнилов В.Ю., Цветков А.Н.</i> Система автоматизированного контроля энергетических характеристик асинхронного электродвигателя с комбинированной обмоткой.....	147
<i>Крутиков К.К., Рожков В.В.</i> Виртуальный тренажер современной насосной станции.....	152
<i>Лукиянов Д.В., Кислицын А.Л.</i> Анализ и синтез математических моделей линейного асинхронного двухфазного двигателя.....	161
<i>Маджитов Д.Х., Андреев Н.К.</i> Разработка энергосберегающей системы электропривода для автономного водоснабжения жилого здания.....	163
<i>Малацон А.С., Малацон Н.В.</i> Опыт использования технологии удаленного управления преобразователем частоты.....	164
<i>Малёв Н.А., Власов А.С.</i> Исследование динамических характеристик двухдвигательного электропривода механизма передвижения козлового крана при неравномерном распределении нагрузки.....	166
<i>Малёв Н.А., Кандыркин Е.Е.</i> Анализ динамических свойств двухмассовой электромеханической системы механизма подъёма крана.....	171
<i>Малёв Н.А., Погодицкий О.В.</i> Синтез фильтров в быстродействующих прецизионных системах.....	176
<i>Мухаметгалеев Т.Х., Ахметов Р.Р.</i> Применение каскадного многоуровневого высоковольтного преобразователя частоты в качестве компенсатора реактивной мощности.....	183
<i>Мухаметгалеев Т.Х., Садыков И.М.</i> Повышение эффективности работы электропривода с высоковольтным преобразователем частоты с фазосдвигающим трансформатором.....	186
<i>Николаева О.Л., Денисова А.Р.</i> Разработка по повышению энергоэффективности на базе АО «МЦБК».....	188

<i>Петров А.А., Афанасьев А.Ю., Макаров В.Г.</i> Анализ обмотки двойного питания для электрической машины переменного тока.....	190
<i>Рыбушкин Н.А., Афанасьев А.Ю.</i> Оптимизация гибридной силовой установки для транспортного средства по энергопотреблению.....	200
<i>Садыков М.Ф., Горячев М.П., Андреев Н.К.</i> Аппаратно-программное обеспечение системы контроля технического состояния двигателя как часть системы автопилота автомобиля.....	213
<i>Сафиуллин Б.Р., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Контроль параметров скважинной жидкости методом ПМР для автоматизированного управления электроприводов насосов нефтяных скважин.....	215
<i>Семёнов А.С., Егоров А.Н.</i> Моделирование и анализ режимов работы электропривода скиповой подъемной установки.....	221
<i>Тарасова В.В., Федоров Д.Г., Афанасьев В.В., Калинин А.Г., Ковалев В.Г., Тарасов В.А.</i> Разработка математических моделей интеллектуальных энерготехнологических систем в ЖКХ.....	226
<i>Федоров О.В., Егоров А.Н.</i> Влияние на качество электроэнергии питающей сети высоковольтных преобразователей частоты.....	235
<i>Федотов В.В., Ермеев Р.И., Лизунов И.Н.</i> Методы сжатия и передачи информации в централизованной системе релейной защиты и автоматики распределительных пунктов среднего напряжения.....	241
<i>Хайруллина Д.Р., Денисова А.Р.</i> Влияние качества освещения на здоровье людей.....	245
Секция 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ	
<i>Варенов А.А., Ерашова Ю.Н.</i> Динамика процессов в объекте управления системы отопления индивидуального дома.....	247
<i>Галиакберов И.А., Орехова Л.Г.</i> К вопросу применения интеллектуальных методов диагностики нефтепроводов.....	248
<i>Мингалимова Н.Р.</i> Энергосбережение в Республике Татарстан путем внедрения индивидуальных тепловых пунктов.....	250
<i>Новиков В.Ф., Снигирева Ю.В., Нигматуллин Р.Р.</i> Сравнительный анализ органических растворителей в условиях тонкослойной хроматографии при постоянном магнитном поле.....	251
<i>Регир О.С., Роженцова Н.В., Коцюбинский А.В.</i> Перспективы внедрения инновационных технологий в области электроснабжения потребителей.....	253
<i>Сафин А.М., Емельянов Р.В., Лутфуллин И.И., Капаев В.И.</i> Исследование технологии распределенных реестров в ТЭК и ЖКХ.....	254
<i>Хлюпин П.А., Хабибуллин Т.Р.</i> Разработка алгоритма производства энергоэффективных ветрогенераторов с применением нанотехнологий...	255

<i>Юсупова Л.Н., Валиуллин Р.Р.</i> Автоматизация отопления производственных объектов ПАО «Татнефть» программируемыми термостатами.....	258
<i>Яшагин С.Д., Шамсиев Р.Р., Лапухин Н.А., Филимонова Т.К., Богданов А.Н.</i> Применение технологии RFID в ЖКХ.....	262
Секция 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	
<i>Артюхина О.Ф., Раецкая О.В.</i> Электронная информационная образовательная среда военного вуза.....	265
<i>Гарифуллина Р.Р.</i> Индивидуальный образовательный маршрут преподавателя технического вуза как инструмент формирования его научно-методической компетентности.....	270
<i>Забелина Т.Г., Матушанский Г.У.</i> Соответствие содержания профессиональных компетенций и стандартов спецификации WorldSkills по направлению «Ювелирное дело».....	275
<i>Куценко С.М., Малацон С.Ф.</i> Электронное портфолио как инструмент оценивания результатов обучения.....	283
<i>Леонтьева Т.А., Зорина Е.О., Чатурова Д.И., Батищева В.А.</i> Проблемы адаптации выпускника технического вуза в профессиональной сфере....	287
<i>Малацон С.Ф., Куценко С.М.</i> К вопросу о сетевом взаимодействии при подготовке высококвалифицированных специалистов-энергетиков...	292
<i>Миринова Е.А.</i> Проблемы формирования кадрового потенциала энергетических предприятий.....	295
<i>Раецкая О.В., Артюхина О.Ф.</i> Информатизация военного вуза.....	302
<i>Романова Л.М.</i> Задачи, принципы и алгоритм применения интерактивных технологий в инженерном образовании.....	308
<i>Рукавишников В.А.</i> Инженерное цифровое моделирование: перспективы развития.....	317
<i>Сайфутдинова Г.Б.</i> Информационные технологии в различных аспектах современной жизни человека.....	322

Научное издание

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Сборник материалов
III Поволжской научно-практической конференции
7 – 8 декабря 2017 г.

В двух томах

Том 1

Компьютерная верстка И.В. Краснова
Дизайн обложки Ю.Ф. Мухаметшина

Подписано в печать 16.11.17.

Формат 60×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.
Усл. печ. л. 19,29. Уч.-изд. л. 14,89. Тираж 500. Заказ № 5080.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51