

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

РОССИЙСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ГЛАЗАМИ МОЛОДЕЖИ»**

(грант РФФИ 13-08-06853)



Том 2

**Томск
3-4 декабря 2013 г.**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**«ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ГЛАЗАМИ МОЛОДЕЖИ»**

**СБОРНИК ТРУДОВ
РОССИЙСКОЙ МОЛОДЕЖНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

В двух томах
Том 2

Томск - 2013

УДК 620.9+621.3(063)
ББК 31+31.2л.0
Э651

Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: сборник трудов Российской молодежной научной конференции. В 2 т. Т. 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ООО «СКАН», 2013. – 286 с.

Настоящий сборник содержит материалы Российской молодежной научной конференции, проведенной 3-4 декабря 2013 г. на базе ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Основной целью проекта является развитие научного потенциала молодых исследователей в области электроэнергетики и электромеханики, активизация процесса обмена новыми идеями и разработками, стимулирование творческого мышления среди молодежи.

УДК 620.9+621.3(063)
ББК 31+31.2л.0

Редакционная коллегия:

Ивашутенко А.С., к.т.н., доцент каф. ЭПП ЭНИН ТПУ
Богданов Е.П., к.т.н., доцент каф. ЭКМ ЭНИН ТПУ
Усачева Т.В., к.т.н., доцент каф. ЭКМ ЭНИН ТПУ

Редакционная коллегия уведомляет:
труды конференции представлены в авторской редакции

*Российская молодежная научная конференция «Энергетика,
электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи»
проводится по гранту РФФИ 13-08-06853*

© Авторы, 2013

Состав организационного и программного комитетов
Российской молодежной научной конференции
**«Энергетика, электромеханика
и энергоэффективные технологии
глазами молодежи»**

Пестряков А.Н.	д.х.н., профессор, проректор по научной работе и инновациям ТПУ, председатель оргкомитета
Боровиков Ю. С.	к.т.н., доцент, проректор-директор ЭНИН ТПУ, сопредседатель оргкомитета
Стрижак П.А.	д.ф.-м.н., профессор, зам. директора ЭНИН ТПУ по научной работе
Прохоров А.В.	к.т.н., доцент, зам. директора ЭНИН ТПУ по учебной работе.
Ивашутенко А.С.	к.т.н., доцент каф. ЭПП ЭНИН ТПУ, руководитель проекта
Муравлев О.П.	д.т.н., профессор каф. ЭКМ ЭНИН ТПУ, председатель секции 1, круглого стола 4
Анненков Ю.М.	д.ф.-м.н., профессор каф. ЭКМ ЭНИН ТПУ, председатель секции 2, круглого стола 3
Богданов Е.П.	к.т.н., доцент каф. ЭКМ ЭНИН ТПУ, зам. руководителя проекта
Усачева Т.В.	к.т.н., доцент каф. ЭКМ ЭНИН ТПУ, ученый секретарь оргкомитета
Лукутин А.В.	к.т.н., доцент, начальник учебно-методического отдела ЭНИН ТПУ
Флеминг И.В.	старший преподаватель каф. ЭКМ ЭНИН ТПУ, секретарь секции 1
Дорохина Е.С.	ассистент каф. ЭКМ ЭНИН ТПУ, секретарь секции 2

КРУГЛЫЙ СТОЛ 3. СТРАТЕГИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КАК СОВРЕМЕННАЯ ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В РОССИИ

Видяев И.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Современная Российская экономика чрезвычайно энергоемка. Доля затрат на энергоносители в структуре себестоимости продукции в России в среднем в 1,7 раза превышают аналогичные показатели в Китае, в 7 раз — в США и в 12 раз — в странах ЕС. Ситуация в электроэнергетике — не исключение.

Решение данной проблемы нам видится через внедрение интеллектуальных систем контроля использования энергоресурсов на промышленных предприятиях. В современной научной литературе данный процесс получил название «интеллектуальные системы» или близкое по значению понятие «интеллектуальная энергетика». Однако, несмотря на четкое описание границ объекта исследования, большинство ученых не могут прийти к единому мнению, что следует понимать под данным понятием.

Чтобы разобраться с этим вопросом, обратимся немного к истории. Еще ровно шестьдесят лет назад ученый Д. Мак-Кей (1951 г.) ввел понятие самоуправляемых машин (такого понятия, как «искусственный интеллект» тогда еще не было). По его определению самоуправляемые - это такие системы, которые классифицируются в соответствии с тем, как в них осуществляются следующие общие функции [1]:

- прием, классификация, запоминание и передача информации;
- реакция на изменения в окружающей среде, включая выдачу информации о состоянии самой машины;
- дедуктивные рассуждения на основе множества допущений или постулатов и обучения.

Хорошо известно, что индукция — это способ мышления от отдельного к общему, от детализации к обобщению. В то время как дедукция — это способ мышления от общего к частному или от всеобщего к отдельному. Этот метод характерен для системного подхода к анализу и синтезу сложных систем.

В случае определения Д. Мак-Кея в обучение входит наблюдение и управление собственным целенаправленным поведением. Все перечисленные функции, безусловно, характерны для современной интеллектуальной системы, в том числе и в энергетике [1].

С точки зрения техники наиболее интересным и содержательным является определение системы, данное академиком П.К. Анохиным: «Системой можно назвать только такой комплекс избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействие и взаимоотношения принимают характер взаимосодействия компонентов на получение фокусированного полезного результата» [2]. При этом «фокусированный полезный результат» можно рассматривать как достижение цели функционирования системы! Такое определение системы связывает ее с целенаправленной активностью. Автор имел честь работать под руководством академика П.К. Анохина в лаборатории бионики в 1965-1968 гг.

Интеллект с точки зрения технических систем следует рассматривать как сочетание способности предсказания среды со способностью выбора соответствующей реакции из множества альтернатив с учетом результата предсказания и поставленной цели. Представляется содержательным определять интеллект в терминах поведения стремящейся к цели системы (живой или искусственной) и измерять степень ее интеллекта по адекватности принимаемых ею решений. При отсутствии цели принятие решений беспредметно, и термин «интеллект» не имеет смысла.

В рамках нашей статьи к интеллектуальным техническим системам следует относить технические системы, которые, имея несколько целей функционирования (а может быть умеющие генерировать эти цели!), выбирают самую подходящую цель в зависимости от окружающей среды, прогнозируя поведение окружающей среды и свое собственное состояние. Именно последнее определение, на наш взгляд, имеет практическую ценность для разработчиков современных интеллектуальных систем, в том числе и в энергетике.

Остановимся на элементах совершенствования интеллектуальных систем в энергетике и, в частности, в интеллектуальных системах. Построение интеллектуальной системы должно стать стратегическим курсом развития распределительного электросетевого комплекса, подразумевающим четыре основных направления совершенствования [1, 3]:

- интеллектуализация силового оборудования и технологии передачи и распределения электроэнергии;
- интеллектуализация технологического управления;
- интеллектуализация специализированных коммуникационных и информационных устройств;

- интеллектуализация автоматизированных систем учета и управления электропотреблением.

Концепция интеллектуализации должна способствовать развитию следующих функциональных свойств электроэнергетики:

- обеспечивать самовосстановление при аварийных возмущениях, переходя от управления по факту возмущения к предупреждению аварийного повреждения элементов сети;

- развивать мотивацию активного поведения конечного потребителя;

- обеспечивать сопротивление негативным влияниям, в том числе реализовывать информационную и энергетическую безопасность;

- обеспечивать надежность энергоснабжения и необходимое качество электроэнергии в различных ценовых сегментах, а также трансформацию;

- реализовывать многообразие типов электростанций, устройств аккумулирования электроэнергии (распределенная генерация) и оптимальную интеграцию генерирующих и аккумулирующих мощностей в энергосистеме, подключение с помощью стандартизованных процедур технического присоединения и внедрение «микроэнергосистем» на уровне пользователей;

- оптимизировать управление производственными мощностями, переходя к удаленному контролю за эксплуатацией и модернизацией производственных активов с целью роста эффективности управления фондами, повышения их надежности и ремонта.

Именно реализация вышеописанных свойств создаст благоприятные условия для внедрения интеллектуальных систем в деятельность промышленных предприятий, обеспечит быструю окупаемость таких проектов и, в конечном счете, повысит энергоэффективность в российской промышленности до уровня развитых стран.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров А.А. Интеллектуальная энергетика: мифы и реальность // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2011.– №12. – с.15-22.

2. Анохин П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем 1973 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.raai.org/library/books/anohin/anohin.htm>.

3. Огороков В.Р., Волкова И.О., Огороков Р.В. Интеллектуальные энергетические системы: технические возможности и эффективность // Академия энергетики. – 2010. – №3.

МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА МАГИСТРАНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕЛОВЫХ ИГР ПО ОПЕРАТИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Калани Э.Я.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

В [1] сформулированы требования к современной подготовке персонала энергопредприятий, а именно: знание схем, устройства и конструкции энергетического оборудования; понимание технологических процессов; знание правил технической эксплуатации, правил устройства электроустановок и правил техники безопасности; обладания навыками планирования режимов и быстрой реакцией в нестандартных ситуациях.

Данные компетенции в определенной степени развиваются у магистрантов, обучающихся по магистерской специализации «Электроэнергетические системы, сети, электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность» при изучении дисциплины «Оперативное управление в электроэнергетике». Освоение дисциплины предполагает изучение оборудования и технологических процессов, правил технической эксплуатации, получение навыков ведения штатных и аварийных режимов, а также проведения оперативных переключений в ходе деловых игр.

Как показывает практика, вопросы повышения эффективности подготовки и тренировки оперативного персонала энергопредприятий целесообразно решать с использованием специальных тренажеров диспетчера, отражающих как поведение энергосистемы (ЭС) в различных режимах работы, так и основной характер деятельности диспетчера.

Применение тренажеров в образовательном процессе требует разработки специального учебно-методического обеспечения, поскольку для студентов они используются в качестве обучающих, а не тренировочных систем. В настоящее время на кафедре электрических сетей и электротехники ТПУ проводится работа по созданию учебно-методического комплекса (УМК) по дисциплине «Оперативное управление в электроэнергетике», включающего блок деловых игр с использованием режимных тренажеров. Основные модули УМК: электронный учебник, система тестирования и лабораторный практикум. Лабораторный практикум содержит методические указания к деловым играм по оперативным переключениям и по ведению режима [2].

Инструментом для деловых игр по оперативным переключениям выбран тренажёр «Модус» [3]. Во время деловой игры осваиваются такие виды работ, как взаимодействие оперативного персонала, действия при срабатывании аварийной сигнализации, подготовка к использованию

типовых бланков и программ переключений, проведение и регистрация переключений в оперативном журнале.

В качестве инструмента для деловых игр по ведению режима ЭЭС используется режимный тренажёр диспетчера «Феникс». Он представляет собой программный комплекс, предназначенный для проведения сеансов противоаварийных тренировочных занятий с отображением оперативной обстановки в ЭС. Учебная режимная модель Морозовской ЭС, используемая в составе тренажёра [4] и принятая для постановки деловых игр, позволяет моделировать основные оперативные состояния ЭС.

В качестве примера дадим краткое описание фрагмента разработанного учебно-методического обеспечения деловой игры «Аварийное отключение ВЛ 220 кВ Центральная – ТЭЦ-2 с работой АРОДЛ (автоматика разгрузки при отключении двух линий электропередачи) на ТЭЦ-2 в ремонтной схеме сети», проводимой в Морозовской ЭС. В составе Морозовской ЭС находится Морозовское Региональное Диспетчерское Управление (РДУ), под управлением (или в ведении) которого находятся следующие объекты: Святогорская ГРЭС, Южная ГРЭС, Светлая ГЭС, ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, блок-станции ТЭЦ нефтеперерабатывающего завода и ТЭЦ центрального металлургического комбината, три подстанции 500 кВ, 18 подстанций 220 кВ, пять подстанций 110 кВ. Фрагмент оперативной схемы 500, 220, 110 кВ Морозовской ЭС представлен на рис. 1.

Целью деловой игры является получение навыков введения параметров режима в допустимую область при аварийном отключении ВЛ 220 кВ в ремонтной схеме сети Морозовской ЭС. В ходе деловой игры необходимо не допустить развития нарушения электрического режима в ЭС, выявить все отклонения параметров послеаварийного режима от нормальных значений и привести значения параметров электрического режима к нормально-допустимым.

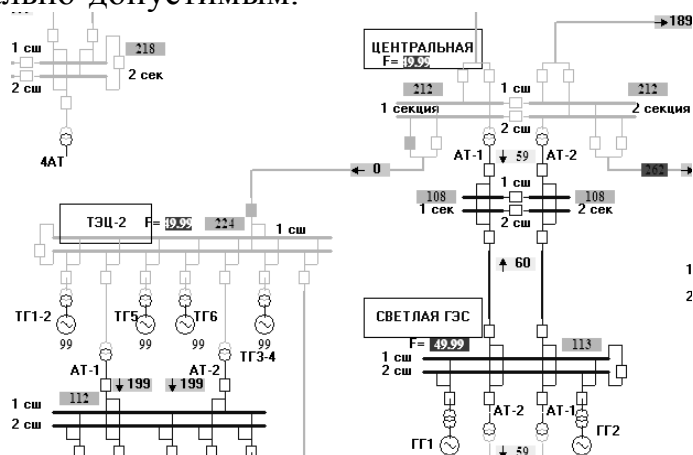


Рис. 1. Фрагмент оперативной схемы Морозовской ЭС

Участниками деловой игры являются: Руководитель, Инструктор и Участники (Диспетчеры ОДУ ОЭС и Морозовского РДУ). Инструктор исполняет роль руководства деловой игры и, одновременно выполняет функции подчиненного по отношению к Диспетчерам персонала, имитируя приём и исполнение команд Диспетчеров на объектах ЭС. Студенты получают роли Инструктора и Диспетчеров. Участникам предоставляются следующие данные: исходный режим, отклонения от нормальной схемы и аварийное возмущение в ЭС, вводная и задание, оптимальное решение задачи ликвидации аварийного возмущения. Оптимальное решение задачи представляет собой линейную цепочку решений в ходе деловой игры и используется в режиме обучения.

В учебном сеансе деловой игры можно выделить пять этапов.

На первом этапе изучается терминология, схема и оборудование.

Второй этап представляет собой начальный период уяснения исходного оперативного состояния схемы и режима ЭС. Студент-Диспетчер работает с Интерфейсом Диспетчера режимного тренажёра (рис. 2) и вызывает на связь Инструктора для уточнения режима работы и состояния оборудования объектов ЭС, по которым в Интерфейсе Диспетчера отсутствует текущая информация, а также для уточнения состояния схемы.

Третий этап – период развития аварийной ситуации по сценарию деловой игры при участии противоаварийной автоматики, во время которого обучаемый оценивает сложившуюся ситуацию и намечает план ликвидации аварии. Оценка ситуации производится на основе информации, получаемой при помощи Интерфейса Диспетчера, а также по сообщениям, которые воспроизводит Инструктор.

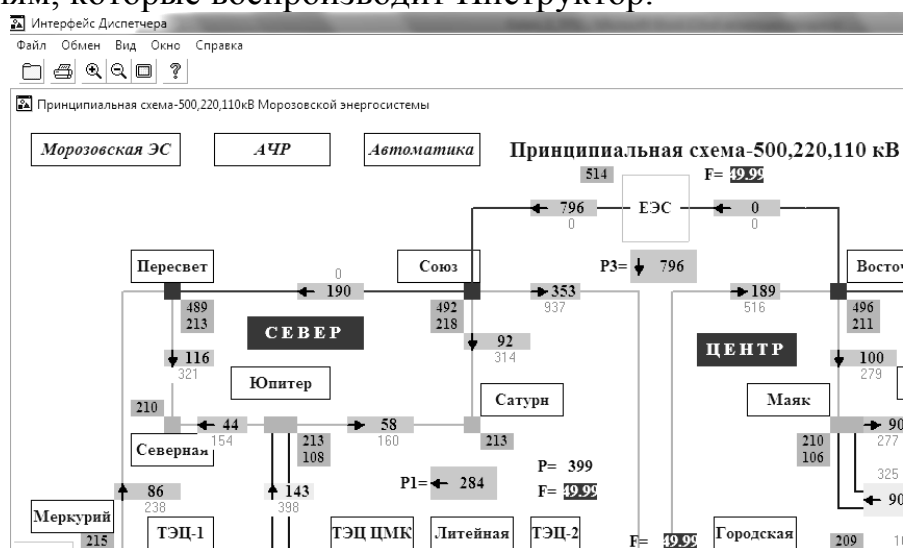


Рис. 2. Интерфейс Диспетчера в режимном тренажёре диспетчера «Феникс»

Четвёртый этап – период ликвидации аварийной ситуации и восстановления оперативного состояния ЭС. Студент-Диспетчер осуществляет решение задачи в соответствии с принятым планом ликвидации аварии, посредством выдачи команд на объекты, которые вводит в модель Инструктор, управляя моделью ЭС [2].

Пятый этап – оценка действий студентов в процессе деловой игры. Суть методики оценки заключается в анализе ликвидации нарушений нормального режима в ходе деловой игры по динамике изменения ряда режимных параметров (уровни напряжений, ток в линиях электропередачи и трансформаторах), вышедших за допустимые пределы. В целом решение задачи деловой игры представляется как поэтапный перевод контролируемых параметров в желаемом направлении.

Команды, отдаваемые Участниками, записываются одним из них в протокол решения задачи. Оценка действий студентов проводится на основе протокола решения задачи и технологической карты, включающей систему выставления штрафных и поощрительных баллов за решение режимной задачи.

Правила оценки, согласно методике, предполагают разделение всех действий Участников из протокола на три группы с соответствующими баллами. К первой группе отнесены те события, в результате которых контролируемый параметр отклонился в сторону зоны допустимых значений. Вторая группа действий, отмечаемых штрафными баллами, приводит к росту отклонений режимных параметров в недопустимую область. Также отмечаются в протоколе отрицательными баллами третья группа действий, в результате которых значения режимных параметров неизменно остаются в недопустимой области [5].

План ликвидации аварии позволяет отслеживать ход решений задачи студентами и сопоставлять текущие состояния системы с принятыми эталонами.

Как показывают предварительные результаты, деловые игры являются эффективным способом освоения студентами широкого круга практических работ по оперативному управлению в электроэнергетике. Этим, подтверждается целесообразность дальнейшего развития деловых игр, как перспективной технологии обучения магистрантов и эффективного средства их подготовки к профессиональной деятельности на предприятиях энергетического комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стандарт организации ОАО «СО ЕЭС». СТО 59012820.03.100.30-002-2009. Профессиональная подготовка, поддержание и повышение

квалификации персонала: утв. и введен в действие: приказом ОАО «СО ЕЭС» от 06.11.2009. № 434. М. 2009.

2. Хрущев Ю.В., Бацева Н.Л., Фикс Н.П., Калани Э.Я. Постановка деловых игр по оперативному управлению в электроэнергетике для профессиональной подготовки магистрантов//Энергетика глазами молодежи: науч. тр. IV междунар. науч.-техн. конф., Т.2 // Мин-во образования и науки РФ, Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: Лик, 2013.

3. Тренажёр оперативных переключений «Модус» [Электронный ресурс]//Компания Модус [сайт]. [2012]. URL: <http://swman.ru/content/blogcategory/20/48/> (дата обращения 15.06.2013).

4. Режимный тренажёр диспетчера «Феникс» [Электронный ресурс]//ЗАО «Монитор Электрик»: [сайт]. [2012]. URL: <http://www.monitel.ru/files/downloads/products/Broshyura%20%20Finist.pdf> (дата обращения 15.06.2013).

5. Федоров О.А. Подходы к автоматизированной поддержке оценивания действий диспетчеров в режимном тренажере // Оперативное управление в электроэнергетике. Подготовка персонала и поддержание его квалификации: журнал. 2008. №2.

ПРОБЛЕМЫ ЗАПАДНО – СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ В НАЧАЛЕ ТРЕТЬЕГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ

Едешева Ч.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Металлургический комплекс Западной Сибири – очень перспективная отрасль России, находящаяся на стадии формирования. Основой формирования Сибирского металлургического комплекса являются железные руды Горной Шории, Хакасии и Ангаро-Илимского железорудного бассейна, а топливной базой – Кузнецкий каменноугольный бассейн. Современное производство здесь представлено двумя крупными предприятиями: новостройкой первой пятилетки 20-го века Кузнецким металлургическим комбинатом с производством полного цикла (в настоящее время промышленная площадка рельсового проката ОАО «ЕВРАЗ Западно-сибирский металлургический комбинат (ЗСМК)») и собственно ЗСМК (в настоящее время ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК») [1], а также ферросплавным заводом (г. Новокузнецк).

Одно из самых прогрессивных направлений в мире, основателем которого является русский инженер-металлург Н.И. Беляев – передельная металлургия, выпускающая металлы и сплавы на их основе особого качества [2] – начинает лишь только сейчас делать первые робкие шаги освоения на заводах Новосибирска, Красноярска, Гурьевска, Петровск-Забайкальского, Комсомольска-на-Амуре). Добывающая промышленность представлена горно-обогатительными комбинатами (ГОК), Кузбасса, в Горной Шории, Хакасии и Коршуновским ГОК в Восточной Сибири. Металлургический комплекс Западной Сибири охватывает весь цикл производства металлов: добычу и подготовку руд, топлива, выпуск металла, производство вспомогательных материалов (огнеупоров, кислорода и т.п.). Каждая структурная составляющая металлургического комплекса имеет четко выраженную специфику производства, базируется на присущей ей научной основе, располагает своей технологией, оборудованием и специально подготовленными кадрами.

Основными направлениями, позволяющими резко увеличить объем производства черных металлов, расширить ассортимент выпускаемой продукции, являются улучшение качества исходного сырья, укрупнение металлургических агрегатов и увеличение их единичной мощности.

В процессе обоснования размещения новых металлургических предприятий необходимо обязательно учитывать весь комплекс факторов, воздействующих на процессы производства и жизнь населения в регионах. Главное богатство регионов Сибири – разнообразные природные ресурсы. Самый надежный и дешевый способ транспортировки сырья и техники для их добычи – по железной дороге. Это связано прежде всего с экономией затрат в процессе транспортировки сырья, топлива, полуфабрикатов и готовой продукции. Недостатка в проектах нового железнодорожного строительства на востоке России никогда не было, но необходимо сформировать такую сеть железных дорог, которая бы пролегла по наиболее перспективным, с хозяйственной точки зрения, направлениям.

На размещение предприятий металлургической отрасли влияет степень развития инфраструктуры, а именно населенность района и его обеспеченность объектами производственной и социальной сферы, уровень их развития. Как правило, регионы с более высоким уровнем развития инфраструктуры являются наиболее притягательными при размещении металлургических предприятий, так как нет необходимости строительства новых, дополнительных объектов электроснабжения, водоснабжения, транспортных коммуникаций, учреждений социальной сферы [3].

Действительно, многое в металлургическом комплексе Западной Сибири ещё не решено. Это проблемы, среди которых: недостаток

трудовых ресурсов, транспортная необеспеченность, во многом тормозят развитие отрасли. Но среди проблем, возникших перед металлургическим комплексом, ещё очень много проблем экономических, проблем управления отраслью и, ставшая последнее время очень актуальной, экологическая проблема.

Учет экологического фактора при размещении металлургического производства – объективная необходимость в развитии сибирского региона, его населения и социальной сферы [4].

Большое внимание должно быть уделено структурной перестройке металлургической отрасли и, в частности, создание сети более перспективных на ближайший период времени сверхкомпактных производств, включающих добычу и подготовку руд, топлива, выпуск металла, производство вспомогательных материалов. В связи с этим необходимо провести глубокий и тщательный анализ накопленного опыта работы в металлургическом комплексе Западной Сибири за все время его существования и, с учетом этого, а также требования времени, наметить основные тенденции в его развитии.

Российская металлургия переживает глубокие структурные перемены. Ее предприятия в большинстве случаев являются градообразующими. В Новокузнецке это просматривается наиболее отчетливо. Зарубежная практика взимания налогов в корне отличается от той, что принята сейчас в России. Налоги получают в основном с потребительских товаров, реализуемых населению, а не с предприятий и фирм базовых отраслей. Нужно перестать полагаться на металлургию как на средство добычи валюты. Отрасль сама по себе достаточно финансово емкая. А европейский опыт, опять же, показывает, что выгоднее дотировать горнодобывающие отрасли и тем самым сдерживать рост цен и инфляцию.

Нужно снизить предельный уровень налогов для отрасли до 50 процентов, сохранить внебюджетный инвестиционный фонд для металлургии, обуздать налоги в горнорудной промышленности и цены в энергетике и транспорте, от которых, как известно, целиком зависит металлургическое предприятие [5].

В последнее время наибольшее распространение получили металлургические мини-заводы [6]. Мини-заводы – это небольшие металлургические предприятия, использующие в качестве исходной шихты металлолом и гибко учитывающие запросы потребителей. Они занимают небольшие территории, используют электроэнергию и минимальное количество трудовых ресурсов и воды. При этом металлы и сплавы на их основе производят особого качества, а отрицательное воздействие на окружающую среду минимальное. Создание таких мини-

заводов было бы более перспективным и оптимальным решением большинства назревших проблем в металлургическом комплексе Западной Сибири за все время его существования.

Металлургический комплекс Западной Сибири разрабатывает перспективы своего производственного и социального развития исходя из долгосрочных задач отрасли и с учетом планов комплексного развития каждого отдельного района. Он предусматривает меры по расширению производства и повышению его технического уровня, обновлению и росту качества продукции [4]. От темпов развития качественной металлургии на территории Западной Сибири и Дальнего Востока во многом зависит судьба всей Российской экономики в целом, оснащение промышленности надежной, долговечной и безопасной в эксплуатации новейшей техникой [5].

Заключение

1. С целью оптимального развития социальной инфраструктуры и заселенности обширных территорий Западной, Восточной Сибири и Дальнего Востока необходимо и дальше совершенствовать строительство широкой сети железных и автомобильных дорог вместе с необходимыми коммуникациями.

2. С учетом этого необходимо перепрофилировать ряд предприятий металлургического комплекса Сибири и Дальнего Востока по дальнейшему выпуску рельсов и проката необходимого сортамента, создания металлургических заводов малых форм собственности (мини – заводы), гибко реагирующих на изменение спроса выпускаемой продукции потребителями.

3. Кроме того, определяющим направлением в металлургии Сибири третьего тысячелетия должна быть передельное производство, а именно специальная электрометаллургия, позволяющая на основе переплавных рафинирующих процессов получать металлы и сплавы особого качества, обеспечивающих высокую надежность, долговечность и безопасность в эксплуатации новейшей техники, автомобильного, железнодорожного, морского и воздушного транспорта, авиационной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Апасов А.М. Горнорудная и железоделательная отрасль Сибири на рубеже 18-20 веков / А.М. Апасов, Ч.В. Едешева (студентка) // Горное машиностроение: Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала) Mining Informational and analytical Bulletin (scientific and technical journal). – 2012. – №ОБЗ. – 552с. – М.: Издательство «ГОРНАЯ КНИГА». – С.195-205.

2. Апасов А.М. Специальная электрометаллургия: учебник / А.М. Апасов; Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета.-2012.-2-ое изд. – 286 с.

3. Бовин А., Гусейнов Р., Кащенко Н. Экономика Сибири: состояние и перспективы // Сибирь: Политика. Экономика. Управление. – 1996. – №6. – С.56-70.

4. Яблоков А.В. Экологический риск и национальная безопасность / ЭПОС // Экономика, предпринимательство, окружающая среда. – 1994. – №1,3. – С.19-23.

5. Городецкий В. Металл России: Заметки о судьбах одной из «Заглавных отраслей» // Труд. – 1 августа 1995 г.

6. Шашков Е., Адно Ю., Опошнянский С., Хохлов Е. Корпорация без секретов. Книга первая М., ООО «Национальное образование», –2002.– 117 с., илл.

КАЧЕСТВО РАБОЧЕЙ СИЛЫ, КАК УСЛОВИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Гаврикова Н.А., Долгих И.Е.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Современная концепция реализации и «пропаганды» принципов ресурсоэффективности на уровне высшего профессионального образования предполагает рассмотрение вопросов эффективности использования ресурсов на всех этапах обучения. В идеальной модели специалисты должны не просто изучить принципы, механизмы и методы эффективного использования ресурсов, они должны научиться думать и принимать «ресурсоэффективные» решения.

Способность обеспечения ресурсоэффективности промышленного предприятия значительным образом определяется его трудовыми ресурсами. Их качество определено определенными свойствами персонала, которые определяют его возможности в решении задач повышения ресурсоэффективности.

В систему знаний в сфере ресурсоэффективности вошли вопросы рационального и эффективного использования ресурсов в предметных технических областях, общие принципы и философия ресурсоэффективности и вопросы ресурсоэффективности в отрасли.

В общем виде, под качеством рабочей силы понимается сформированный в результате инвестиций и накопленный человеком определенный запас здоровья, знаний, навыков, способностей, мотиваций, которые активно используются в той или иной сфере производства, содействуют росту производительности и качеству его труда и тем самым влияют на рост заработка данного человека[1].

Постановка цели повышения ресурсоэффективности корректирует требования, предъявляемые к качеству рабочей силы. Повышение ресурсоэффективности, в большинстве своем реализуется путем внедрения комплексов мероприятий инновационного развития. В позиции качества рабочей силы этот фактор снижает важность опыта работника, перемещая приоритет на его способность к обучению, восприятию и использованию нового. По этой причине, многие работодатели ввели возрастные ограничения для кандидатов на вакантные должности.

Если ранее, когда накопленный опыт являлся ведущим фактором эффективности труда, высоко ценились прежде всего работники "наиболее производительных возрастов" (40-50 лет), то в условиях высокотехнологичного производства, когда на первый план выдвигаются требования постоянного обновления и пополнения знаний, приоритет получают работники тех возрастов, которые обладают максимальными гностическими способностями и хорошим состоянием здоровья (25-40 лет) [2].

Повышение эффективности использования всех видов ресурсов, отразилось и на требованиях работодателя к эффективности труда. Повышение производительности, как следствие, увеличивает величину физической и психологической нагрузки на организм работника, требует от него быстрой реакции на происходящие изменения, собранности, сосредоточенности, внимательности, которые в значительной мере определяются состоянием здоровья человека.

На сегодняшний день, повышение качества рабочей силы является приоритетным направлением развития государства. Как отметил на расширенном заседании Государственного совета в своем выступлении В.В. Путин «О стратегии развития России до 2020 года», для реализации стратегии инновационного развития страны «необходимо опираться на одно из главных преимуществ - реализацию человеческого потенциала. Переход на инновационный путь развития страны связан, прежде всего, с масштабными инвестициями в человеческий капитал. Развитие человека - это основная цель, необходимое условие прогресса современного общества. Это и сегодня, и в долгосрочной перспективе - наш абсолютный национальный приоритет».

Специалист современного производства должен обладать способностью к инновациям и знаниями в области ресурсоэффективности, которые помогут найти оригинальные технические решения, позволяющие достичь более высоких результатов по всем направлениям эффективности: экономической, социальной, экологической.

Ключевыми компетенциями инновационного специалиста должны стать:

Стремление к постоянному повышению уровня квалификации;

Умение работать в конкурентной среде, предприимчивость, умение работать в команде.

Названные компетенции требуют от специалистов наличия базовых знаний об основах эффективности использования всех видов ресурсов, о показателях их оценки и методах повышения ресурсоэффективности. Поэтому «инновационный человек» должен обладать не только умением творить и генерировать идеи, но и достигать успеха за счет их использования.

Для успешного решения задач по формированию компетенций «инновационного человека» согласно Стратегии требуется модернизация реализуемой государством политики в области образования по ряду ключевых направлений [3]:

1. Развитие системы непрерывного образования, создание базовых условий для постоянного обучения и повышения квалификации занятых.

2. Предоставление возможности получения предпринимательских компетенций для специалистов промышленного производства, путем активизации разработки послевузовских образовательных программ.

3. Формирование системы стимулирования инновационной активности молодежи, в том числе, посредством проведения конкурсов, форумов, слётов, олимпиад, а также очно-заочных школ, проектно-исследовательских практик и курсов при ведущих вузах с применением современных сетевых форм коммуникации.

4. Формирование культуры инноваций в обществе и повышение престижа инновационной деятельности и коммерциализации новых идей, способных повысить ресурсоэффективность всех отраслей и сфер деятельности предприятий РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выварец А.Д. Экономика предприятия: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 080502 "Экономика и управление на предприятии (по отраслям)" / А.Д.Выварец. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. - 543 с.

2. Пелих, С.А., Гоев, А.И., Плотницкий, М.И. Производственный менеджмент. Управление предприятием: Учебн. Пособие/ С.А. Пелих, А.И. Гоев, М.И.Плотницкий и др. - Мн.: БГЭУ, 2003 - 555с.

3. Проект ИННОВАЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ России до 2020 года. .[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://venture-biz.ru>.

КОНЦЕПЦИЯ «SMART GRID» КАК СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Видяев И.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

В настоящее время актуальным является создание интегрированных интеллектуальных энергетических сетей (ИЭС) на основе моделирования цифровой реальности (Virtual reality systems) [1]. На западе данный подход стал основой формирования новой технологии управления энергией, получившей название концепция «Smart Grid».

«Smart Grids» – это электрические сети, удовлетворяющие будущим требованиям по энергоэффективному и экономичному функционированию энергосистемы за счет скоординированного управления и при помощи современных двусторонних коммуникаций между элементами электрических сетей, электрическими станциями, аккумулирующими источниками и потребителями [2].

Наибольшие ожидания от применения технологии Smart Grid связаны с уровнем участия потребителей и уровнем использования производственных активов распределительных сетей.

В области потребления характерно снижение пиковых нагрузок и как следствие перенос строительства новых электростанций. При этом экономия достигает 18 млн долларов в год. В распределительных сетях – снижены потери до 10%, снижены выбросы CO₂ на 45 тыс. тонн, при этом экономия 7 млн долларов в год [1].

В области генерации главный эффект — уменьшение числа аварий и внеплановых ремонтов. Экономия составляет 11 млн долларов в год. Снижение аварий до 80%. Внедрение технологий интеллектуальной сети окупается за 4 года [3,4].

Важным моментом является повышение надежности сетевого оборудования и его КПД, а также продление срока службы энергетического оборудования. Экономия от продления срока службы оборудования составляет 5 млн долларов в год. Внедрение технологий интеллектуальной

сети существенно снижает количество аварий и времени восстановления испорченного оборудования.

Существующая энергосистема в области генерации электроэнергии ориентирована на приоритет крупной генерации (ГЭС, ТЭЦ и т.п.), при этом реализуется активное управление по заданным режимам генерации. В случае перехода к интеллектуальной системе используется любая генерация, включая возобновляемые источники электроэнергии (например, ветроэнергетика и т.п.). Активное управление всеми генерирующими мощностями и создание для общей координации центров управления. Использование различных видов генерации электроэнергии - от большой до малой энергетики — позволяет устранить дефицит мощности.

Существующая энергосистема реализует пассивную систему передачи электроэнергии, осуществляется управление сетью за счет коммутаций. Причем, как правило, недостаточно эффективно реализуются функции наблюдаемости и управляемости электрических сетей. В случае перехода к интеллектуальной системе реализуется интеллектуальная система передачи электроэнергии с управлением режимами в реальном времени, обеспечивая эффективную реализацию функций наблюдаемости и управляемости электрических сетей.

В существующей энергосистеме реализуется свободное использование электроэнергии потребителями с учетом внешних ограничений (например, на электрическую мощность и т.п.). В случае перехода к интеллектуальной системе реализуется гибкое эффективное использование электроэнергии с адаптацией к различным системным ситуациям.

Проведенный в [3-5] анализ позволил сформулировать следующие исходные положения, принятые при разработке и развитии концепции Smart Grid за рубежом:

1. Концепция Smart Grid предполагает системное преобразование электроэнергетики (энергосистемы) и затрагивает все ее основные элементы: генерацию, передачу и распределение (включая и коммунальную сферу), сбыт и диспетчеризацию.

2. Энергетическая система рассматривается в будущем как подобная сети Интернет инфраструктура, предназначенная для поддержки энергетических, информационных, экономических и финансовых взаимоотношений между всеми субъектами энергетического рынка и другими заинтересованными сторонами.

3. Развитие электроэнергетики должно быть направлено на развитие существующих и создание новых функциональных свойств энергосистемы и ее элементов, обеспечивающих в наибольшей степени достижение ключевых ценностей новой электроэнергетики, выработанных в результате

совместного видения всеми заинтересованными сторонами целей и путей ее развития.

4. Электрическая сеть (все ее элементы) рассматривается как основной объект формирования нового технологического базиса, дающего возможность существенного улучшения достигнутых и создания новых функциональных свойств энергосистемы.

5. Разработка концепции комплексно охватывает все основные направления развития: от исследований до практического применения и тиражирования и должна вестись на научном, нормативно-правовом, технологическом, техническом, организационном, управленческом и информационном уровнях.

6. Реализация концепции носит инновационный характер и дает толчок к переходу на новый технологический уклад в электроэнергетике и в экономике в целом.

Подводя итог хочется отметить, что российским предприятиям нужно обратить пристальное внимание на концепцию «Smart Grid», т.к. ее применение создает действенные мотивы для повышения контроля за энергетическими ресурсами, оптимизации управления ими, снижения энергоемкости производства и по эффективности всей деятельности предприятия в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров А.А. Интеллектуальная энергетика: мифы и реальность // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2011.– №12. – с.15-22.
2. SmartGrids SRA 2035. Strategic Research Agenda: Update of the SmartGrids SRA 2007 for the needs by the year 2035 // European Technology Platform SmartGrids. – Brussels: SMART GRIDS, 2012. – p.74.
3. «Grids 2030». A National Vision for Electricity's Second 100 years. Office of Electric Transmission and Distribution of USA Department of Energy, 2003.
4. The National Energy Technology Laboratory. «A vision for the Modern Grid». March 2007.
5. Кобец Б.Б., Волкова И.О., Огороков В.Р. Smart Grid как концепция инновационного развития электроэнергетики за рубежом // Энергоэксперт. – 2010. – №2.

ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Боголюбова М.Н., Охотин И.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Создание и применение электронных образовательных ресурсов (ЭОР) является неотъемлемой частью современного учебного процесса. Одним из актуальных направлений применения ЭОР является интенсификация учебного процесса.

Анализ факторов интенсификации обучения показал, что основными из них являются:

- увеличение информативной емкости содержания образования;
- повышение темпа учебных занятий за счет компьютерных технологий;
- применение активных методов и форм обучения;
- поисковая деятельность при выполнении научного и учебного эксперимента;
- развитие профессиональных и научно-исследовательских навыков при выполнении НИРС и НИР;
- повышение целенаправленности обучения, и др.

В соответствии с особенностями рассмотренных факторов, разработан информационно-образовательный комплекс на основе ЭОР, который состоит из трех подсистем:

- контрольная (тестирующая),
- обучающая (активная),
- поисковая (инициативная).

Разработаны принципы создания структуры информационно-программного комплекса, включающего следующие разделы:

- Интерпретация и формализация понятий и терминов предметной области;
- Разработка инструментальных средств пользователя;
- Разработка программного обеспечения;
- Организация информационной коммуникации между пользователем и компьютером.

Принципы формализации понятий предметной области выполнены на основе декомпозиции определенной темы по уровням сложности изучаемого материала.

Основные принципы формирования инструментального и программного обеспечения, информационно-программного комплекса

разработаны на основе языка Delphi, пакетов прикладных программ, Internet-технологий, информации периодических изданий и др. источников[2,3].

Принципы взаимодействия пользователя с компьютером осуществляются в интерактивном режиме работы.

Разработана система тестирования, которая предназначена для контроля знаний студентов любого уровня сложности: входного, текущего, итогового контроля, контрольных работ, зачетов, экзаменов, а также можно проводить тестирование студентов, чтобы выяснить их уровень знаний, умений и навыков и сформировать учебные задания на основе результатов тестирования и с учетом профессиональной направленности их обучения.

Задания хранятся в базе данных, которые создаются и редактируются преподавателями, по определенным учебным дисциплинам. Интерфейс системы тестирования не зависит от конкретной дисциплины и позволяет сформировать единый банк заданий по различным темам.

Контрольно-справочная часть предполагает наличие: перечня вопросов для самопроверки изучаемого материала и заданий для компьютерного тренинга.

В ходе тестирования в заголовке экрана выводятся номер текущего задания и общее количество заданий в тесте, что позволяет тестируемому оценить объёмы проделанной и предстоящей работы.

В качестве правильного ответа на задание тестируемый выбирает:

- 1) подходящую альтернативу (альтернативный выбор),
- 2) отмечает все подходящие элементы множества (множественный выбор),
- 3) вводит свободный ответ (параграф) в виде текстового или графического документа.

Альтернативный и множественный выбор позволяет получить быстрый результат. Ввод свободного ответа (параграф) предполагает проверку данных преподавателем.

После завершения работы с тестом программа выводит последний экран, на котором указаны:

- название темы;
- количество представленных заданий;
- количество использованных минут;
- количество правильных ответов;
- количество набранных баллов (по 100-балльной шкале) и др. информацию.

Пример контрольного материала по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» кафедры ТАМП изображен на рис.1.

Результаты тестирования позднее можно обработать с помощью другой программы.

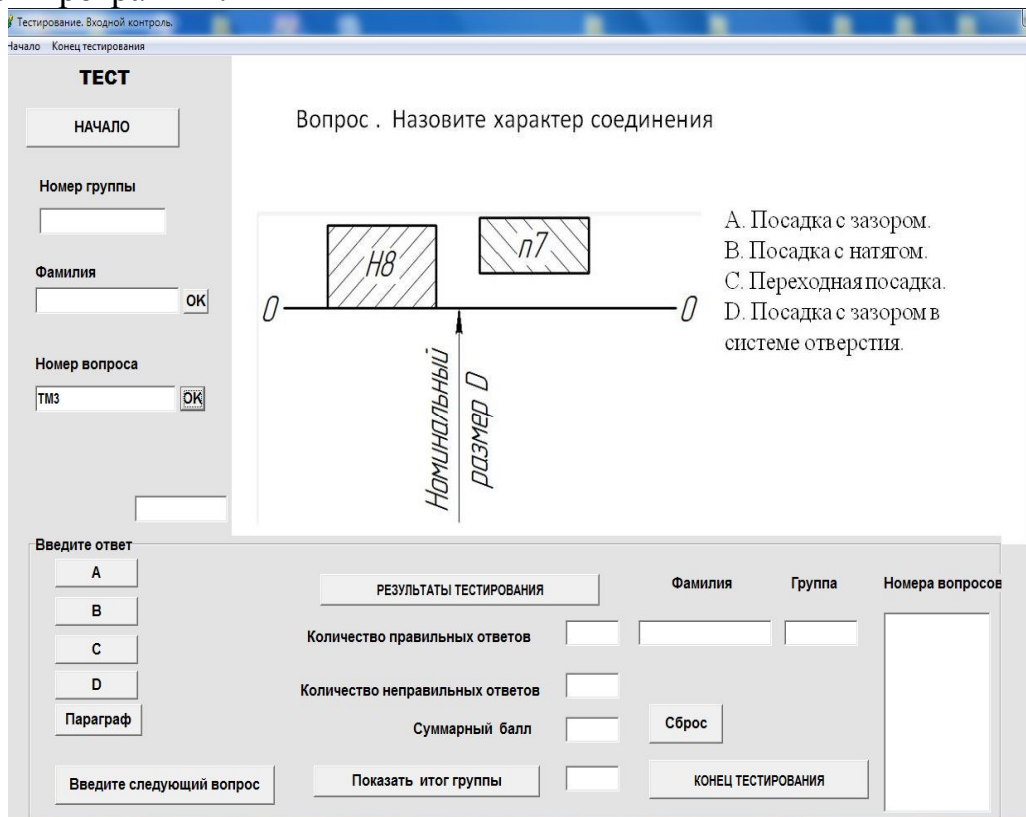


Рис. 1. Общий вид окна результатов тестирования

Система тестирования позволяет:

- создавать любые темы тестирования;
- вводить задания и варианты ответов на вопросы;
- использовать графические изображения в заданиях по темам тестирования;
- оценивать результат тестирования (рис. 1);
 - устанавливать балл для оценки знаний;
 - накапливать и обрабатывать результаты тестирования;
 - вести список тестируемых;
 - устанавливать время ответа на вопросы темы, а также ввести дифференцированный подход по временному параметру к участникам тестирования;
- ограничивать доступ тестируемых к просмотру и редактированию данных;
- сопоставлять ответы тестируемых с правильными вариантами ответов;
- сохранять во внешнем файле результаты тестирования и др.

Протокол каждого сеанса тестирования сохраняется в отдельном закрытом файле.

Опыт творческой работы, накапливаемый студентами в процессе обучения, позволяет улучшать качественные и количественные показатели эффективности образовательного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования (ГОС ВПО). <http://www.edu.ru/db/portal/spe/index.htm>.

2. Боголюбова М.Н., Савельева Н.Н. Организация обучения и мониторинга знаний студентов на базе WebCT // Вестник Московского городского педагогического университета. Вып. Информатика и информатизация образования, 2008. - т.5 (15).

3. Савельева Н.Н., Боголюбова М.Н., Проскуряков П.Ю. Конструкторско-технологическая подготовка студентов механиков на основе электронных образовательных ресурсов // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6 (часть 2). – стр388-391.

НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ РУСурсОЭФФЕКТИВНОСТИ В МОБИЛЬНОСТИ В IT-ОТРАСЛИ

Стрельников А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Введение

Специфика информационных технологий заключается в особенностях потребляемых ресурсов и производимых эффектов. Основными потребляемыми ресурсами здесь являются: труд (интеллектуальный ресурс), энергия (чаще всего электрическая) и программно-технические средства.

Основными эффектами, т. е. положительными результатами реализации информационных технологий являются: снижение трудоемкости (повышение производительности) процессов использования информационного ресурса; повышение надежности (снижение рисков сбоя) функционирования информационных систем; повышение оперативности (скорости обработки) информации.

В этом свете ресурсоэффективность в контексте информационных технологий будет представлять собой нацеленность на получение максимального результата (производительности труда, надежности информационной системы и скорости обработки информации) от

использования необходимых ресурсов (труд, энергия, программно-технические средства), в рамках требований экономичности, устойчивости и экологичности.

Использование достижений миниатюризации и повышения мобильности в IT-отрасли

Современные требования к компонентной базе IT-аппаратуры отличаются жесткими требованиями к энергопотреблению. Это связано прежде всего с требованиями миниатюризации и мобильности современной IT-аппаратуры – чем меньше энергии потребляют компоненты устройства, тем более легкий и компактный аккумулятор будет необходим устройству. Таким образом, следуя моде или отдавая дань экологическим потребностям общества производители IT-отрасли в 1992 году ввели в обращение концепцию «Green IT» («зеленые» IT-решения). Этим термином обозначали такие продукты, которые обеспечивали бы максимум производительности при минимальных затратах энергии. Такие устройства создают минимальный «углеродный след» – вред природе, который наносится при производстве электроэнергии.

Строительной единицей процессора компьютера является транзистор, реализующий простейшие логические операции двоичной (битовой) логики. На одном кремниевом кристалле площадью 1—2 см² могут разместиться несколько миллиардов транзисторов [1]. Чем больше транзисторов удастся разместить на одной и той же площади кристалла, тем меньше им нужно энергии для выполнения одной и той же задачи, и тем меньше тепла они выделяют в ходе этой работы. Не говоря уже о том, что это позволяет создавать более компактные устройства (рис. 1). Поэтому практически каждые два-три года производители IT-компонентов переходят от одного стандарта миниатюризации к более эффективному (технологические нормы техпроцесса – 65 нм, 45 нм, 32-нм). Революционной технологией стали 22-нм процессоры, в которых используются 3D-транзисторы Intel Tri-Gate [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Их структура состоит из нескольких слоев компонентов, что позволяет обеспечить низкое энергопотребление при высокой производительности. По сравнению с первым процессором Intel 4004, выпущенным в 1971 г., новые процессоры работают в 4 тыс. раз быстрее, потребляют в 5 тыс. раз меньше, а их цена в пересчете на один транзистор сократилась в 50 тыс. раз.

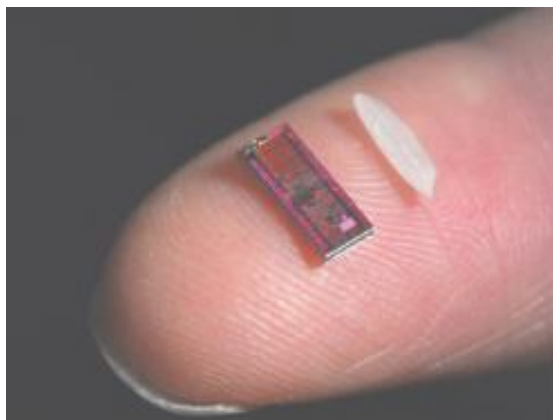


Рис.1. Размеры современного микропроцессора

Поэтому использование современных IT-устройств позволяет получить дополнительный эффект в энергосбережении, так как устаревшее оборудование требует больше затрат на охлаждение и питание, чем современное.

Эффективность энергооборудования

Потери электроэнергии в основном возникают при преобразовании электричества, и в проводниках, выделяющих тепло. Потери на трансформацию энергии можно снизить путем выбора оборудования с максимальным КПД в основных режимах эксплуатации. В крупных ЦОД источники бесперебойного питания (ИБП) пропускают через себя мегаватты электричества, поэтому повышение их КПД способно существенно сократить расходы.

При сравнении КПД ИБП следует учитывать, что в большинстве ЦОД нагрузка вводится в эксплуатацию постепенно, поэтому системам бесперебойного электропитания большую часть времени приходится работать при неполной загрузке. Для ИБП, как правило, КПД близок к максимальному при уровне загрузки 60–90 %. Если реальное потребление меньше 50 %, КПД источника быстро падает – вплоть до 60 % и ниже [3]. Чтобы избежать огромных потерь электроэнергии, схему подключения следует формировать таким образом, чтобы оборудование работало в наиболее эффективном режиме. Более выгодным оказывается полная загрузка одного ИБП, чем распределение нагрузки между двумя ИБП, которые всегда работают с нагрузкой менее 50 %, что влечет за собой потери электроэнергии, уходящей в тепло. К тому же это тепло надо выводить из помещения, а значит, электроэнергия расходуется еще и на кондиционирование. Поэтому следует выбирать новейшие модели ИБП с более высоким КПД в самом широком диапазоне мощностей. В новейших разработках ведущих производителей при уровне нагрузки от 0,3 до 1 этот показатель изменяется в пределах 0,5–1 % [4].

Потери на тепло в проводниках, кабельных трассах, распределительных щитах, блоках распределения (PDU) достаточно малы, однако и ими не стоит пренебрегать. Длина магистралей силовых кабелей должна быть заранее минимизирована. Кроме того, не стоит увлекаться нагрузкой с питанием от 48В – при таком низком напряжении потери тепла в проводах заметно выше.

Следует избегать перекоса фаз. Для этого нужно осуществлять централизованный мониторинг баланса фаз, а также отслеживать нагрузку по фазам непосредственно в стойках. Эти же меры снизят вероятность сбоя оборудования в результате перегрузки. По возможности рекомендуется использовать трехфазную нагрузку [5].

Оптимизация использования периферийного оборудования

По аналогии с совместным использованием рабочей группой дорогостоящего вспомогательного ПО, добиться оптимизации ресурсов возможно при помощи «обобществления» периферийных IT-устройств – принтеров, плоттеров, сканеров, факсов и т. п. С появлением сетевого интерфейса у периферийных устройств (прежде всего у принтеров), их совместное использование стало офисным стандартом. Теперь принтер не нужно обязательно подключать к какому-то компьютеру или выделенному принт-серверу. Он подключается напрямую в локальную сеть и доступен всем её пользователям.

Совместное использование периферийных устройств позволяет выровнять рабочую нагрузку между ними, повысить доступность дефицитных периферийных устройств (например плоттер или цветной лазерный принтер может быть в компании в единственном числе). В случае поломки принтера в вашем кабинете, вы всегда сможете распечатать документ на принтер в соседнем кабинете. Помимо этого, обобществление периферийных устройств помогает сократить их необходимое количество в организации по чисто психологическим и социальным причинам. Раньше практически каждый сотрудник просил себе отдельный персональный принтер, потому что «у коллеги же уже есть, чем я хуже», наличие устройства на рабочем столе подчеркивало его статус в коллективе. Сейчас принтер становится таким же общим оборудованием, как кулер с водой или холодильник – чаще всего достаточно одного принтера на одну комнату. Как вы уже догадались – уменьшение количества периферийных устройств позволит сократить затраты на расходные материалы и обслуживание [6]. Кроме того у «больших» печатающих устройств стоимость 1 копии получается значительно дешевле, что дает дополнительную экономию, если например заменить 10 персональных принтеров на один мощный принтер рабочей группы.

Заключение

Другим способом оптимизировать затраты на периферийные устройства стал переход от использования отдельных периферийных устройств к использованию МФУ – многофункциональных периферийных устройств. МФУ включает в свой состав печатающее устройство, сканер и модем, позволяя объединять в одном корпусе функции принтера, копировального аппарата, сканера и факса. Добавляя сюда сетевой интерфейс, получаем экономичное и универсальное офисное решение для рабочей группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Видяев И.Г. Основные инструменты регулирования социально-экономического развития территорий // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – № 6 (315). – С. 13-17.

2. Монастырный Е.А., Видяев И.Г. Структурная модель социальной сферы // Экономика и управление. – 2007. – № 4. – с. 172-175.

3. Видяев И.Г. Комплексная модель региональной системы инновационного типа // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – № 6 (312). – с. 24-27.

4. Мартюшев Н.В., Синогина Е.С., Шереметьева У.М. Система мотивации студентов высших учебных заведений к выполнению научной работы // Вестник Томского государственного педагогического университета = Tomsk State Pedagogical University Bulletin. – 2013. – № 1. – с. 48-52.

5. Yakovlev A.N., Kostikov K.S., Martyushev N.V., Shepotenko N.A., Falkovich Yu.V. Institute of high technology physics experience in masters of engineering and doctoral training: the platform for cooperation with russian and international companies in the domain of material science and physics of high energy systems // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – № 11-3 (55). – с. 261-263.

6. Пашков Е.Н., Мартюшев Н.В. MATERIALS AND ENGINEERING SCIENCE (УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 2. – С. 126-127.

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ

Гаврикова Н.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Интегрированная система менеджмента (ИСМ) представляет собой совокупность нескольких систем менеджмента, внедренных на предприятии, управление которыми осуществляется совместно.

В последнее время многие организации, ставящие перед собой цели повышения эффективности использования ресурсов, внедряют ИСМ.

Наиболее распространенными составляющими ИСМ организации являются:

1. Система менеджмента качества, соответствующая МС ИСО 9001;
2. Система экологического менеджмента, соответствующая ИСО 14001;
3. Система менеджмента охраны труда и производственной безопасности, соответствующая OHSAS 18001 (ГОСТ 12.0.230-2007),

Ресурсоэффективность в системах менеджмента качества обеспечивается за счет совокупности организационной структуры, методик и процессов, направленных на постоянное улучшение деятельности и повышение конкурентоспособности организации на отечественном и мировом рынках. Эта система призвана повышать степень удовлетворенности потребителей путем повышения качества производимой продукции. Эта задача решается не за счет тотального контроля, а за счет стабилизации уровня качества всех процессов организации – минимизации сбоев в работе, приводящих к ошибкам. Причиной брака всегда являются неправильные действия.

Повышение ресурсоэффективности при внедрении системы менеджмента качества обеспечивается за счет:

- Повышения эффективности использования трудовых ресурсов за счет четкого распределения полномочий и ответственности, регулирования взаимодействий между подразделениями и исполнителями;
- Повышение эффективности использования основных фондов и материальных ресурсов за счет уменьшения непроизводительных затрат путем исключения брака, производственных потерь, рекламаций.

Система экологического менеджмента, в свою очередь, обеспечивает основу для повышения эффективности экологической ответственности. Часто, базой для создания такой системы выступают системы менеджмента качества.

Согласно определению ISO 14001, система экологического менеджмента – это составная часть системы менеджмента, в которой организационная структура, планирование деятельности, распределение обязанностей и ответственности и другие действия, направлены на совершенствование политики организации или предприятия в области экологии.

Цели, которые стоят перед внедряемой системой экологического менеджмента ISO 14001, следующие:

- Снижение негативного воздействия предприятия на окружающую среду;
- Рост экологической эффективности работы предприятия;
- Снижение образования отходов, квалифицированная переработка отходов.

Система OHSAS внедряется с целью создания безопасных и здоровых условий труда и обеспечивает базовый подход, позволяющий организации последовательно идентифицировать и контролировать риски для здоровья и безопасности, снижать вероятность несчастных случаев, соответствовать законодательным нормам и повышать общую эффективность работы.

Основа системы менеджмента – определение и управление рисками в области профессионального здоровья и производственной безопасности с целью улучшения показателей организации в этой области.

В OHSAS 18001 содержатся определения основных понятий. Так "опасность" определяется как "элемент деятельности компании, источник или ситуация, которая потенциально может: нанести вред человеку или привести к ухудшению здоровья, нанесению ущерба собственности, производственной среде или сочетание всего перечисленного", а "риск" – как "сочетание вероятности и последствий конкретного опасного случая". Определение опасностей и оценка рисков в области профессионального здоровья и безопасности – это инструмент для:

- оценки возможных потерь компании или организации, связанных с аварийными ситуациями и инцидентами, травмами и профессиональными заболеваниями;
- определения контрольных точек – наибольших рисков и приоритетных направлений для постановки целей, планирования и вложения средств компании в самые важные и проблемные сферы;
- предупреждения аварийных ситуаций, а также оперативного и результативного реагирования в случае аварий [1].

В соответствии популярной сегодня концепцией Устойчивого развития общества, при планировании и реализации проектов по повышению ресурсоэффективности, необходимо сохранять баланс между

экономической, социальной и экологической эффективностью. На наш взгляд, интегрированные системы менеджмента являются единственным инструментом, позволяющим комплексно подойти к вопросу ресурсоэффективности и обеспечения баланса этих трех составляющих. Так, экономическая эффективность обеспечивается за счет управления качеством продукции и обеспечением результативности процессов организации, социальная – за счет обеспечения здоровья и безопасности персонала, экологическая – за счет управления экологическими рисками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зеркалов Д.В. Безопасность труда в сфере охраны здоровья (Электронный ресурс) Монография. К.: Основа, 2011
2. ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.rgost.ru/>
3. ГОСТ ISO 9001-2011. Системы менеджмента качества. Требования. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.rgost.ru/>
4. ГОСТ Р ИСО 14001 – 2007. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.rgost.ru/>

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ ЭНЕРГОАУДИТА

Видяев И.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Сегодня многие аудиторы при проведении обследования предприятия на определение потенциала потребления энергоресурсов руководствуются Федеральным законом Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1]. Данный закон четко регламентирует данный процесс, однако не содержит конкретного алгоритма проведения данной процедуры, описывающей каждый конкретный шаг аудитора. В связи с чем при проведении энергоаудита многие оценочные предприятия вынуждены самостоятельно додумывать не которые свои действия.

В рамках нашей статьи постараемся выразить нашу точку зрения на проведение энергоаудита.

Под энергоаудитом будем понимать обследование предприятий, организаций и отдельных производств по их инициативе с целью определения возможностей экономии потребляемой энергии и помощи предприятию в осуществлении экономии на практике путем внедрения механизмов энергетической эффективности, а так же с целью внедрения на предприятии системы энергетического менеджмента.

Основной целью энергетического аудита является поиск возможностей энергосбережения и помощи субъектам хозяйствования в определении направлений эффективного энергоиспользования.

Достижение данной цели становится возможным при соблюдении четкой последовательности действий, т.е. методики, которую мы опишем чуть ниже. Основу этой методики проведения энергоаудита образует структура его проведения, которая представляет собой совокупность методов, используемых при проведении аудита и образующих алгоритм реализации этого процесса.

Структурно это можно выразить через следующую последовательность:

Шаг 1. Мотивация проведения энергоаудита.

Каждый из шагов представляет собой этап, характеризующийся набором аналитических инструментов, позволяющих ответить на поставленные вопросы в рамках его. Для первого этапа данный перечень вопросов имеет следующий вид:

Чем определяется потребность в проведении энергоаудита?

Кто заинтересован в энергоаудита?

Кто не заинтересован в энергоаудита?

Шаг 2. Определение целей и задач энергоаудита

В рамках второго этапа перечень вопросов имеет следующий вид:

Что будет объектом энергоаудита?

Каковы цели и энергоаудита?

Как будут использоваться результаты энергоаудита?

Каковы возможные результаты энергоаудита?

Шаг 3. Планирование энергоаудита. Разработка структуры энергоаудита

Для третьего этапа данный перечень вопросов имеет следующий вид:

Кто является заказчиком (пользователем) энергоаудита и ее исполнителем?

Какие поставлены вопросы анализа– параметры – индикаторы?

Каковы методы проведения энергоаудита?

Какие данные необходимы?

Каковы сроки проведения энергоаудита?

Какова форма отчетности?

Ресурсное обеспечение энергоаудита?

Шаг 4. Сбор данных

Для четвертого этапа данный перечень вопросов имеет следующий вид:

Каковы виды и объем информации?

Каковы механизмы сбора?

Каковы источники информации?

Шаг 5. Анализ данных.

В рамках пятого шага проведения энергоаудита необходимо найти ответ только на один вопрос: каковы методы проведения энергоаудита? Ответ на данный вопрос содержится в федеральном законе [1].

Шаг 6. Подготовка отчета об энергоаудите.

Эффективность шестого этапа напрямую сказывается на результатах деятельности аудитора. Насколько правильно он сделает выводы и преподнесёт их в рамках отчета зависит, в конечном счете, деятельность промышленного предприятия по снижению энергоэффективности производства. Поэтому отчет должен содержать объективную, однозначно трактуемую информацию. Для достижения этого в рамках данного этапа необходимо ответить на следующие вопросы:

Каков формат отчета?

Содержательные акценты отчета

Каковы выводы энергоаудита и рекомендации?

Ответы на эти вопросы позволит правильно преподнести результаты аудита заказчику.

Шаг 7. Использование результатов энергоаудита связано с ответами на следующие вопросы:

Направления анализа итогов энергоаудита

Что делать дальше?

План дальнейших действий

Реализация данного этапа целиком и полностью ложится на «плечи» руководства организации заказавшей энергоаудит. Однако именно провал при внедрении результатов энергоаудита часто списывается на некорректно составленный отчет энергоаудитора. Поэтому для аудитор очень важно провести, пусть и сторонний, контроль внедрения результатов его деятельности на предприятии-заказчике.

К сожалению, в рамках данной статьи нам не удастся глубоко прописать процедуры каждого из этапов, поэтому это мы сделаем в других наших работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОЙ МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Гаврикова Н.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Планирование является основой организационного и экономического развития предприятия. Задача обеспечения ресурсоэффективности функционирования требует слаженной работы всех структурных подразделений предприятия, а планирование позволяет разработать комплекс средств и методов, обеспечивающих разработку и внедрение инструментов повышения ресурсоэффективности.

Планирование повышения ресурсоэффективности может осуществляться с использованием программно-целевого метода планирования, который представляет из себя процесс выработки не единого, а совокупности разнообразных, разнохарактерных решений, принимаемых на разных уровнях управления, но тесно связанных между собой для достижения цели повышения эффективности использования ресурсов организации.

Результатом такого планирования является программа повышения ресурсоэффективности.

Традиционно, процесс формирования программы включает в себя следующие этапы:

1. Оценка и выбор проблем, для которых будут разрабатываться мероприятия программы
2. Формирование и оптимизация мероприятий
3. Организация системы управления мероприятиями программы
4. Координация и контроль выполнения работ по программе.

Рассмотрим в общих чертах содержательную структуру программы ресурсоэффективности предприятия:

Целевой блок содержит целевые значения по повышению эффективности использования отдельных видов ресурсов предприятия и

подцели на разных уровнях системы управления организацией. Этот блок формулирует поставленные перед программой цели и ожидаемые результаты от реализации программы.

Функциональный блок программы представляет собой комплекс взаимоувязанных по срокам и содержанию мероприятий, реализация которых в комплексе обеспечивает достижение, указанных в целевом блоке, целей программы. Все мероприятия программы условно можно разделить на две группы: основные, непосредственно обеспечивающие повышение ресурсоэффективности предприятия и вспомогательные, реализация которых необходима для осуществления основных.

Исполнительный (адресный) блок программы формируется для согласования мероприятий программы с учетом задействованных исполнителей подразделений предприятия, участвующих в реализации программы ресурсоэффективности, и их загрузки.

Ресурсный блок характеризует общую потребность программы в ресурсах. Т.е. данный блок включает объемы и виды материальных, трудовых, информационных, финансовых ресурсов, необходимых для реализации программы, и источники, из которых они могут быть привлечены.

Таковыми источниками ресурсов для обеспечения программы повышения ресурсоэффективности могут выступать:

- собственные источники: амортизационные отчисления, прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия, средства от реализации активов, акционерный капитал;
- заемные источники: банковские кредиты;
- Лизинговые инвестиции: финансовый, оперативный и возвратный лизинг.

Организационный блок программы описывает особенности и порядок ее разработки, состав и ответственность задействованных в реализации программы специалистов организации. Организационный блок содержит планы реализации программы.

Очевидно, что ключевым разделом программы повышения ресурсоэффективности является ее функциональный блок, представленный совокупностью мероприятий программы, каждое из которых направлено на ресурсосбережение и ресурсоэффективность в отношении отдельных процессов организации/видов ресурсов.

Мероприятия организационного блока программы повышения ресурсоэффективности могут формулироваться по следующим направлениям:

- научные исследования и разработки, проведение экспериментов, испытаний, ведение разработок, направленных на повышение

ресурсоэффективности производства и эксплуатации продукции предприятия;

- строительство новых производственных объектов, техническое перевооружение, модернизация, реконструкция действующих объектов, направленная на повышение эффективности использования экономических ресурсов, необходимых для реализации производственных процессов предприятия: материальных и энергетических ресурсов, основных фондов, трудовых ресурсов;

- реализация новых управленческих технологий, направленных на оптимизацию использования тех или иных видов экономических ресурсов предприятия;

- закупка сырья, материалов, оборудования, услуг, информации, необходимых для повышения ресурсоэффективности;

- обеспечение потребностей участников программы повышения ресурсоэффективности в обучении и повышении квалификации.

Условием включения тех или иных мероприятий в программу повышения ресурсоэффективности является коммерческая эффективность мероприятия.

Показатели коммерческой эффективности мероприятия учитывают финансовый результат его осуществления для предприятия. Они в целом характеризуют с экономической точки зрения целесообразность технических, технологических и организационных решений. Расчет коммерческой эффективности позволяет осуществить выбор из технически равнозначных вариантов мероприятий для включения в программу.

Таким образом, главная проблема, на решение которой должно быть направлено внимание при планировании повышения ресурсоэффективности деятельности предприятия является выбор наиболее приемлемого с точки зрения всех заинтересованных сторон варианта. Критериями, которыми необходимо руководствоваться при выборе оптимального варианта, являются: обеспечение экономической эффективности на условиях максимизации показателей эффективности использования всех видов экономических ресурсов предприятия.

Учет всех этих факторов возможен только при условии комплексного подхода к повышению ресурсоэффективности: рассмотрению процесса планирования ресурсоэффективности с позиций программно-целевого метода, обеспечивающего согласованность целей, мероприятий, исполнителей и ресурсов программы повышения ресурсоэффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дульзон А.А., Ушаков В.Я., Чубик П.С. Ресурсоэффективность - основа устойчивого развития цивилизации// Известия ТПУ. 2012 №6. С.39-46.
2. Янковская В.В. Планирование на предприятии: Учебник./ В.В. Янковская. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 184 с.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ В МЕТАЛЛУРГИИ

Видяев И.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Процесс оценки любого объекта имеет четкую последовательность действий, которые необходимо совершить для того, чтобы измерить состояние объекта или получить представление об изменении его состояния. Данная последовательность действий называется алгоритмом оценки объекта. Для оценки ресурсоэффективности в металлургии данная последовательность действий включает в пять этапов.

1. Формирование оценочной команды
2. Выбор продукта
3. Анализ цепочки создания добавленной стоимости продукта
4. Оценка текущего состояния продукта
5. Разработка рекомендаций по совершенствованию эффективности использования ресурсов при изготовлении и эксплуатации продуктов

Шаг 1: Формирование оценочной команды

Команда должна быть организована на ранней стадии. В случае с малым бизнесом, команда может состоять только из директора и одного или двух сотрудников. В крупных металлургических предприятиях, необходимо включить представителей разных подразделений организации, таких как научные исследования и разработки, обслуживание потребителей, производства, охраны окружающей среды, здоровья и безопасности, закупки и транспортировки и т. д. Важно выбрать не только тех сотрудников, которые компетентны в разработке продукта, инноваций, производства и маркетинга процессов, но и тех сотрудников, которые несут ответственность за реализацию и знают внутренние процессы управления очень хорошо. Кроме того, точки зрения потребителя должна быть интегрирована в работу команды [2].

Шаг 2: Выбор продукта металлургического производства

Для того, чтобы решить, какой продукт металлургического производства следует улучшить, нужно провести сравнение нескольких информационных продуктов, которые производятся организацией, или несколько концепций продуктов, которые собираются изготавливать, с той целью, чтобы выбрать из них менее ресурсосберегающий. Анализ и сравнение экономических и технических характеристик отдельных видов продукции позволяет провести оценку сравнительной эффективности информационных продуктов и уточнить, какой продукт наиболее подходит для начала совершенствования.

Оценку продуктов проводят экспертным методом с помощью оценочных карт [4]. Данный метод позволяет быстро проводить оценку товара, но его точность не высока. Для того, чтобы избежать этой проблемы рекомендуется привлекать больше специалистов из различных структурных подразделений организации, занимающихся разного видами деятельности. По этому эффективность данного шага напрямую зависит от того, насколько серьезно отнеслось дирекция организации и руководитель команды к подбору в нее специалистов.

Критерия для сравнения подбираются исходя выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

После анализа с помощью суммарных оценок, полученных в оценочной карте, выбирается менее ресурсоэффективный информационный продукт или услуга, который в дальнейшем будет выступать в качестве объекта исследования эффективности использования ресурсов при его изготовлении.

Шаг 3: Анализ цепочки создания добавленной стоимости продукта

Команда может достичь общего и целостного понимания информационного продукта (услуги) необходимо провести анализ не только его конструкторских особенностей, но и технологических аспектов его изготовления. Осуществить это возможно с помощью подхода, предложенного М. Портером, по изучению цепочки формирования ценности (стоимости). Данный подход позволяет выделить все процессы создания, распространения и эксплуатации информационной технологии или системы и определить, где формируется самая большая добавленная стоимость при изготовлении, распространении и эксплуатации информационного продукта, и относительную важность различных процессов и действующих лиц, ответственных за эти процессы, на каждом из этих этапов [1].

Полученная с помощью выделения процессов общая картина изготовления и реализации продуктов металлургии дает возможность получить целостное представление о текущей производительности

(ресурсоэффективности) продукта и величине затрат на различных этапах его жизненного цикла. Обзор процессов и деятельности по всей цепочке создания добавленной стоимости позволяет определить наиболее затратные этапы и, следовательно, выявить возможности для применения ресурсосберегающих технологий.

Шаг 4: Оценка текущего состояния продукта

На этом этапе целью является получение общего представления о текущей ресурсоемкости продукта. Это является хорошей основой для определения общих возможностей для улучшения. Для этого разрабатывает оценочная карта, аналогичная той, которую рассматривали на втором шаге [3].

Шаг 5: Разработка рекомендаций по совершенствованию эффективности использования ресурсов при изготовлении и эксплуатации продуктов.

В рамках данного этапа осуществляется выработка рекомендаций по повышению ресурсоэффективности при изготовлении и использовании продуктов в соответствии с определенными целями руководством организации.

Рекомендации по использованию результатов оценки должны строго соответствовать выводам, сделанным командой, являться их логическим продолжением. Они могут касаться различных аспектов ресурсоэффективности информационного продукта (услуги) или общих условий, в которых будет совершенствоваться продукт. Рекомендации могут носить как общий характер (изменение концепции информационного продукта, введение новой технологии его изготовления и т. д.), так и более частный характер (совершенствование отдельных составляющих информационного продукта, изменение отдельных подходов к предоставлению услуги и т. д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Демьянова О.В. Добавленная стоимость как элемент эффективности региональной экономической системы // Проблемы современной экономики. – 2010. – №1 (33).

2. Lettenmeier M. Recourse productivity in 7 steps. How to develop eco-innovative products and services and improve their material footprint / Lettenmeier M., Rohn H., Liedtke C., Schmidt-Bleek F. – Hitzegrad, 2009. – 60 p.

3. Видяев И. Г. , Ивашутенко А. С. , Мартюшев Н. В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и

образования. - 2013 - №. 5. - С. 1-6. - Режим доступа: <http://www.science-education.ru/111-10147> [8428-2013]

4. Видяев И. Г. , Мартюшев Н. В. , Ивашутенко А. С. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2013 - №. 5. - С. 7-11. - Режим доступа: <http://www.science-education.ru/111-10240>

РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕЙ ОБМЕНА ДАННЫМИ И ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ

Мартюшев Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Введение

Современные IT-системы невозможно представить без обмена данными посредством локальных и глобальных сетей. Часто пропускная способность сети (возможность передать некий объем данных за короткое время) является критически важным параметром IT-системы. Это особенно характерно для территориально распределенных компаний, или компаний, в которых сотрудники много работают вне офиса. Такие организации, чтобы не затормаживать бизнес-процессы, вынуждены создавать или арендовать каналы передачи данных с «запасом прочности» пропускной способности сети. Однако, обычно большую часть времени такой дорогостоящий канал используется не оптимально – как правило он не загружен. Как показывает практика, для того, чтобы риск перегрузки канала связи оказался минимальным, его средняя загрузка не должна превышать 15-20 % [1]. Сетевые администраторы считают такие условия наиболее подходящими для хорошей работы канала, но, по мнению экономистов, этот подход разорителен для компаний.

Выходом из такой ситуации могут служить различные технологии оптимизации сетевого трафика (данных, передаваемых по сети), позволяющие уменьшить стоимость владения каналами передачи данных: наиболее популярная из них – технология QoS – «Quality of Service» [2]. Эта технология предоставляет различным классам трафика различные приоритеты в обслуживании. Таким образом приоритетный трафик (например IP-телефония) передается с высшим приоритетом, трафик корпоративной информационной системы передается со средним приоритетом, а трафик любителей побродить по Интернету получает

низший приоритет. Чтобы разделять различные классы трафика, в полях заголовков пакетов различных сетевых протоколов (Ethernet, IP, ATM, MPLS и др.) присутствуют специальные поля, выделенные для маркирования трафика.

Метод адаптивной компрессии (Adaptive Packet Compression) трафика поддерживает различные алгоритмы сжатия информации для обработки данных форматов данных (TXT, HTML, PDF и ряда других). Они в реальном времени сжимают пакеты трафика в точке входа и возвращают их к первоначальному виду в точке выхода. Таким образом передаваемый трафик становится значительно меньше по объему, что позволяет увеличить скорость передачи данных.

Метод селективного кэширования («selective caching») анализирует информацию в поле данных пакета данных. В случае повторения ранее переданных данных по каналу связи, вместо пакета данных передается соответствующая командная метка. А на выходе из канала эта метка заменяется таким же пакетом из ранее переданного трафика. Таким образом, Selective Caching в масштабе реального времени принимает решение – есть ли необходимость в передаче пакета.

Действенным методом повысить эффективность работы канала является контроль производственной необходимости трафика. Не секрет, что сотрудники используют компьютеры на работе не только в служебных целях, а в том числе и для развлечения. Перекачивание фильмов, просмотр «прикольных» роликов всем отделом, присутствие в социальных сетях – эти и другие источники паразитного трафика должны быть взяты под контроль и, либо вообще запрещены административными и техническими мерами, либо такому трафику должен быть присвоен наиболее низкий приоритет.

В современной организации расходуется масса бумаги на печать внутренних документов. Обычно они печатаются для всех заинтересованных лиц, каждая рабочая версия документа может потребовать перепечатывания и повторного распространения документа. Переход от бумажного делопроизводства к электронному формату позволяет сократить временные затраты сотрудников на обработку и распространение документов, а так же сократить расходы на бумагу и расходные материалы для множительной техники.

Как же работает документооборот? В любой организации документооборот либо есть, либо его нет [3]. Если организация может существовать в условиях неформального управления («начальник сказал – сделали»), то, очевидно, никакого документооборота в ней не требуется. Если же вводится определенный формализм в управлении компанией и в организации всевозможных деловых процессов (бизнес-процессов), то

рано или поздно возникает необходимость хотя бы часть управленческих механизмов переводить на упорядоченную документационную основу (например, собирать визы в договоре, регистрировать входящие и исходящие письма, чтобы потом можно было найти концы, и т. д.). Другой причиной возникновения документооборота могут стать требования законодательства по формированию документации (например в торговле между юридическими лицами). В результате возникает документооборот.

Если им не управлять, то через некоторое время начинаются проблемы. Например, теряются документы, а потом, когда надобность в них отпадает, они обнаруживаются на своем обычном месте. Или руководитель подписывает договор, в котором указана неверная сумма и вдобавок нет визы сотрудника, непосредственно отвечающего за его выполнение. Ситуации, знакомые практически всем. Очевидно, что, наводя порядок, руководители компаний находят организационные решения тех или иных проблем документооборота, примерно соответствующие уровню задач каждой компании. Часто придумывают разумную схему размещения файлов на сервере, чтобы документы все же можно было найти, и используют электронную почту как базовое средство передачи документа на согласование и для контроля исполнения. Однако эти частичные меры работают только до определенного момента. Дальше, когда компания ставит перед собой все более сложные задачи и вдобавок растет в размерах, таких средств хранения информации, обеспечения взаимодействия и контроля выполнения поручений начинает не хватать. Здесь и способна помочь система электронного документооборота (СЭД).

Нам в рамках курса по изучению средств повышения ресурсоэффективности в первую очередь волнует вопрос об экономической эффективности использования систем электронного документооборота. Говоря об эффективности, будем рассматривать эффективность как достигаемый результат деятельности, отнесенный к затратам на его достижение (Эффективность = Результат/Затраты). Хорошие системы электронного документооборота позволяют оптимизировать оба операнда этой формулы. Образно говоря, внедрение СЭД дает организации возможность меньше тратить и больше зарабатывать.

Итак, факторы, способствующие снижению затрат: сокращение затрат на бумажные документы, их печать и распространение; сокращение непроизводительных затрат рабочего времени сотрудников; ускорение информационных потоков; рост эффективности бизнес-процессов.

Для оценки возможного экономического эффекта от внедрения системы электронного документооборота необходимо знать, какое время сотрудники организации тратят на выполнение рутинных,

непроизводительных операций над документами. Согласно оценкам западных консалтинговых компаний, доля таких операций может составлять до 20-30 % всего рабочего времени [4]. Каждый, кто хоть раз пытался согласовать какой-либо документ в российских бюрократических организациях, знает, что на это может уйти и 60 и 70 % рабочего времени. Достаточно точное представление о таких затратах можно получить, проведя исследование существующего документооборота и измерив соответствующие показатели.

Сокращение временных затрат при обработке внешних документов позволяет получить значительное конкурентное преимущество и заметный экономический эффект. Допустим торговое представительство при бумажной организации работы способно принять в день в среднем 30 заказов, а время обработки одного заказа составляет примерно 5 дней. Увеличив за счет внедрения СЭД объем обработанных документов и повысив скорость их обработки, компания получит прямую экономическую прибыль, избежит штрафов за срыв сроков выполнения контрактов, уменьшит количество разочарованных клиентов и потенциальных сделок, оказавшихся не реализованными из-за нежелания просидеть в очереди слишком долго [5, 6].

Заключение

Еще один фактор, играющий на стороне СЭД, появился с переносом деловой активности в интернет. Электронная почта, сайты, позволяющие взаимодействовать с партнерами, интернет-магазины, информационные порталы и базы данных документов оперируют электронными носителями информации. Если в организации принят бумажный документооборот, потребуется переводить электронный документ в бумажный вид на входе в организацию и обратно в электронный – на выходе из неё. Поэтому СЭД способна привести документооборот в соответствие с современным реалиям бизнес-среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Монастырный Е.А., Видяев И.Г. Оценка взаимного влияния социальной и инновационной систем региона // Экономика и управление. – 2009. – № 2.5. – С. 40-46.
2. Монастырный Е.А., Видяев И.Г. Методические подходы к моделированию социально-экономической системы региона // Экономика и управление. – 2008. – № 1. – С. 64-68.
3. Мартюшев Н.В. Программные средства для автоматического металлографического анализа // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – С. 79-79.

4. Видяев И.Г. Комплексная модель региональной системы инновационного типа // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – № 6 (312). – с. 24-27.

5. Мартюшев Н.В., Синогина Е.С., Шереметьева У.М. Система мотивации студентов высших учебных заведений к выполнению научной работы // Вестник Томского государственного педагогического университета = Tomsk State Pedagogical University Bulletin. – 2013. – № 1. – с. 48-52.

6. Yakovlev A.N., Kostikov K.S., Martyushev N.V., Shepotenko N.A., Falkovich Yu.V. Institute of high technology physics experience in masters of engineering and doctoral training: the platform for cooperation with russian and international companies in the domain of material science and physics of high energy systems // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – № 11-3 (55). – с. 261-263.

СИСТЕМА ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ, КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Гаврикова Н.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Актуальной проблемой промышленности, на сегодняшний день, является повышение энергоэффективности, снижение удельного веса затрат на энергоресурсы в себестоимости продукции.

Практика современного технологического развития показала, что снижение энергоёмкости продукции основано на внедрении современных технологий и стандартов энергоменеджмента. Повышение уровня энергоэффективности – это не только техническая проблема, требующая технологических решений, но и управленческая проблема. Для решения этой управленческой проблемы разработан международный стандарт ISO 50001:2011.

Международный стандарт ISO 50001 устанавливает требования по внедрению, поддержанию и улучшению системы энергоменеджмента, которая позволит организациям применять системный подход к непрерывному повышению энергопараметров, энергоэффективности и энергосбережению [3], что позволяет снизить себестоимость производимой продукции.

Стандарт ориентирован на организации, которые стремятся гарантировать соответствие деятельности собственной энергополитике и

заинтересованы в демонстрации этой способности заинтересованным сторонам.

Часть требований стандарта ИСО 50001 является менеджерскими (обращенными к управленческому персоналу, в том числе к высшему руководству организации, т.е. ее топ-менеджменту), часть требований носит технический характер и адресована к техническому персоналу.

Основная идея решения управленческой проблемы повышения уровня энергоэффективности заключается в последовательном применении системного подхода к энергоменеджменту. Таким образом, дополнительные возможности повышения уровня энергоэффективности могут быть получены на основе применения стандартной методологии PDCA (Plan-Do-Check-Act), свойственной всем хорошо известным международным стандартам (ISO 9001, 14001 и др.).

Внедрение системы энергоменеджмента осуществляется в несколько этапов:

На первом этапе, после принятия решения о внедрении системы энергоменеджмента, проводится диагностика уже применяемой в организации системы энергоснабжения и энергопотребления или так называемый первичный (диагностический, оценочный) энергоаудит. Критериями такого аудита являются требования стандарта ISO 50001, законодательные требования в области энергосбережения и энергоэффективности.

На втором этапе осуществляется повышение квалификации персонала организации, причем не только персонала энергослужб, но и других подразделений. Это связано с тем, что часть требований стандарта ИСО 50001 является менеджерскими (обращенными к управленческому персоналу), часть требований носит технический характер и адресована к техническому персоналу. Обучение проводится с целью подготовки руководителей и специалистов, составляющих рабочую группу внедрения, для их эффективного участия в этом процессе, а так же обеспечения понимания ими требований стандарта и определения ответственности и полномочий персонала при внедрении и функционировании системы энергоменеджмента.

На третьем этапе осуществляется внедрение ключевых элементов системы энергоменеджмента. Основой для внедрения может стать интегрированная система менеджмента: системы менеджмента качества (ISO 9001), экологии (ISO 14001), профессионального здоровья и безопасности (OHSAS 18001), действующая внутренняя регламентирующая документация (документированные процедуры, стандарты, регламенты, инструкции и т.п.). Общая структура требований к различным системам менеджмента совпадает, что делает возможным при

внедрении системы энергоменеджмента внести дополнения в существующие документы, не разрабатывая новых.

К числу основных требований в системе энергоменеджмента относится создание и реализация механизмов:

- Энергетической политики, которую разрабатывает высшее руководство организации;
- Целей и задач в области энергоменеджмента;
- Планов реализации целей и задач;
- Обеспечения ресурсов и полномочий Представителю руководства и группе сотрудников организации, ответственных за внедрение энергоменеджмента;
- Периодического энергоанализа организации;
- Установления Базовой(ых) линии(й) энергопотребления;
- Установления индикаторов энергоэффективности, которые разрабатываются для конкретной организации и, в совокупности с базовой линией, позволяют оценить изменения в энергопотреблении;
- Операционного контроля и процедуры в части существенного энергопотребления;
- Измерения и документирования в части энергоменеджмента;
- Периодического анализа системы со стороны руководства.

На заключительном этапе в организации может быть проведен еще один аудит – так называемый пред-сертификационный, позволяющий оценить готовность системы энергоменеджмента к сертификации. Основным результатом этого аудита являются рекомендации по доработке системы в целом или отдельных ее элементов. Рекомендации могут касаться как доработки документации, так и улучшения управленческой практики, включая исполнительскую дисциплину.

В целом внедрение системы энергоменеджмента позволяет организации решить следующие управленческие задачи:

- обеспечить прозрачность и объективность оценки эффективности энергопотребления;
- получать максимальный эффект управления энергопотреблением при минимальных затратах ресурсов, в первую очередь финансовых;
- повысить конкурентоспособность продукции и услуг;
- повысить капитализацию активов организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ушаков В.Я. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Я. Ушаков;

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск : Изд-во ТПУ, 2011.

2. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации ". [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.garant.ru/>

3. ISO 5001:2011 – Energy Management Systems. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iso.org/>

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ АППАРАТНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «УМНОГО ДОМА»

Лаптев И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Введение

Любой электрический компонент ИТ-инфраструктуры потребляет электричество. Высокопроизводительные компоненты (например серверное, активное сетевое оборудование) потребляют значительно больше электричества и требуют помимо этого постоянную принудительную вентиляцию и специализированное охлаждение. Поэтому одно из самых интуитивно понятных и простых в реализации направлений ресурсоэффективности в ИТ – избегание непроизводительной работы ИТ-компонентов. Пример: отключение не используемых ночью персональных компьютеров, мониторов, лазерных принтеров, МФУ (которые периодически подогревают печку в ожидании печати), отключение или перевод в «спящий режим» неиспользуемого серверного оборудования и т. д. Для получения устойчивого эффекта отключение оборудования необходимо автоматизировать, поскольку «человеческий фактор» – неизбежный источник потерь (аспекты применения методики на практике обсуждаются в [1]). Примеры: режим работы устройств «день / ночь», запрограммированное отключение и включение ИТ-устройств, переход в «спящий режим» неиспользуемого оборудования, адаптивные системы охлаждения и вентиляции в серверных помещениях и т. п.

Главный способ автоматизации оборудования –использование электронных систем управления. Такие системы управления помещениями следует разделить на две категории. К первой относятся системы

управления зданием (building management system). Как правило, данные системы имеют централизованное управление и используются в крупных промышленных зданиях или крупных офисных учреждениях. Основная задача данных систем – мониторинг и управление системами жизнеобеспечения (отопление, кондиционирование, безопасность и др.).

Дополнительный эффект после отключения оборудования в нерабочее время может дать оптимизация загрузки аппаратных средств. Даже во время рабочего дня, во время вынужденного простоя, аппаратные средства тем не менее продолжают работать, поэтому сокращение времени непроизводительного простоя оборудования может дать заметный эффект [2]. В исследовательских лабораториях, при использовании дорогостоящих вычислительных комплексов, используется «пакетный» режим работы, когда в обработку отправляется только «пакет» заданий, обеспечивающих полную загрузку вычислительных ресурсов в одном цикле обработки. Для подготовки к работе и калибровки мини-типографии потребуется значительный объем расходных материалов, что не выгодно при малом тираже заданий печати.

«Умным» может быть практически любое здание – от торгового центра или офисного небоскреба, до жилого дома. Автоматизация систем ресурсоснабжения здания (отопление, кондиционирование, освещение, водоснабжение и другие системы жизнеобеспечения) позволяет на порядок повысить эффективность их использования и экологичность жизнедеятельности человека. Например, по данным Министерства энергетики США, в этой стране офисные помещения и жилые дома дают 39 % всех выбросов углекислоты и потребляют 70 % электроэнергии [3]. В ближайшие четверть века, по прогнозу U.S. Green Building Council, выбросы углеводородов в связи с функционированием офисных центров будут расти быстрее, чем в любом другом секторе американской экономики.

Так какие же технологии позволяют назвать здание «умным» в области эффективного использования ресурсов:

Точное измерение показателей расходования ресурсов при помощи микродатчиков (smart dust – «умная пыль»), беспроводных и проводных IP-сетей, получаемое в режиме on-line, позволяет выявлять зоны и периоды неоптимальности в работе ресурсоснабжающих систем (датчики температуры, освещенности, счетчики и т. д.).

Автоматизированные вентили, выключатели, регуляторы позволяют гибко настраивать снабжение ресурсами, точно в соответствии с потребностями, позволяя системам жизнеобеспечения доставлять ровно столько теплого или холодного воздуха, сколько нужно, и только в те помещения, куда требуется в тот или иной момент. Например режим «день

/ ночь» позволит отключать неиспользуемое оборудование. Датчики наличия человека в помещении при необходимости автоматически зажигают для посетителя свет, включают оборудование, отопление, вентиляцию и т. д. (рис. 1) Датчики освещенности и гибко регулируемые осветительные приборы могут поддерживать необходимую подсветку комнаты, минимизируя необходимость использования искусственного освещения. В жарком климате автоматические жалюзи предотвратят нежелательный нагрев помещений, а автоматизированная оросительная система позволит оптимально расходовать воду. Адаптирующиеся к сложившимся потребностям в нагреве помещений кондиционеры, вентиляторы, отопительные батареи позволят значительно экономить ресурсы организации, сохраняя оптимальный микроклимат для людей и оборудования [4].

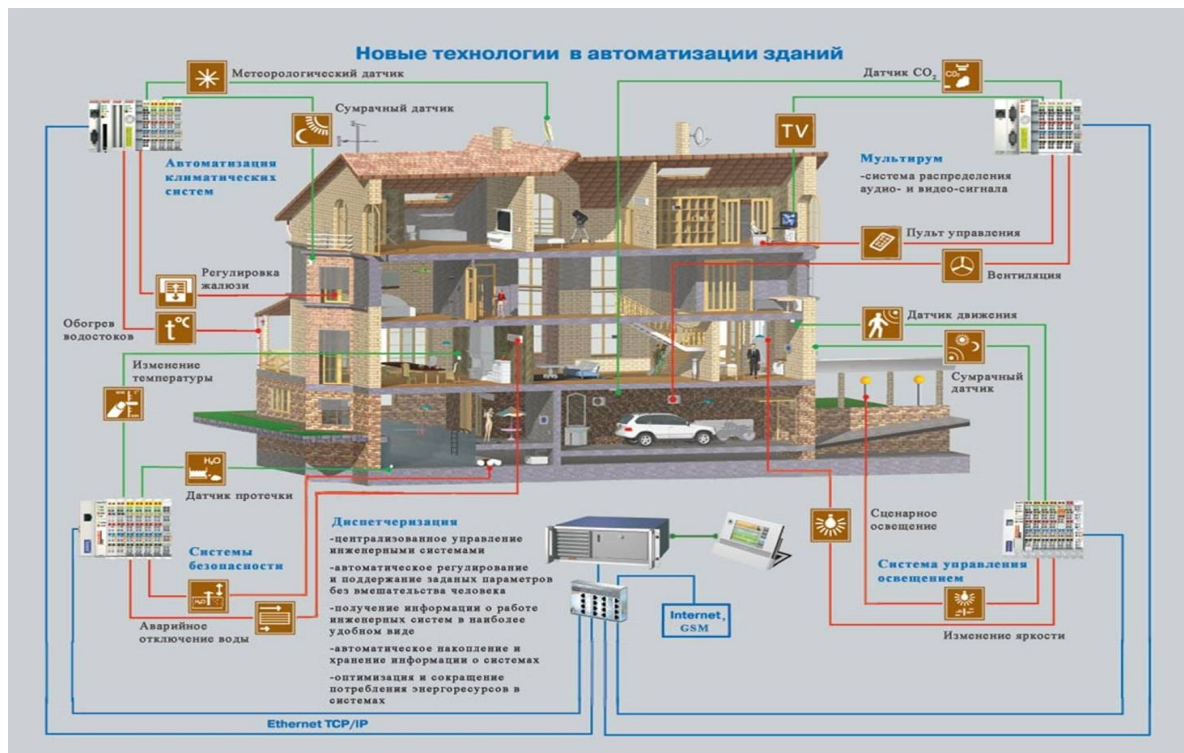


Рис. 1. Пример проекта «умного здания»

Одним из главных преимуществ «умного здания» является интегрированность систем ресурсообеспечения. По наблюдениям аналитиков КПД отдельных систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха вдвое ниже, чем у интегрированных систем [5]. Например в «умном здании» не возможно соревнование «кто круче!» между системой отопления и системой кондиционирования.

Заключение

Использование естественных источников тепла, холода и света позволяет снизить затраты на поддержание необходимых условий в здании. Современные строительные материалы и IT-технологии позволяют строить «дышащие» стены здания, которые изменяют свои свойства (проницаемость для внешнего воздуха, теплопроводность, отражение или поглощение света) в зависимости от состояния внешней среды. Солнечные батареи и ветроулавливающие электрогенераторы на крыше «умного здания» позволяют экономить электроэнергию. Использование внешнего холодного воздуха для охлаждения, а горячего – для нагрева например воды или воздуха в здании так же позволяет экономить ресурсы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Видяев И.Г. Основные инструменты регулирования социально-экономического развития территорий // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – № 6 (315). – С. 13-17.
2. Монастырский Е.А., Видяев И.Г. Структурная модель социальной сферы // Экономика и управление. – 2007. – № 4. – с. 172-175.
3. Видяев И.Г. Комплексная модель региональной системы инновационного типа // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – № 6 (312). – с. 24-27.
4. Мартюшев Н.В., Синогина Е.С., Шереметьева У.М. Система мотивации студентов высших учебных заведений к выполнению научной работы // Вестник Томского государственного педагогического университета = Tomsk State Pedagogical University Bulletin. – 2013. – № 1. – с. 48-52.
5. Yakovlev A.N., Kostikov K.S., Martyushev N.V., Shepotenko N.A., Falkovich Yu.V. Institute of high technology physics experience in masters of engineering and doctoral training: the platform for cooperation with russian and international companies in the domain of material science and physics of high energy systems // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – № 11-3 (55). – с. 261-263.
6. Пашков Е.Н., Мартюшев Н.В. MATERIALS AND ENGINEERING SCIENCE (УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 2. – С. 126-127.

РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Гаврикова Н.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

За последнее десятилетие реальные цены на сырье увеличились в полтора раза, а введение в хозяйственный оборот новых источников становится все более дорогим. Взаимозависимость между ценами на различные ресурсы приводит к цепной реакции в направлении роста их стоимости, а, обусловленный ростом потребления, экологический кризис создает дополнительную уязвимость для ресурсной базы.

Конфликт между постоянно растущими потребностями экономики и возможностями планеты их удовлетворить, порождает возникновение новых научных и профессиональных исследований в сфере поиска ресурсоэффективных решений.

Безусловно, данные исследования носят межпредметный характер: затрагивают технические, экономические, социальные, экологические проблемы. Соответственно, разработка методов и механизмов оценки ресурсоэффективности, планирования и организации ресурсосберегающих мероприятий, должно затрагивать все эти составляющие.

Рассматривая вопрос повышения ресурсоэффективности как междисциплинарную проблему, можно выделить ряд управленческих технологий, основной целью которых является повышение эффективности использования ресурсов, в частности, концепцию «Бережливое производство».

Основная идея концепции бережливого производства — создание рыночной производственной системы, деятельность которой направлена на удовлетворение клиента и максимальное сокращение при этом всех видов потерь. Целями бережливого производства являются: минимизация затрат и сроков создания продукции, что по сути является инструментом повышения эффективности использования ресурсов организации.

Объектом управления концепции являются потери. Под потерями понимаются:

- Потери, связанные с организацией рабочих мест, приводящие к лишним движениям работников (наклоны, повороты, передвижения);
- Потери, связанные с перемещением материалов;
- Потери, связанные с чрезмерной обработкой, не создающей потребительской ценности;
- Потери, связанные с простоями оборудования и персонала;

- Потери, связанные с перепроизводством и обслуживанием запасов (изготовлением большего количества продукта, чем требуется потребителем, формирование запасов полуфабрикатов);
- Потери, связанные с управлением браком, излишними отходами и переделками.

Основой системы бережливого производства является принцип «точно в срок», предполагающий минимизацию всех видов запасов за счет планирования по времени перемещений изделий в процессе производства и от поставщиков таким образом, чтобы, на каждый этап процесса партия прибывала для обработки точно в тот момент, когда обработка предыдущей партии завершена. В результате минимизируются потери, связанные с ожиданием обработки, простоями рабочих и оборудования. Следовательно, повышается эффективность использования всех видов экономических ресурсов.

Конечная цель системы - оптимизировать процессы по критериям продолжительности производственного цикла, величины незавершенного производства, запасов материалов, комплектующих и готовой продукции, коэффициентов загрузки оборудования и производительности труда.

Следующим инструментом, на котором базируется концепция Бережливого производства является Всеобщая эксплуатационная система - концепция комплексного управления ремонтами, разработанная в Японии в конце 60- начале 70-х годов в фирме "Ниппон Дэнсо", поставщике электрооборудования для корпорации Тойота. Подход подразумевает, что ответственность за поддержание оборудования в исправном состоянии несут все работники, включая операторов, механиков, менеджеров и инженеров.

Из планового обслуживания выделяются и передаются эксплуатирующему персоналу работы, которые не требуют высокой квалификации и специальной оснастки. Проводится анализ внеплановых работ по обслуживанию, по результатам которого выделяются мероприятия, которые позволят избежать таких работ в будущем. Часть таких мероприятий относится к плановому обслуживанию, а часть к эксплуатационному.

Фактически, речь идет о ресурсоэффективности в отношении производственных мощностей: оптимизации расходов на поддержание их в исправном состоянии за счет сокращения поломок и простоев (в том числе на переналадку), а также повышения производительности и совершенствования оборудования.

Так же инструментом концепции Бережливое производство является система 5S —система организации рабочего места, позволяющая значительно повысить производительность труда персонала, за счет

оптимизации его рабочего пространства: удаления ненужных предметов, рационального размещения инструмента и инвентаря, что в конечном итоге сокращает время на его поиск и снижает продолжительность производственного цикла.

Этапы, составляющие основу 5S (сортировка, рациональное расположение, уборка, стандартизация и совершенствование), являются основой для управления любым продуктивно работающим подразделением.

Таким образом, рассматривая концепцию Бережливого производства с позиции ресурсоэффективности, можно увидеть, что использование данной управленческой технологии позволяет комплексно подойти в реализации принципов ресурсоэффективности на производстве: за счет управленческих воздействий повысить эффективность использования материальных и трудовых ресурсов; повысить эффективность использования основных фондов, минимизировать запасы – повысить эффективность использования оборотного капитала, снизить продолжительность технологического процесса при условии повышения качества производимой продукции.

Такой системный подход позволяет обеспечить синергию при назначении и реализации мероприятий, направленных на повышение ресурсоэффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лайкер Дж. К. Дао Toyota. 14 принципов менеджмента ведущих компаний мира: пер. с англ/ Дж.К. Лайкер. - М.: Альпина Бизнес Букс, 2005 – 418 с.
2. Казарин В. Эффективная производственная система в России? Да, это возможно! [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.leaninfo.ru>

КАБЕЛИ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Стасевская А.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Ветроэнергетика – является активно развивающимся направлением. Это отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в

электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии.

Прогнозы учёных относительно развития этого направления говорят о том, что доля возобновляемых источников в мировом масштабе энергопотребления может составить к 2030 году до 20–30 процентов. В отличие от ископаемого топлива, энергия ветра практически неисчерпаема, повсеместно доступна и более экологична.

Среди очевидных преимуществ, которыми обладают ветроэнергетические установки, специалисты отмечают, прежде всего:

- 1) экологическую чистоту,
- 2) отсутствие необходимости в обеспечении топливом,
- 3) низкую шумность или вообще бесшумность при работе,
- 4) автономность ветроэнергетической установки. [1].

Ветроэнергетическая установка представляет собой башню, в верхней части которой расположены турбина и генератор электростанции. Высота башни составляет обычно не более 85 м, однако самая высокая башня имеет высоту 120 м.



Рис.1. Ветроэнергетическая установка

Трансформатор находится либо в верхней части башни (в этом случае вниз идут силовые кабели на напряжение до 35 кВ), либо в нижней части (в этом случае используются низковольтные силовые кабели на напряжение до 2 кВ). В корзине ветроэнергетической установки применяются кабели и провода для внутренних соединений, контрольные кабели и кабели управления с числом жил от 2 до 23, кабели для структурированных систем (LAN-кабели), реже оптические кабели.

Наибольшую сложность с позиции разработчиков кабелей представляет вывод электроэнергии вдоль башни. Дело в том, что в зависимости от направления ветра корзина ветроэнергетической установки может поворачиваться вокруг своей оси, поэтому кабель подвергается кручению, в том числе при отрицательных температурах окружающей среды (до -40°C).

В настоящее время приняты следующие решения. Если трансформатор расположен в нижней части башни, то используются кабели низкого напряжения традиционных конструкций (изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластика; из сшитого полиэтилена; из материалов, не содержащих галогенов; из этиленпропиленовой резины и резины на основе хлорсульфированного полиэтилена или хлорполиэтилена) [2].

Силовые кабели, используемые в ветрогенераторах должны передавать многоамперный ток, для чего используются токоведущая жила большого сечения. Очевидно, что кабели известных конструкций не удовлетворяют требованиям, предъявляемым условиями их эксплуатации на ветроэнергетических установках, и их неизбежная замена в то или иное время является дорогостоящим мероприятием. Следует конструкция и технические характеристики кабелей должны минимизировать эксплуатационные затраты в течение всего срока службы, а такой срок службы должен составлять минимум 25-30 лет.

В настоящее время могут быть сформулированы следующие требования к кабелям, используемым

в башне ветроэнергетической установки [3]:

- стойкость к закручиванию в диапазоне температур от -40 до $+70$.С;
- маслостойкость;
- пожаробезопасность (соответствие стандарту МЭК 60332-1 или выше);
- стойкость к действию коррозионно-активных газов;
- обеспечение в условиях возгорания плотности дыма, не превышающей заданной;

Для разработки конструкции кабеля, оптимальной для ветряных установок, необходимо провести испытания существующих конструкций на соответствие выше сформулированным требованиям. Выбрали кабели с изоляцией оболочки поливинилхлорида (ПВХ), полиэтилена (ПЭ) и термоэластопласта (ТЭП).

В настоящее время проведены механические испытания кабелей с ПВХ изоляцией и оболочкой марки КВВГ на стойкость к механическим нагрузкам, а именно представлены измерения прочности σ_r и удлинения при разрыве ϵ .

Для этого, после теплового старения образцов кабелей, которое проводилось в течение 500 часов при 100°C , стандартным ножом из оболочки вырубались лопатки с длиной рабочего участка 2 см и шириной 4 мм.[4].

Измерения механических характеристик проводились на разрывной машине ИР 5040-5 при скорости нагружения 100 мм/мин и предельной нагрузке 5 кН.[5].

Данные образцы кабелей соответствуют существующим стандартам, прошли контрольные испытания и не являются дефектными. На рисунке 2 изображена конструкция кабеля.

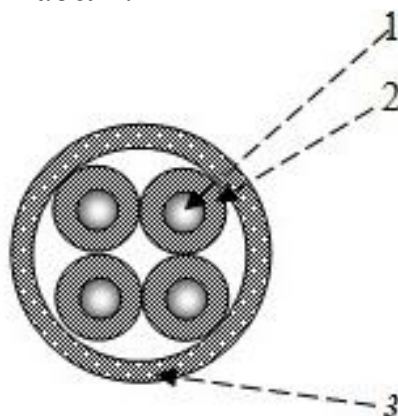


Рисунок 2. Конструкция кабеля марки КВВГ

Элементы конструкции:

- 1) медный или алюминиевый проводник
- 2) изоляция
- 3) внешняя оболочка

На рисунках 3, 4 приведены результаты измерений относительного удлинения при разрыве ϵ и прочности на разрыв σ_r

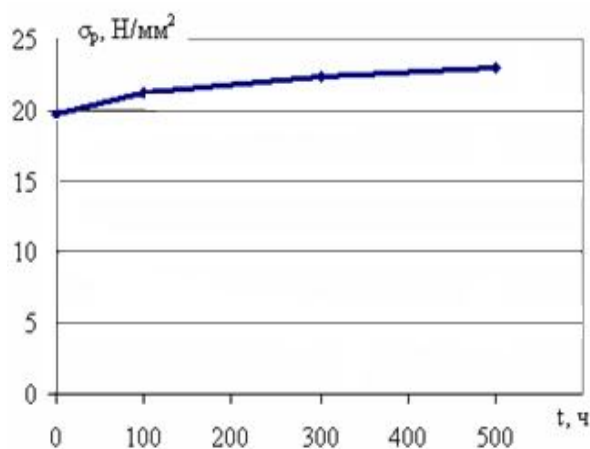


Рис.3. Прочность на разрыв σ_r

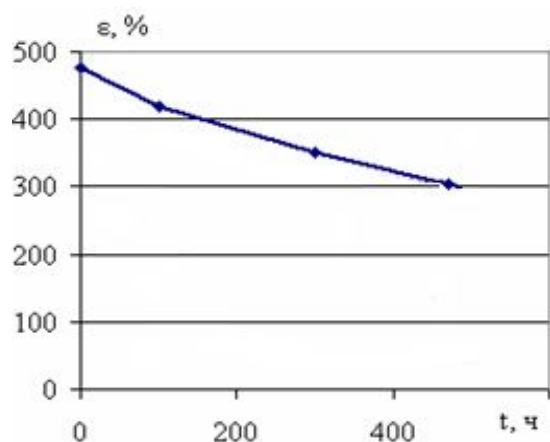


Рис.4. Относительное удлинение при разрыве ϵ

Для образцов ПВХ оболочек марки данного кабеля наблюдается повышение разрывной прочности σ_r по мере старения и монотонное снижение относительного удлинения при разрыве ε . Известно, что тепловое старение ПВХ пластификатов происходит в два этапа.[6]. На первом этапе основную роль в ухудшении свойств материала играет испарение пластификатора. Это приводит к снижению температуры стеклования, повышению твердости вплоть до трещинообразования. На более поздних стадиях старения основную роль играют химические процессы термоокислительной деструкции. На этом этапе происходит изменение цвета, выделение летучих соединений и усадка.

В результате проведенных испытаний следует, что данный кабель ПВХ марки КВВГ не подходит по механическим свойствам т.к. наблюдается явное старение, что естественно ведет к более короткому сроку службы кабельного изделия, а так же по техническим причинам, где особое внимание уделяется кручению кабеля.

Мы намерены провести испытания кабелей с изоляцией и оболочкой из ПЭ и ТЭП.

Дальнейшие исследования взаимного влияния элементов конструкции кабеля при тепловом старении, совместимости материалов, позволит найти общие критерии взаимозаменяемости полимеров, улучшить эксплуатационные характеристики и надежность кабельных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голицын М.В., Баженова О.Н., Пронина Н.В., Архипов А.Я., Макарова Е.Ю. Энергия: экономика, техника, экология. – М.: Наука, 2005.
2. Миткевич А.С., Паверман Н.Г., Елагина А.Н. Кабельные композиции на основе полиэтилена и поливинилхлорида. Тенденции развития в России // Кабели и провода. – 2007. – № 1. – С. 3–7.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд. 7, 2001 - 2004 г.г.
4. Emanuelsson V., Simonson M., Gevert T. The effect of accelerated ageing of building wires//Fire and Materials. – 2007. – V. 31 – P. 311–326.
5. Алиев И.И. Кабельные изделия, справочник, "ВШ", М., 2004 (621.315(035), А-50).
6. Барашков О.К. Некоторые критические замечания относительно методов предсказания сроков службы кабельных ПВХ-пластикатов // КАБЕЛЬ-news. – 2008. – №9. – С. 50–58.

ТЕПЛОПРОВОДНАЯ НАНОКЕРАМИКА ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ И СОПУТСТВУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДАМИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Никитушкин И.В., Анненков Ю.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г.Томск

Ввиду довольно высокой теплопроводности алюмонитридная керамика в настоящее время является наиболее перспективным материалом для отвода тепла от теплонагруженных элементов в изделиях космической техники и в приборостроении в целом. Однако практика требует, чтобы коэффициент теплопроводности алюмонитридной керамики был повышен со 180 Вт/мК до не менее 230 Вт/мК. Эту задачу предполагается решить, используя методы высокоинтенсивных технологий.

Нитрид алюминия был впервые синтезирован в 1877 году, но только в середине 1980-х его потенциал для практического применения в микроэлектронике был осознан из-за его относительно высокой теплопроводности для изоляции керамики (70–210 Вт/мК для поликристаллического материала, и до 275 Вт/мК для монокристаллов). Этот материал представляет интерес как нетоксичная альтернатива оксиду бериллия.

Нитрид алюминия – материал с ковалентными связями, имеющий гексагональную кристаллическую структуру, которая является аналогом структуры сульфида цинка, известной как вюрцит, это полупроводник с шириной запрещённой зоны 6 эВ. Материал устойчив к очень высоким температурам в инертных атмосферах. На воздухе поверхностное окисление происходит выше 700 °С, и при комнатной температуре образуются поверхностные окисленные слои толщиной 5–10 нм. Этот слой защищает материал от окисления вплоть до 1370 °С.

Алюмонитридная керамика в России серийно не выпускается, но уже изготавливается в Японии, Германии, Китае и Тайване (Таблица 1).

Существует патент Российской Федерации о способе получения теплопроводной керамики на основе нитрида алюминия. Сущность изобретения: способ включает спекание порошка нитрида алюминия в виде микрокристаллов с игольчатой формой частиц, полученных в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с последующим отжигом спеченной керамики в такой же газовой среде при температуре не выше 1800°С в течение времени не менее 5 ч. Предложенный способ

получения теплопроводной керамики на основе нитрида алюминия обеспечивает теплопроводность не менее 200 Вт/мК.

Таблица 1.

Сравнительные характеристики зарубежной алюмонитридной керамики

Наименование характеристик	MARUWA (Япония)	LEATEC (Тайвань)	Clec Group (Китай)	CeramTec (Германия)
Содержание AlN, %	98	98	98	98
Цвет	Серый	Серый	Серый	Серый
Кажущаяся плотность, кг/м ³	3300	3300	3300	3330
Предел прочности на изгиб (20°C), МПа	250	450	320	360
Модуль упругости (20°C), ГПа		320	320	320
Теплопроводность (20°C), Вт/м*К	200	180	180	180
Коэффициент теплового расширения (25-1000°C)	4,0	5,0	4,7	4,7
Диэлектрические потери, (1МГц, 25°C)	0,0003	0,0003		0,0004
Диэлектрическая проницаемость, (1МГц, 25°C)	9,0	8,7	9,0	9,0
Объемное удельное сопротивление, (20°C), Ом*см	1014	1014	1013	1013
Шероховатость поверхности, мкм		0,3		0,6

Для устранения пор следует при спекании обеспечить плотность, близкую к теоретической. По обычной технологии это достигается путем введения добавок – активаторов спекания оксид иттрия, который взаимодействует с оксидом алюминия в порошке, в результате образуется аморфная эвтектика, которая плавится при более низкой температуре. Идет спекание в жидкой фазе, что уплотняет структуру. Размол ведут до получения мелких частиц, которые после спекания «укутаны» в оксидную эвтектику. Аморфная стеклофаза создает дополнительную систему дефектов, усиливающих фонное рассеяние. В этом случае теплопроводность нитрида алюминия не превышает 100 Вт/мК.

В настоящей работе предлагается инновационная технология, устраняющая указанные недостатки, в основе которой лежит использование высокоинтенсивных воздействий.

Технологию изготовления алюмонитридной керамики можно разделить на несколько этапов:

- получение полидисперсного порошка нитрида алюминия при помощи коаксиального магнитоплазменного ускорителя [1];
- диспергирование порошка нитрида алюминия до наноразмеров;
- уплотнение компакта почти до теоретической плотности посредством магнитно-импульсного прессования [2];
- применение искрового плазменного спекания.

Таким образом, предлагаемая технология не требует введения примесей, уменьшающих теплопроводность алюмонитридной керамики, что теоретически повысит коэффициент теплопроводности не менее чем до 230 Вт/мК.

В приборостроении керамика, как правило, применяется в виде теплопроводящих изоляционных подложек при монтаже теплонагруженных элементов изделий. В изделиях с высокой удельной мощностью подложки используются вместо печатных плат, в этом случае на поверхности формируется многослойный печатный рисунок, а сама подложка устанавливается в алюминиевый или магниевый корпус через теплопроводящий клей.

Поэтому полученные нанодисперсные порошки нитрида алюминия предполагается использовать, в том числе, для модифицирования свойств теплопроводных полимерных материалов – клеев и заливочных компаундов. Дело в том, что в существующих рецептурах применяется микронный порошок нитрида алюминия с размером зерна 50-100мкм. И даже в случаях, когда процент наполнения полимерной основы достигает 50%, коэффициент теплопроводности редко превышает значение 2 Вт/мК [3].

Исходя из вышесказанного, следует, что для достижения практической ценности в приборостроении от применения разрабатываемой высокотеплопроводной алюмонитридной керамики, требуются сопутствующие теплопроводные материалы – клеи и заливочные компаунды.

Технологию изготовления теплопроводных клеев и заливочных компаундов можно разделить на этапы:

- моделирование, расчет эквивалентной теплопроводности полимера, наполненного ультрадисперсными керамическими порошками;
- модифицирование смол ультрадисперсным порошком нитрида алюминия.

Поставленные задачи предполагается решать методами:

- дифрактометрии;
- электронной микроскопии;
- моделирования свойств нанокерамики, клеев и компаундов;
- исследования теплофизических, электрических и механических свойств алюмонитридной керамики в зависимости от параметров керамической структуры;
- исследования теплофизических, электрических и механических свойств клеев и компаундов в зависимости от массовой доли и дисперсности керамических наполнителей.

Комплексный подход к решению поставленных задач позволит снизить теплонагруженность элементов, что положительно скажется на ресурсных и массогабаритных характеристиках изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель: патент Рос. Федерация. № RU2431947; заявл. 30.04.10.
2. Иванов В.В., Кайгородов А.С., Хрустов В.Р., Паранин С.Н., Спиринов А.В. Прочная керамика на основе оксида алюминия, получаемая с использованием магнитно-импульсного прессования композитных нанопорошков // Российские нанотехнологии, 2006. – Т.1. – № 1-2. С. 243.
3. Я.Л. Абелиов Наполнители для теплопроводящих клеев // «Клеи. Герметики. Технологии.» – 2005. – №8. – С. 26.

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

Чернухин Р.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г.Томск

Сбор статистических данных по эксплуатационной надежности проводился с целью выявления доли отказов, приходящихся на рулевое управление.

Для сбора информации об отказах и простоях автомобилей использовались лицевые карточки автомобилей. Лицевая карточка заполняется на предприятиях на каждый автомобиль. В них отражается информация по виду проводимого ремонта, дням простоя, наработке автомобиля, а также информация о проведении технических обслуживания. Внутренний контроль за правильностью ведения

осуществляют начальники автоколонн, внешний – транспортная инспекция.

Анализ эксплуатационной надежности проводился среди наиболее многочисленной в нашей стране группы грузовых автомобилей – ЗиЛ и КамАЗ. Информация была собрана по 40 автомобилям (21 марки КамАЗ и 19 марки ЗиЛ) за период с 2007 по 2010 год. Общий пробег всех автомобилей за указанный период составил более 5,66 млн. км. Средняя наработка на отказ составила 5421 км. Среднее число дней простоев составила 99 дней на один автомобиль.

Распределение отказов по маркам автомобилей представлено на рис.1 и 2.

Приведенные данные показывают, что доля отказов рулевого управления составляет 6% для автомобилей ЗиЛ и 8% – для автомобилей марки «КамАЗ». Доля материальных затрат на устранение отказов рулевого управления составила 5%, а трудоемкость восстановления 6,1% от общего числа материальных и трудовых затрат соответственно. Несмотря на невысокий процент отказов рулевого управления, нельзя забывать, что от исправности этой системы зависит управляемость автомобиля и, в конечном счете, безопасность эксплуатации. Поэтому при проведении технического обслуживания особое внимание следует уделять рулевому управлению. Основным диагностическим параметром, определяющими допуск к эксплуатации, является суммарный люфт на рулевом колесе.

Необходимо отметить, что суммарный рулевой люфт – это обобщающий и косвенный параметр, и его ухудшение связано с износом или ослаблением крепления рулевого механизма и рулевого привода. Таким образом, кроме определения суммарного люфта, необходимо проведение углубленного, поэтапного диагностирования всех сопряжений, влияющих на величину рулевого люфта. Кроме того, значение суммарного рулевого люфта, находящееся в пределах нормы, не всегда указывает на исправность рулевого управления.

Поэтому, для оценки технического состояния рулевого управления измерения лишь суммарного рулевого люфта недостаточно и для определения работоспособности необходимо применение методов поэтапного диагностирования.

Необходимо отметить, что суммарный рулевой люфт – это обобщающий и косвенный параметр, и его ухудшение связано с износом или ослаблением крепления рулевого механизма и рулевого привода. Таким образом, кроме определения суммарного люфта, необходимо проведение углубленного, поэтапного диагностирования всех сопряжений, влияющих на величину рулевого люфта. Кроме того,

значение суммарного рулевого люфта, находящееся в пределах нормы, не всегда указывает на исправность рулевого управления.

Поэтому, для оценки технического состояния рулевого управления измерения лишь суммарного рулевого люфта недостаточно и для определения работоспособности необходимо применение методов поэлементного диагностирования.

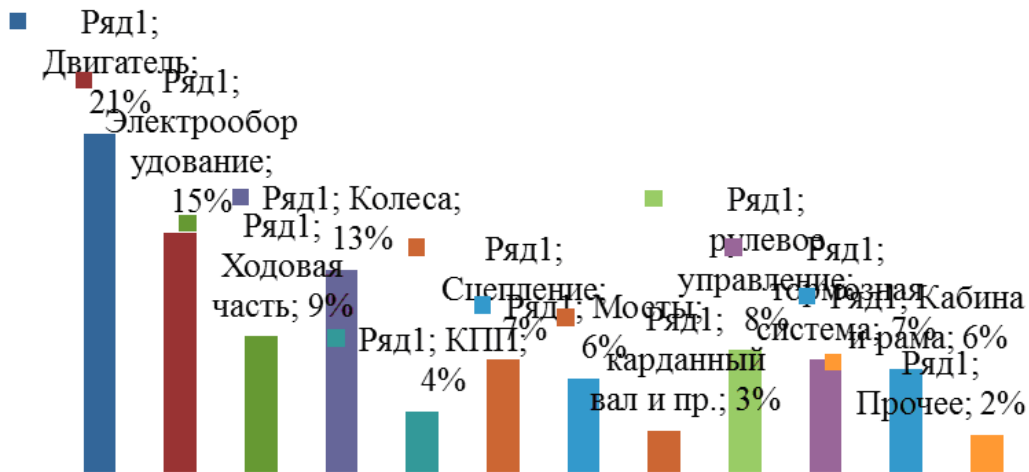


Рис.1 Распределение отказов автомобилей ЗиЛ

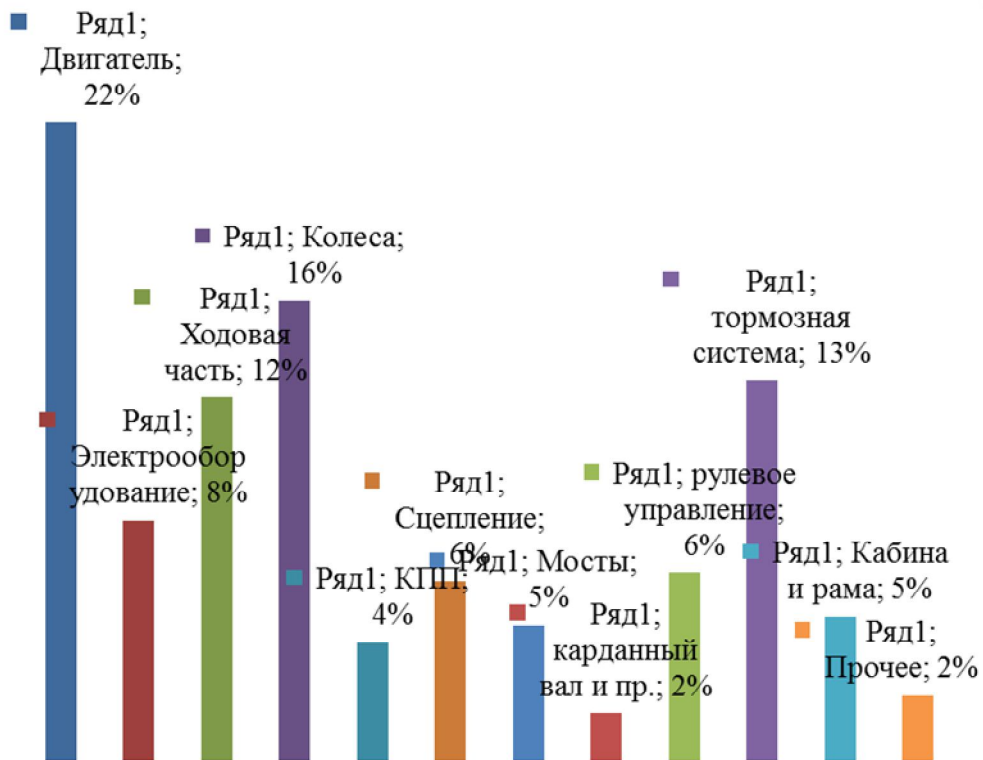


Рис.2 Распределение отказов автомобилей КамАЗ

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Валиуллин К. Р., Семенова Н. Г.

Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург

Значительную долю энергопотребления городов составляет потребление электрической энергии на нужды уличного освещения, поэтому мероприятия по их энергосбережению приносят ощутимый экономический эффект. Основными направлениями мероприятий по энергосбережению уличного освещения являются: установка энергоэффективных ламп с высокими светотехническими характеристиками; разработка интеллектуальных систем управления освещением. В настоящее время второе направление имеет приоритетный характер.

Системы управления можно разделить на два класса:

Автоматизированные системы управления (АСУ) - с участием человека в контуре управления;

Системы автоматического управления (САУ) - без участия человека в контуре управления [1].

Внедрение этих систем имеет ряд преимуществ:

- уменьшение электропотребления, за счет оптимального регулирования мощности осветительных установок;
- снижение влияния человеческого фактора на систему, что уменьшает вероятность ошибок управления.
- простота технического обслуживания и диагностики систем освещения.

Все существующие автоматизированные системы управления наружным освещением можно классифицировать по нескольким критериям. Рассмотрим эти критерии, а также существующие варианты их реализации.

I Способ управления освещением.

1.1 По заранее заданному графику. Освещение включается и выключается в соответствии с графиком, который был заранее задан в специальном контроллере. График может быть составлен в соответствии с астрономическими наблюдениями, либо по другим условиям. Преимущества:

- исключена возможность ошибки управления и ложного срабатывания. Условия включения жестко заданы и не меняются с течением времени;

- наиболее простая в организации и обслуживании система. Не требуются обратные связи, анализ каких-либо величин, система настраивается однократно при вводе в работу.

Недостатки:

- низкая приспособляемость к внешним условиям. Изменение заложенных алгоритмов производится только вручную и занимает длительное время;

- низкая точность управления. Отсутствие обратных связей и невозможность предугадывания всех вариантов состояния окружающей среды значительно снижают оптимальность регулирования.

1.2 По указаниям датчиков. В качестве управляющего сигнала может быть использована информация с датчиков освещенности и/или движения.

Преимущества:

- возможность оперативного получения информации о любом объекте в системе. Датчики работают в режиме реального времени и в любой момент могут предоставить необходимую информацию о своем состоянии (уровень освещенности, наличие движения и т.д.);

- приспособляемость. При правильной настройке система будет адекватно реагировать на любые внешние условия;

- гибкость. При достаточной чувствительности датчиков можно получить наиболее оптимальный режим управления.

Недостатки.

- удорожание. Усложняется первичная организация системы управления, необходима более тщательная проработка алгоритмов управления, а также усложняются аппаратная составляющая и программная реализация системы;

- возможность ложных срабатываний при отказе или неисправности датчиков.

1.3 Интеллектуальные системы управления. Уличные фонари оборудуются управляющими устройствами (контроллерами), через которые осуществляется дистанционное включение/выключение и многоуровневое регулирование яркости. Эти контролеры объединены в сеть, управление которой осуществляется адаптивной программой, позволяющей одновременно измерять, анализировать и снижать потребление энергии.

Наиболее перспективными по способу управления являются интеллектуальные системы, однако в настоящее время они являются экспериментальными и пока не находят широкого применения.

II Способ связи в системе [2].

2.1 Слаботочное управление. Осуществляется с помощью провода типа «витая пара» или подобных интерфейсов. Сигнал передается согласно

настроенному цифровому протоколу. Преимуществом такой системы является возможность индивидуального управления каждым светильником, а не только их группами. Сложность вызывает необходимость отдельной прокладки слаботочных проводов и установки блока управления для каждого отдельного светильника. Также к недостаткам можно отнести малый территориальный охват такой сети.

2.2 GSM-канал. Управляющий сигнал передается через сотовую сеть. Преимуществом такого метода являются низкие трудозатраты на организацию сети – она уже проложена оператором связи. Большим плюсом является широкий территориальный охват такой системы. Недостатком может являться невозможность управления при загруженности сотовой сети и материальные затраты, связанные с оплатой услуг оператора связи.

2.3 Силовые линии электропередачи. Передача сигнала осуществляется по силовым кабелям. Такой подход избавляет от необходимости прокладки новой инфраструктуры, но весьма ненадежен, так как связь будет зависеть от состояния кабельных линий. Кроме того, недостатками будут являться крайняя сложность индивидуального управления и ограниченность территории применения такой связи.

2.4 Радиоканал. Данный метод во многом схож с GSM-каналом, но связь осуществляется на другой частоте. Это и налагает необходимость согласования частоты радиосигнала с вышестоящими ведомствами. Кроме того, возможны помехи в работе радиооборудования, а необходимость установки приемников и передатчиков накладывает ограничения на возможность индивидуального управления.

На наш взгляд, предпочтительно использование GSM-сети, так как ее недостатки в настоящее время становятся менее заметными.

III Количество уровней управления в системе и связи между ними [1].

3.1 Групповое управление освещением. Организация такого управления показана на рисунке 1, где ЦДП - центральный диспетчерский пункт; ПУ – отдельные пункты управления; () – группы светильников.

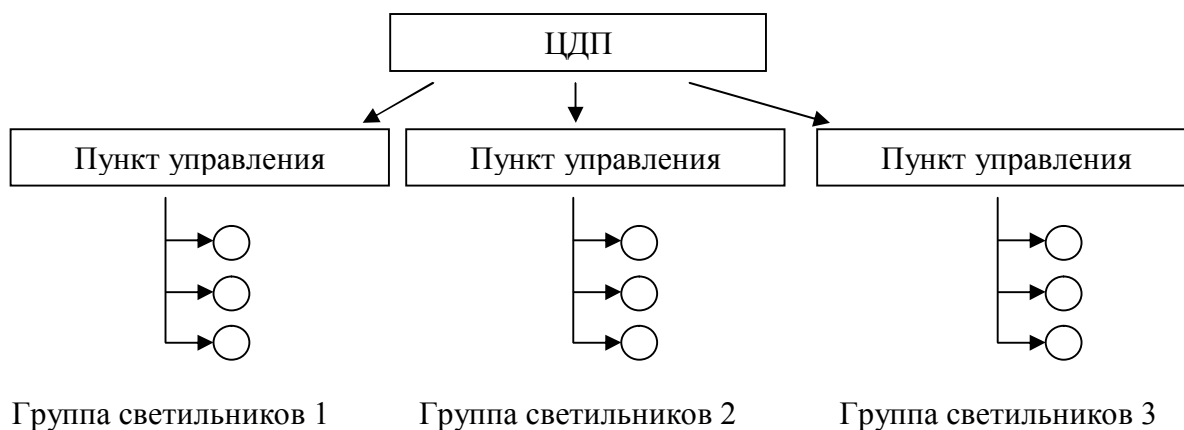


Рис.1. Групповое управление освещением

Основной недостаток такой системы в ее однонаправленности и отсутствии обратных связей между элементами.

3.2 Индивидуальное управление освещением. Данная система управления показана на рисунке 2, Она дороже, но зато позволяет организовать Индивидуальное управление каждым светильником.

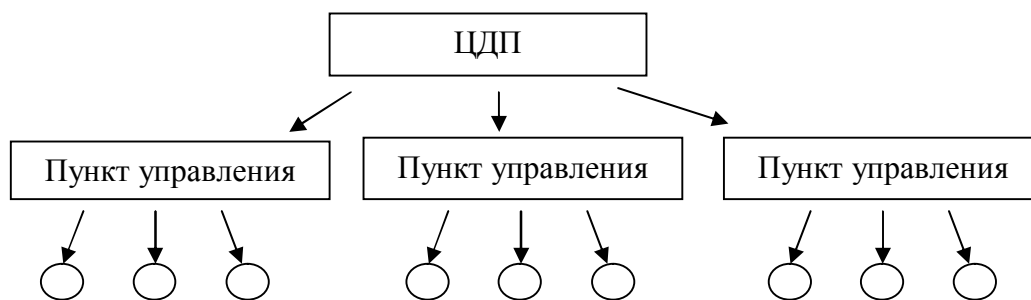


Рис. 2. Индивидуальное управление освещением

3.3 Индивидуальное управление освещением с обратными связями. В подобной системе возможно применение обратных связей между элементами системы, рисунок 3. Подобная организация усложняет и удорожает систему, но делает ее намного более гибкой и функциональной.

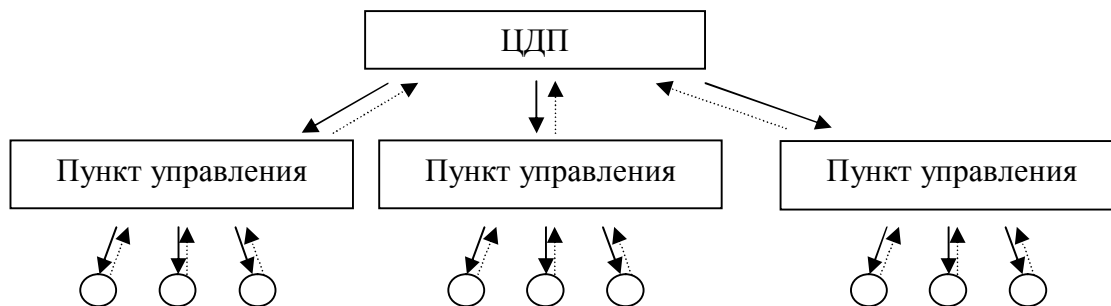


Рис. 3. Индивидуальное управление с обратными связями

3.4 Система управления освещением без промежуточных ПУ. В такой системе отсутствует промежуточное звено управления, что повышает нагрузку на ЦДП, рисунок 4.

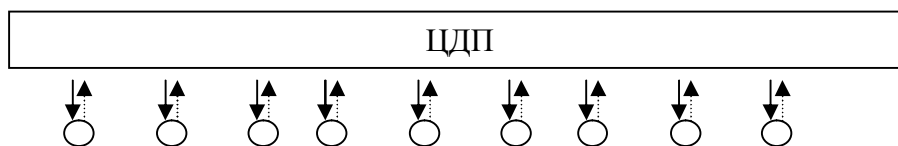


Рис. 4. Система без промежуточных пунктов управления

Так как в интеллектуальных системах управления освещения обработка данных должна осуществляться от каждого объекта системы (уличного фонаря) и принятия управляющих решений в соответствии с полученными данными и критериями оптимальности, то перспективными в настоящее время являются разработки систем с обратными связями.

IV Способ регулирования мощности, потребляемой системой [3].

4.1 Общее регулирование. Как правило, применяется в неразветвленных сетях, при единственном источнике питания. При таком регулировании все осветительные установки могут находиться либо во включенном, либо в отключенном состоянии.

4.2 Групповое регулирование. Светильники разбиваются на группы, управляемые отдельно. Частным случаем является широко распространенное пофазное регулирование. В данном случае, светильники разбиваются на группы, каждая из которых подключена к своей фазе питания. Включая/отключая одну из фаз можно изменять количество включенных светильников. В данном варианте возможна регуляция общей мощности, затрачиваемой на освещение, но регулирование мощности отдельных светильников всё еще затруднено.

4.3 Индивидуальное регулирование. Каждый светильник оснащается собственным коммутационным аппаратом и может быть включен/отключен независимо от всех остальных. В данном варианте возможно и регулирование мощности, потребляемой каждым светильником, например, при использовании двухступенчатых ПРА.

Учитывая сущность принципа работы интеллектуальных систем управления освещением, при выборе способа регулирования мощности необходимо ориентироваться на индивидуальное регулирование.

При разработке интеллектуальных систем управления освещением могут быть применены следующие методы автоматического диммирования (снижение мощности в неинтенсивное время суток):

- Дискретный двухступенчатый. В данном случае освещение может быть либо включено, либо выключено.

- Дискретный многоступенчатый. Предполагает наличие нескольких ступеней с различным уровнем потребляемой мощности и освещенности.

- Плавный. Возможна установка любой мощности освещения от 0 до 100%.

Таким образом, анализ существующих систем управления уличным освещением показал, что в настоящее время приоритетной, значимой и актуальной является разработка систем управления, основанной на новых вычислительных технологиях, а именно разработка интеллектуальных систем управления, позволяющих одновременно измерять, анализировать и снижать потребление электрической энергии. Практическая реализация систем управления должна основываться на индивидуальном управлении и регулировании каждого светильника, имеющего в обязательном порядке обратную связь с ЦДП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурьев, А. В. Системы автоматизированного управления наружным освещением / А. В. Гурьев, Е. А. Букварев // Электротехника. - 2001. - № 5. - С. 4.

2. Автоматизированное управление уличным освещением. [Электронный ресурс] : офиц. сайт / «ЭнергоСовет» портал по энергосбережению. – Режим доступа : <http://www.energsovet.ru/stat480.html>.

3. Киричок, А. И.. Автоматизация наружного освещения как инструмент энергосбережения/ А. И. Киричок //Мир дорог.-2012г.-№63.-С. 38-40.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ПОЛЯ В КАБЕЛЯХ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Стрыжков А.Е.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Целью данной работы является моделирование теплового поля в кабелях наиболее распространенных конструкций.

В работе рассматривались кабели марки КВВГ и КВБбШв с числом жил от одной до четырёх. Также были выбраны наиболее актуальные полимерные материалы: ПВХ, ПЭ и ТЭП. Такой выбор материалов был обоснован, разнообразными физико-механическими свойствами

материалов, что позволило более чётко проанализировать полученные результаты.

Также в ходе изучения моделирования распределения теплового поля, был изучен пакет моделирования Comsol Multiphysic. Программа позволила получить наглядную картину распределения теплового поля в конструкции кабеля, путём решения дифференциальных уравнений в частных производных.

Для выбранных конструкций кабеля построено распределение теплового поля при различном условии нагрева. В первом случае нагреву подвергалась оболочка кабельного изделия, а во втором случае, проводился нагрев токопроводящей жилы. Для первого случая были созданы условия температурного старения кабеля, оболочка нагревалась при температуре равной 373 К в течении часа. Для второго случая, был создан эффект распределения температурного поля, при воздействии температурой на токопроводящую жилу, для ПВХ - 343 К, для ПЭ и ТЭП - 363 К. Данные температуры были выбраны, с учётом того, что при протекании электрического тока по ТПЖ, жила нагревается до соответствующих температур.

Из полученных моделей распределения теплового поля, можно сделать вывод, что наиболее прогреваемой конструкцией кабеля является изделие с изоляцией и оболочкой из полиэтилена, это связано с высокой теплопроводностью полиэтилена. Самым стойким материалом оказался термоэластопласт, так как у данного материала самая низкая теплопроводность.

ДВУХСТОРОННЕЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЕ ПРЕССОВАНИЕ КОРУНДО-ЦИРКОНЕВОЙ КЕРАМИКИ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Дуданец А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Магнитно-импульсное прессование – перспективный метод получения высокоплотной керамики. Однако важно учитывать, что нанопорошки содержат значительное количество адсорбированных веществ. В большинстве случаев наличие адсорбатов в исходном нанопорошке препятствует получению плотных компактов.

Количество адсорбатов в составе нанопорошка возможно уменьшить, если проводить прессование при повышенных температурах в вакууме.

На кафедре ЭКМ успешно развивается тема двустороннего магнитно-импульсного (ДМИ) прессования. Под руководством профессоров Анненкова Ю.М. и Сивкова А.А. разработаны различные конструкции МИ-прессов. Над этими тематиками работает большой коллектив.

Целью данной работы являлась разработка устройства для вакуумной дегазации порошка в ДМИП.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: во-первых необходимо провести 1) Проектирование и конструирование элементов пресса. Далее провести 2) Проектирование и конструирование вакуумной системы и в завершении 3) получить опытную партию порошковых компактов при различных режимах прессования и их сравнить.

В общем виде ДМИП изображен на рисунке 1. представляет собой симметричную конструкцию, состоящую из основных элементов: индуктора и концентратора. Вся конструкция закреплена при помощи 6 шпилек, по которым также производится параллельное соединение индукторов.

Главной задачей работы является разработка устройства для вакуумной дегазации порошка. Для создания данного устройства были сформулированы следующие требования:

- разработать конструкцию вакуумной камеры с пресс-формой, обеспечивающей вакуум на уровне 10⁻² атм.,
- создать систему нагрева пресс-формы с порошком,
- разработать механически прочную конструкцию передающих усилие на пресс-форму толкателей и обеспечить вакуумно плотные соединения их в камере,
- обеспечить идентификацию температуры нагрева и охлаждения порошка в пресс-форме,
- при проектировании нагрева пресс-формы с порошком предусмотреть минимальную температурную инерционность системы.

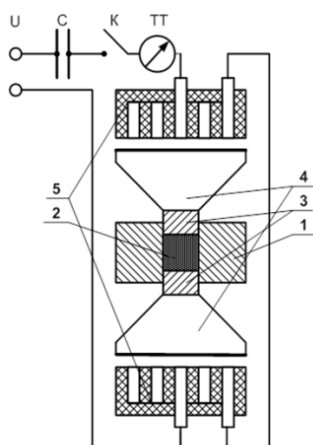


Рис. 1. Схема ДМИ-пресса: С – батарея импульсных конденсаторов, К – разрядник, ТТ – трансформатор тока, 1 – матрица пресс-формы, 2 – прессуемый порошок, 3 – пуансоны, 4 – концентраторы, 5 – индукторы

На основании данных требований, первоначально была разработана конструкция установки, представленная на рисунке 2.

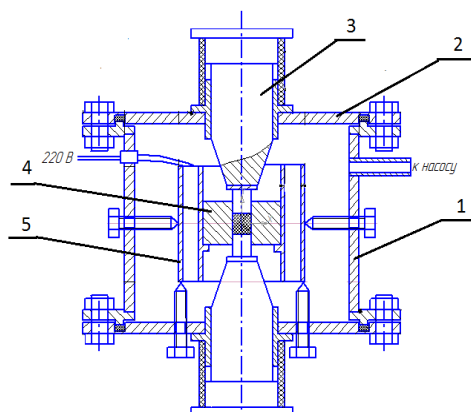


Рис. 2. Общий вид вакуумной камеры: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – толкатель; 4 – пресс-форма; 5 - печь

Установка состоит из пресс-формы, вокруг которой расположен нагреватель, толкателей для передачи усилия от концентраторов

В общем виде устройство размешенное в ДМИП представлено на рисунке 3. Оно состоит из корпуса крышек и печи для нагрева пресс-формы.

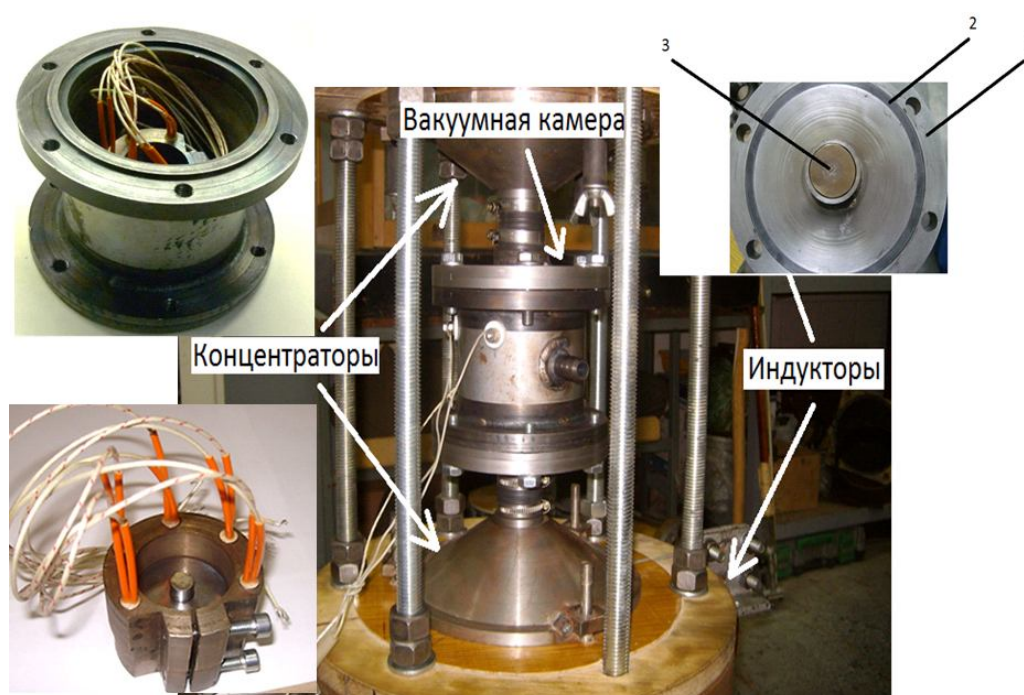


Рис. 3. Общий вид вакуумной камеры и основных элементов ее конструкции

Прессование порошковых материалов с использованием разработанной вакуумной камеры при повышенных температурах проводилось на корундо-циркониевых порошках. В результате проделанной работы при различных технологических режимах нами были получены партии порошковых компактов. Результаты сведены в нижеследующую таблицу.

Таблица 1.

	$t_{пр}, ^\circ\text{C}$	$P_{пр}, \text{ГПа}$	Плотность, г/см^3	От. плотность, %
Статическое	20	0,4	2,6 – 2,7	48 - 50
ДМИП Без вакуума	20	0,8	3.2 – 3,4	59 - 63
ДМИП С вакуумом	20	0.8	3.6 – 3,8	67 - 70
ДМИП С температурой и вакуумом	120	1	3,92 - 4,1*	73 – 76*

Анализ результатов сведенных в таблицу позволяет сделать следующие выводы:

1. ДМИ-прессование является более перспективной технологией по сравнению со статическим прессованием, так как обеспечивает получение более плотных компактов.

2. При использовании вакуума в ДМИ-прессе плотность компактов увеличивается за счет уменьшения количества газовых включений в составе порошка.

3. При прессовании в вакууме и при повышенной температуре плотность компакта возрастает за счет удаления различных адсорбатов – в основном это вода.

4. Также в процессе проведения экспериментов был опробован режим прессования в 2 этапа: 1 – прессование образца в условиях вакуума без нагрева; 2 – прессование в условиях вакуума при нагреве до 5000С, 20-ти минутной выдержкой, охлаждением до 120-2500С. В результате были получены прессовки с относительной плотностью 76 %, что является хорошим результатом проделанной работы.

Таким образом, в ходе работы была разработана установка для ДМИ-прессования корундо-цирконевой керамики при повышенной температуре в вакууме.

Отработана методика ДМИ-прессования.

Получены компакты с плотностью достигающей 76 %.

Также хотелось бы еще раз отметить, что на данный момент установка позволяет проводить прессование при температурах 250-3000С в условиях вакуума.

Выполненная работа является началом новых разработок, посвященных высокотемпературному ДМИ-прессованию корундо-циркониевой нанокерамики. В ближайшей перспективе, которой необходимо поднять температуру прессования до (1000-1200)0С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В.В., Кайгородов А.С., Хрустов В.Р., Паранин С.Н., Спирин А.В. Прочная керамика на основе оксида алюминия, получаемая с использованием магнитно-импульсного прессования композитных нанопорошков // Российские нанотехнологии, 2006. – Т.1. – № 1-2. – С. 243.

2. Кайгородов А.С., Иванов В.В., Паранин С.Н., Ноздрин А.А. Роль адсорбатов при импульсном прессовании нанопорошков оксидов // Российские нанотехнологии, 2007. – Т.2. – № 1-2. – С. 112–118.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ ИТТРИЙ-БАРИЕВЫХ КУПРАТОВ

Степанов К.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г.Томск

В современном мире, как никогда, чувствуется острая необходимость в использовании большого количества электроэнергии. Существует два способа решения этого вопроса: непосредственно увеличение количества электростанций, либо переход на сверхпроводящие проводники. Оба способа имеют место быть, но, все же, наиболее перспективным является второй путь, однако он упирается в проблему создания комнатотемпературных сверхпроводников. Решением этого вопроса занимаются во многих научно-производственных коллективах, в том числе и в лаборатории высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП) ЭНИН ТПУ. В лаборатории ВТСП развивается новый подход, связанный с применением высокоинтенсивных воздействий (разрядная плазма, магнитно-импульсное прессование, диспергирование порошков). В связи со сказанным, главная задача нашей темы состоит в разработке такой технологии синтеза материала, которая позволит получать продукт, обладающий сверхпроводящими свойствами при температурах окружающей среды. Наиболее перспективными в этом направлении, по нашему мнению, можно считать иттрий-бариевые купраты [3].

В данной работе разрабатывается способ плазмодинамического синтеза шихты для высокотемпературных сверхпроводников с использованием коаксиального магнитоплазменного ускорителя профессора Сивкова [4].

Установка представлена в виде цилиндрической трубы (рисунок 1), разделенной на две камеры: регистрирующую и рабочую. В регистрирующей камере имеется технологическое отверстие – окошко, через которое, при помощи сверхвысокочастотной камеры Photon FASTCAM SA1.1 проводится регистрация процессов, протекающие внутри установки.

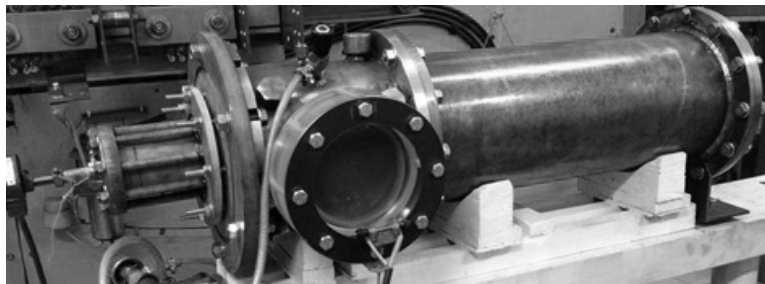


Рис. 1. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель

Главным элементом конструкции является коаксиальный ускоритель Сивкова [4], который крепится на фланце регистрирующей камеры. Ускоритель состоит из: медной трубки – ствола, внутри которого находится центральный электрод с изолятором, а также исходные оксидные порошки, являющиеся прекурсорами шихты. Сам ствол вворачивается в соленоид (ускоритель).

Работа установки заключается в следующем: при замыкании цепи импульсный ток протекает через центральный электрод и инициирует плазменный разряд. Далее под действием выталкивающего магнитного поля индуктора, плазменный поток уносит вместе с собой частицы порошковой шихты (прекурсоры), а так же продукты эрозии поверхности медного ствола. В плазме, под действием высоких температур, протекают реакции, в результате чего образуется однородный порошок. Конечный продукт реакции, с наноструктурным строением под давлением выбрасывается в регистрирующую, а затем и в рабочую камеры (рисунок 3). Длительность рабочего процесса составляет около 500 мкс. На рисунке 3 представлена динамика движения плазмы в камере установки.

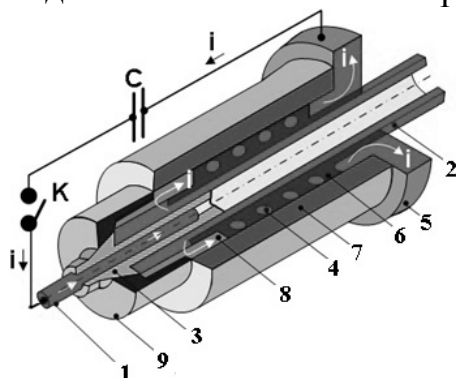


Рис. 2. Плазменный ускоритель: 1 – центральный электрод, 2 – электрод – ствол, 3 – изолятор центрального электрода, 4 – соленоид, 5 – контактный фланец, 6 – изоляция, 7 – корпус, 8 – контактный цилиндр, 9 – заглушка

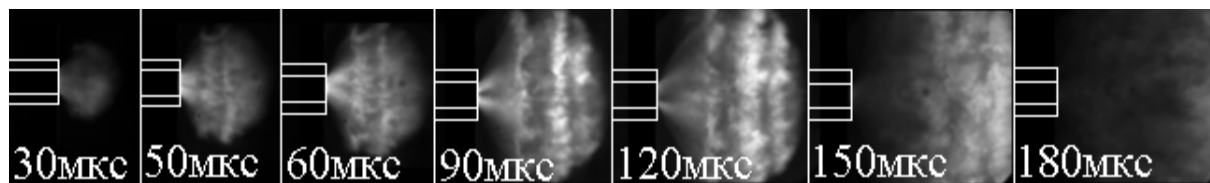


Рис. 3. Процесс горения плазмы

Анализ полученных фаз и структуры синтезированного порошка проводился на рентгеновском дифрактометре XRD Shimadzu 7000S (CuK α -излучение). Результат анализа представлен на рисунке 4.

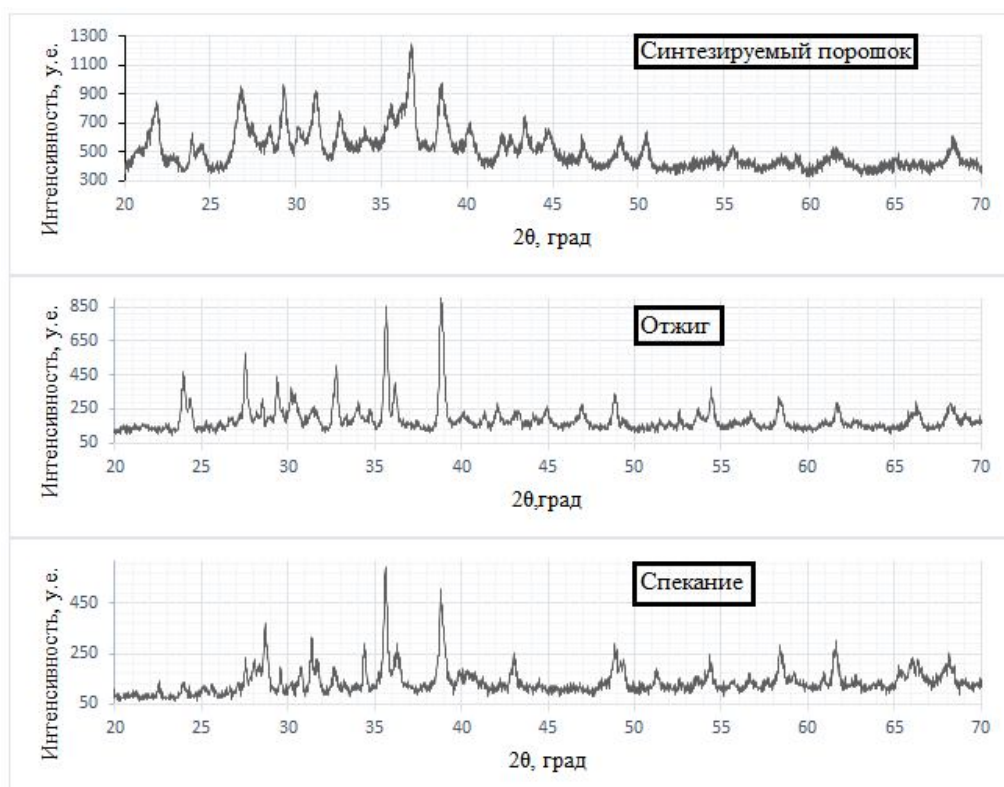


Рис. 4. Рентгенограммы синтезируемого порошка и керамики

Первый снимок – рентгенограмма исходного порошка; второй – рентгенограмма порошка после отжига при температуре 850°C, с последующей выдержкой в течении часа и третий – рентгенограмма готовой керамики, предварительно сформованной на двухстороннем магнитно–импульсном прессе [5] и спеченной при температуре 960°C в течении шести часов с контролируемым охлаждением 100 °C/ч.

В результате проделанной работе можно сделать следующие выводы.

Во-первых, что касается самой технологии синтеза материалов, то тут есть две принципиальные особенности: 1) это одностадийность процесса, длительность которого составляет не более 500 мкс и 2) конечный продукт реакции имеет нанокристаллическую структуру, что в конечном итоге может существенно повлиять на температуру перехода образца в сверхпроводящее состояние.

Во-вторых, образец, полученный после спекания, удовлетворительно описывается эталонами, что говорит о правильном подборе соотношения исходных прекурсоров.

В-третьих, определены основные параметры системы (энергетические, технологические) влияющие и определяющие максимальное КПД всей системы.

Таким образом, в работе показана возможность синтеза шихты и керамики высокотемпературных сверхпроводников на основе иттрий-бариевых купратов с использованием высокоинтенсивных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Де Жен П. Сверхпроводимость металлов и сплавов. М: ЁЁ Медиа, 280 стр., 2012.
2. Гинзбург В.Л. О сверхпроводимости и сверхтекучести. Автобиография. М.: Физматлит, 2006.
3. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. М.: МЦНМО, 2000.
4. Пат. 2243474 РФ. 7F41B 6/00. Коаксиальный ускоритель / Д.Ю. Герасимов, А.А. Сивков. Приор. 31.07.2003. Опубликовано 27.12.2004, Бюл. №36.
5. Ивашутенко А.С. Корундо-циркониевая нанокерамика, полученная с использованием высокоинтенсивных потоков энергии. Диссертация кандидата технических наук. 2010.

ТРАДИЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХПРОВОДНИКОВ ИЗ ИТТРИЙ-БАРИЕВЫХ КУПРАНТОВ

Лазарева Н.В., Выгузов Д.О.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г.Томск

Открытие в 1987 году высокотемпературного сверхпроводящего материала состава $YBa_2Cu_3O_7$, критическая температура которого (93К) превышает температуру кипения жидкого азота (77К), принципиально меняет экономические показатели сверхпроводниковых устройств, поскольку стоимость хладагента и затраты на поддержание необходимой температуры значительно снижаются, что радикально расширяет возможности практического использования сверхпроводимости для создания новой техники. Научно-технические программы ведущих стран предусматривают широкий комплекс работ, включающих в себя фундаментальные и прикладные исследования, направленные на решение проблемы технической реализации высокотемпературной сверхпроводимости.

Одной из важных задач в данном направлении является энергоэффективная, экономически-выгодная, доступная методика синтеза сверхпроводящих материалов.

Существуют различные способы изготовления монофазного высокодисперсного порошка высокотемпературного сверхпроводника. В качестве исходного компонента используют ультрадисперсный порошок (УДП) меди с частицами размером 0,05 - 0,15 мкм и шихту (УДП Cu, Y₂O₃, BaCO₃ до синтеза прокалывают при 150 - 350°C 1-3 ч). Положительный эффект: монофазный высокодисперсный порошок YBa₂Cu₃O₇ с частицами 0,5 - 1 мкм получают в процессе синтезирования, не применяя длительный помол спека после синтеза. Применение УДП Cu способствует снижению температуры синтеза до 920°C и уменьшению времени синтеза до 6 ч. Керамика YBa₂Cu₃O₇ спеченная из порошка, полученного предлагаемым способом, имеет плотность $\rho = 95\%$ от теоретической, содержание орторомбической фазы 98 - 100%, T_c = 92 - 95 К.

Традиционная технология получения сверхпроводящей керамики на основе иттрий - бариевых купратов включает в себя четыре этапа:

- Подготовка порошков оксидов иттрия (Y), бария (Ba) и меди (Cu) в нужных пропорциях для приготовления шихты. Размеры порошинок на уровне (100 – 500) нм.
- Компактирование порошковой шихты.
- Термическое спекание компактов при температуре 9500С.
- Отжиг при температуре 4000С на воздухе в течении 2 часов (для насыщения структуры кислородом).

Определение массовой доли каждого из составляющих производится подходящим для него методом.

Иттрий определяли комплексонометрическим методом при pH=5,5 с ксиленовым оранжевым после маскирования меди унитиолом. Для подготовки пробы измельченный продукт растворяли в соляной кислоте. 25 см³ полученного раствора помещали в колбу для титрования, прибавляли 5 см³ раствора унитиола, 10 см³ буферного раствора, разбавляли водой до 100 см³, прибавляли около 0,1 г ксиленового оранжевого и титровали раствором трилона Б до перехода розовой окраски раствора в желтую. Содержание бария в образцах состава YBa₂Cu₃O₇ определяли гравиметрическим методом, основанным на осаждении и взвешивании бария в виде его сульфата.

Взвешенную пробу растворяли в соляной кислоте, разбавленной водой в соотношении 1:4, нагревали до кипения, медленно при перемешивании прибавляли 10 см³ горячего раствора серной кислоты с массовой концентрацией 10%. Раствор с осадком выдерживали на водяной бане 1,5-2 часа. После этого осадок сульфата бария отфильтровывали через двойной фильтр «синяя лента», промывали 5 раз горячим раствором серной кислоты с массовой концентрацией 1%, а

затем 5 раз водой. Фильтр с осадком помещали в тигель и прокаливали при температуре 8000С.

Для определения содержания меди использовали иодометрический метод. Выбранные условия пробоподготовки обеспечивают переведение всей меди образца в состояние Cu^{+2} .

Для подготовки пробы измельченный продукт растворяли в соляной кислоте. 25 см³ этого раствора помещали в колбу для титрования, упаривали до влажных солей, прибавляли 25 см³ раствора соляной кислоты (1 моль/см³), 10 см³ раствора калия иодистого, закрывали пробкой и выдерживали в темном месте 10 мин. После чего разбавляли раствор водой до объема 100 см³ и выделившийся йод титровали раствором натрия серноватистокислого до перехода окраски раствора в светложелтую. Затем прибавляли 1 г. аммония роданистого, 2 см³ крахмала и медленно дотитровывали при тщательном перемешивании до обесцвечивания раствора.

Содержание кислорода в образцах сверхпроводящих купратов определяли иодометрическим методом, основанным на определении количества I_2 , выделяющегося при взаимодействии анализируемого вещества с раствором KI.

Исходные компоненты, взятые в соответствующем молярном соотношении, тщательно измельчали и смешивали в агатовой ступке.

Шихту загружают в корундовый тигель и помещают в муфельную печь, в которой проводят окисление меди и синтез. Окисление меди проводят прокаливанием шихты при 1500С в течение 2-3 ч или прокалывание проводят при 3500С в течение 1-3 ч.

Твердофазный синтез включает следующие операции: нагрев шихты на воздухе до 9200С за 4 ч, выдержка при 9200С 6 ч с двухкратным перетиранием шихты через каждые 3 ч в агатовой ступке, охлаждение шихты в печи в течение 3 ч до 4000С, выдержка при этой температуре в течение 10 ч. Далее охлаждение шихты в печи до комнатной температуры за 2 ч.

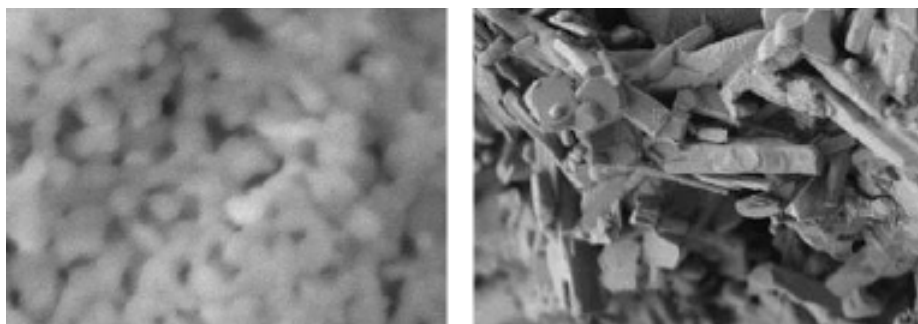


Рис.1. Иттрий-бариевый купрат $YBa_2Cu_3O_7$ до процесса отжига (слева) и после процедуры отжига (справа)

На рисунке представлены изображения частиц иттрий-бариевого купрата $YBa_2Cu_3O_7$ сделанные с помощью электронного микроскопа JSM-7500F. На левом изображении показана структура частиц $YBa_2Cu_3O_7$ полученных пиролизом до процесса отжига с размерами зёрен около 100 нм. На правом – кристаллическая структура частиц $YBa_2Cu_3O_7$ после процесса отжига.

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМНОГО ЗАРЯДА НА РАЗВИТИЕ ПРОБОЯ В СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ДИЭЛЕКТРИКАХ

Барсуков Д. А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г.Томск

Известно, что в настоящее время широкое применение в качестве электрической изоляции высоковольтных электрических машин, трансформаторов и др. конструкций находят различные композиционные материалы, имеющие слоистую структуру. К таким материалам относят стеклолакоткань, имидофлекс, стекломиканит, текстолит, гетинакс и многие другие. Учитывая особенности электротехнических конструкций, такие материалы могут работать в условиях резконавномерного электрического поля. Исследования процесса электрического старения слоистых композиционных диэлектриков уже были проведены на кафедре ЭКМ Почеваловой А. В., Карпицким О.В. и Кимом С. В. В их работах было установлено, что развитие всех этапов процесса электрического старения сопровождается образованием частичных разрядов, интенсивность которых отражает динамику разрядных процессов, но не является определяющим фактором. Развитие частичных разрядов приводит к образованию объёмных зарядов. Эти заряды могут вызывать перераспределение электрического поля и, тем самым, оказывать влияние на длительность процесса старения. Изучение разрядных процессов в слоистых композиционных материалах имеет большое значение для оценки надежности ряда электроизоляционных конструкций.

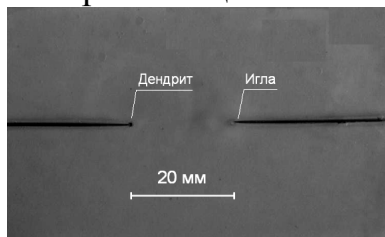


Рис. 1. Начальный этап развития разряда после приложения напряжения к образцу композиции ПММА – ПЭТФ

Развитие разряда в слоистых композиционных материалах в резконеоднородном электрическом поле при длительном воздействии приложенного напряжения происходит в три этапа:

образование дендритов шарообразной формы у острия игл при напряжении порядка половины разрядного;

промежуточное состояние, когда развитие разряда приостанавливается;

дальнейшее развитие разряда при достижении напряжения, близкого к разрядному.

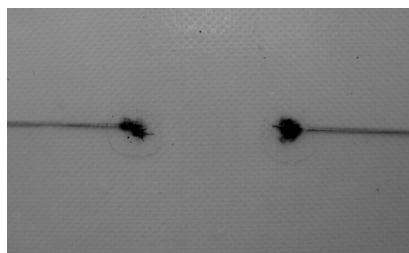


Рис. 2. Развитие разряда в композиции ПММА – стеклолакоткань при увеличении уровня воздействующего напряжения

Все эти этапы сопровождались ионизационными процессами.

Поскольку контролировать такие объемные заряды достаточно сложно, в моей работе предполагается использовать электретные заряды, возникающие при формировании термоэлектретов.

Получение термоэлектретов:

Когда в образце полимерного диэлектрика наибольший постоянный дипольный момент имеет сегмент, то ориентация таких диполей во внешнем электрическом поле возможна только при $T > T_c$ (T_c - температура стеклования аморфной фазы полимера). После охлаждения в поле до $T < T_c$ сегменты, а вместе с ними и дипольные моменты “застынут” в ориентированном состоянии, а образец в целом приобретет поляризацию - получится электрет. Если же дипольные моменты сегментов равны нулю, а отличны от нуля у боковых групп, электрет может быть получен, если диэлектрик выдержать в поле при температуре выше точки релаксационного перехода, при котором размораживается подвижность боковых групп, а затем охладить в поле до температур, лежащих ниже области перехода.

Наличие постоянного дипольного момента недостаточно для получения электрета. Важным условием является то, чтобы кинетическая единица, несущая дипольный момент, при “нормальных”, комнатных температурах не могла совершать повороты на большие углы, а совершала бы небольшие колебания около положения равновесия. Только тогда

поляризованное состояние диэлектрика может сохраняться длительное время.

Электреты с истинной ориентационной дипольной поляризацией, полученные по данному способу, называют термозлектретами. Схема их получения отражена на рис 3.

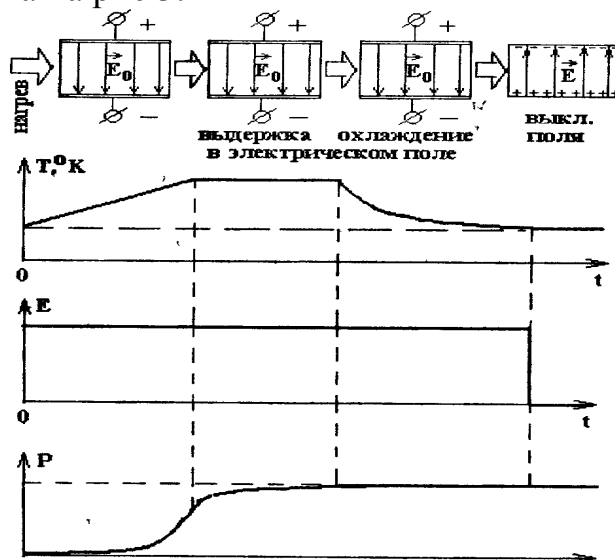


Рис. 3. Схема получения термозлектрета с истинной поляризацией

Испытания проводятся на переменном напряжении частотой 50 Гц, при различных температурах в системе электродов игла – игла, создающих резконеровномерное электрическое поле. В качестве образцов используется комбинация из различных диэлектрических материалов (имидофлекс, стеклотекстолит, стекломиканит, стеклолакоткань и др.), наклеиваемых на подложку из полиметилметакрилата (ПММА) толщиной 3 мм с помощью эпоксидного компаунда холодного отверждения на основе смолы ЭДб и отвердителя – полиэтиленполиамина. Количество образцов на точку составляет не менее 5. В промежутке между пластинками разных материалов размером 50×100 мм² (на границе их раздела с подложкой) располагаются электроды игла – игла на расстоянии 20 мм. Чтобы исключить образование воздушных прослоек и обеспечить ровную склеиваемую поверхность материала с подложкой в ней делались специальные проточки, в которые утапливались иглы. В качестве игл будут использоваться швейные иглы RTB 14539, имеющие радиус закругления порядка 50...70 мкм. Радиус закругления игл определялся с помощью горизонтального компаратора ИЗА-2 с точностью ±0,5 мкм.

Ожидается увеличение скорости развития разряда по границам раздела фаз слоистых диэлектриков вследствие более быстрого роста дендритов у острия игл и развития канала пробоя. Получение зависимости времени пробоя от величины объемного заряда

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ РАДИОЧАСТОТНЫЙ КАБЕЛЬ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПРИБОРНОГО МОНТАЖА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Потеряева Н.Л.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

В настоящее время наблюдается малый выпуск номенклатуры радиочастотных кабелей на российском рынке. Промышленное производство их недостаточно развито, поэтому наиболее развитые отрасли промышленности вынуждены использовать радиочастотные кабели импортного производства. Таким образом, существует значительная потребность в выпуске различных видов радиочастотных кабелей в России, а также в модернизации некоторых из них.

Научно – исследовательскому отделу «Радиочастотные кабели» ОАО «ОКБ КП» поставлена задача рассчитать конструкцию и технологические режимы производства радиочастотного кабеля для мультиплексной передачи сигналов межприборного и внутреннего монтажа радиоэлектронной аппаратуры, установленной на борту военного самолета, при частоте до 30 МГц.

Целью работы является расчет конструкции и технологических режимов производства радиочастотного кабеля, удовлетворяющего следующим требованиям:

передача максимальной мощности с минимальными потерями (минимальным затуханием);

наилучшая передача информационных сигналов (минимальное значение электрической емкости);

однородность и стабильность его электрических характеристик и, прежде всего, однородность волнового сопротивления по длине кабеля;

повышенная гибкость;

широкий диапазон рабочих температур от -55 0С до +200 0С;

круглая форма.

Существуют радиочастотные кабели импортного производства (США, Германия и Англия), предназначенные для мультиплексной передачи сигналов межприборного и внутреннего монтажа радиочастотных устройств в диапазоне частот до 30 МГц. Данные кабели производятся согласно американскому стандарту M17/176D.

Проведя анализ существующих зарубежных аналогов разработанного кабеля, были выделены общие технические характеристики (таблица 1).

Средняя стоимость зарубежного аналога составляет 9000 р за 1км длины [1, 2].

Таблица 1.
 Характеристики кабеля марки М17/176-00002, КВСФ -75 и разработанного кабеля

Параметр кабеля	М17/176-00002	КВСФ - 75	Разработанный кабель
Диаметр внутреннего проводника, мм	0,6	0,6	0,6
Скрутка ТПЖ (количество проволок в жиле/диаметр проволок)	19/0,127	7/0,2	19/0,12
Материал внутреннего проводника	Медь посеребренная (высокопрочная)	Медь посеребренная (высокопрочная)	Медь посеребренная (высокопрочная)
Диаметр по изоляции, мм	1,066	1,1	1,1
Материал изоляции	Фторопласт марки ПТФЭ	Фторопласт марки ФЭП	Материал изоляции ТПЖ: Ф-4Д Материал корделя: Ф-4Д
Материал оболочки	Фторопласт марки PFA	Фторопласт Ф-4Д с перекрытием + Ф-4МБ	Фторопласт марки ФЭП
Материал экрана	Медь посеребренная	Медь луженая	Медь посеребренная
Диаметр по оболочке, мм	3,27	4,2	3,3
Диапазон рабочих температур, 0С	-55..200	-60..200	-60..200
Вес, кг/км	26,8	30,8	22,3
Волновое сопротивление, Ом	77	75	73
Электрическая емкость, пФ/м	62,5 – 90	65	66
Коэффициент затухания при $f=30$ МГц, дБ/м	0,25	0,28	0,29

ОАО «ОКБ КП» производит кабель марки КВСФ – 75 (таблица 1). Данный кабель используется в мультиплексных системах передачи информации в диапазоне частот до 30 МГц. Стоимость кабеля марки КВСФ-75 составляет 4000 р за 1 км длины [3].

Но кабель марки КВСФ-75 не удовлетворяет современным требованиям проектирования и монтажа РЭА, а также по массогабаритным показателям. Поэтому была поставлена задача: на базе существующего кабеля марки КВСФ-75, придерживаясь американского стандарта M17/176, рассчитать конструкцию и технологические режимы для производства нового кабеля, удовлетворяющего современным требованиям.

Для повышения класса гибкости в новой конструкции кабеля было увеличено количество скручиваемых проволок в ТПЖ с 7 до 19, сохраняя неизменным сечение ТПЖ.

Внутренний и внешний проводники разрабатываемого кабеля выполняются из посеребренной медной проволоки. Серебрение медной проволоки применяют для предохранения медной жилы от окисления при наложении изоляции из фторопласта и получения стабильных характеристик радиочастотных кабелей [4].

В данном кабеле применяется полувоздушная изоляция с кордельным заполнением, что способствует увеличению скорости распространения сигналов, повышению гибкости, приданию кабелю более круглой формы и обеспечивает уменьшение коэффициента затухания, электрической емкости и однородность волнового сопротивления по длине кабеля [4].

В качестве материалов изоляции разработанного радиочастотного кабеля с целью обеспечения заданных электрических и механических параметров использовались две марки фторопластов ПТФЭ и ФЭП.

Подобрав подходящие материалы элементов конструкции кабеля и осуществив расчет конструкции и технологических режимов для производства, были изготовлены образцы кабеля в 4 вариантах, отличающихся по используемому материалу изоляции ТПЖ и корделя.

Для всех изготовленных вариантов провели измерение конструкционных и электрических параметров образцов, результаты которых приведены в таблице 2.

По полученным результатам измерений наиболее подходящим вариантом оказался вариант №1, где применялся материал изоляции ТПЖ и корделя фторопласт марки Ф-4Д.

Провели сравнительный анализ измеренных параметров разработанного кабеля с параметрами кабеля отечественного производства марки КВСФ-75 и кабеля импортного производства M17/176-00002, полученные характеристики оказались по некоторым параметрам лучше,

чем у кабеля отечественного производства и соответствуют американскому стандарту M17/176.

Таблица 2.

Результаты измерения конструкционных и электрических параметров разработанного кабеля

№	Материал Изоляции и ТПЖ	Материал корделя	Диаметр по оболочке, мм	Диаметр по изоляции, мм	C0, пФ/м	$\alpha_{30МГц}$, дБ/м	ZB, Ом
1	Ф-4Д (ПТФЭ)	Ф-4Д (ПТФЭ)	3,3	1,1	65,85	0,29	73
2	Ф-4Д (ПТФЭ)	Ф-4МБ (ФЭП)	3,22	1,09	66,49	0,2	70,4
3	Ф-4МБ (ФЭП)	Ф-4МБ (ФЭП)	3,2	1,09	70,3	0,21	68,2
4	Ф-4МБ (ФЭП)	Ф-4Д (ПТФЭ)	3,26	1,09	68	0,21	68,9

Таким образом, характеристики разработанного кабеля по некоторым параметрам лучше, чем у кабеля отечественного производства марки КВСФ-75 и соответствуют американскому стандарту M17/176:

минимальное значение коэффициента затухания,
минимальное значение электрической емкости,
широкий интервал рабочих температур,
однородность электрических параметров по длине кабеля, прежде всего волнового сопротивления.

Разработанный кабель планируется внедрить в производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Harbour Industries/ <http://www.harbourind.com>
2. Giatech. Creating connectivity/ <http://www.giatech.eu/>
3. Каталог продукции. ОАО «ОКБ КП»/ <http://www.okbkr.ru>
4. Гальперович Д.Я., Павлов А.А., Хренков Н.Н. Радиочастотные кабели. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОЙ ЖИДКОСТИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ В КОНСТРУКЦИИ КАБЕЛЕЙ

Матери Т.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Актуальность работы:

Низковольтные кабельные изделия (КИ) эксплуатируются в условиях, когда оболочка и изоляция подвергаются одновременному воздействию многих факторов, включая действие агрессивных сред, среди которых на производстве и транспорте наиболее часто встречаются жидкие углеводороды: дизельное топливо, трансформаторное масло. В большой степени срок службы КИ зависит от способности противостоять действию этих факторов и определяется сроком службы самого слабого материала в конструкции. В России и за рубежом для производства маслостойких кабелей используют следующие материалы: термопластичные полиуретановые компаунды (TPU), полиамиды (РА), полиэтиленовые компаунды (РЕ), фторполимеры и специальные ПВХ-компаунды.

Данная работа позволит определить критические параметры устойчивости КИ к агрессивной среде и разработать модифицированную конструкцию кабеля с повышенной устойчивостью к воздействию агрессивной среды. Это даст производителям КИ надежные критерии выбора материалов и обеспечит надежную работу широкой номенклатуры низковольтных КИ в течение более длительного времени на транспорте и в во многих ответственных отраслях производства.

Цель:

Разработка конструкционных методов повышения устойчивости низковольтных кабельных изделий к воздействию агрессивной среды.

Разработка рекомендации по методике выбора критических параметров устойчивости к агрессивной среде.

В данной работе проведено сравнение устойчивости маслостойких проводов отечественного производства с маслостойкими кабелями марки Ölflex фирмы LAPP Cable (Германия). Отечественные провода сечением 4 мм² представляют собой многопроволочную медную токопроводящую жилу (ТПЖ) с изоляцией полиуретанового типа и оболочкой из ПВХ пластика. Толщина оболочки 0,8 мм.

Кабели марки Ölflex сечением 2.5мм², марок:

- 440P многопроволочная медная ТПЖ, с изоляцией из термопластичного эластомера, и оболочкой из TPU, не содержащие галогенов. Толщина оболочки 1,2 мм.

- 500P многопроволочная медная ТПЖ, с изоляцией и оболочкой из TPU. Толщина оболочки 0,9 мм.

- Robust 200 многопроволочная медная ТПЖ, изоляция из термопластичного эластомера, с низкой емкостью, безгалогеновая, износостойкая безгалогеновая оболочка на базе специального термопластичного эластомера. Толщина оболочки 1,1 мм.

Обсуждение результатов.

На рис. 1 представлены зависимости набухания оболочки, мм от времени нахождения в агрессивной среде, час. На графике представлены зависимости для провода отечественного производства и кабелей производства Германии.

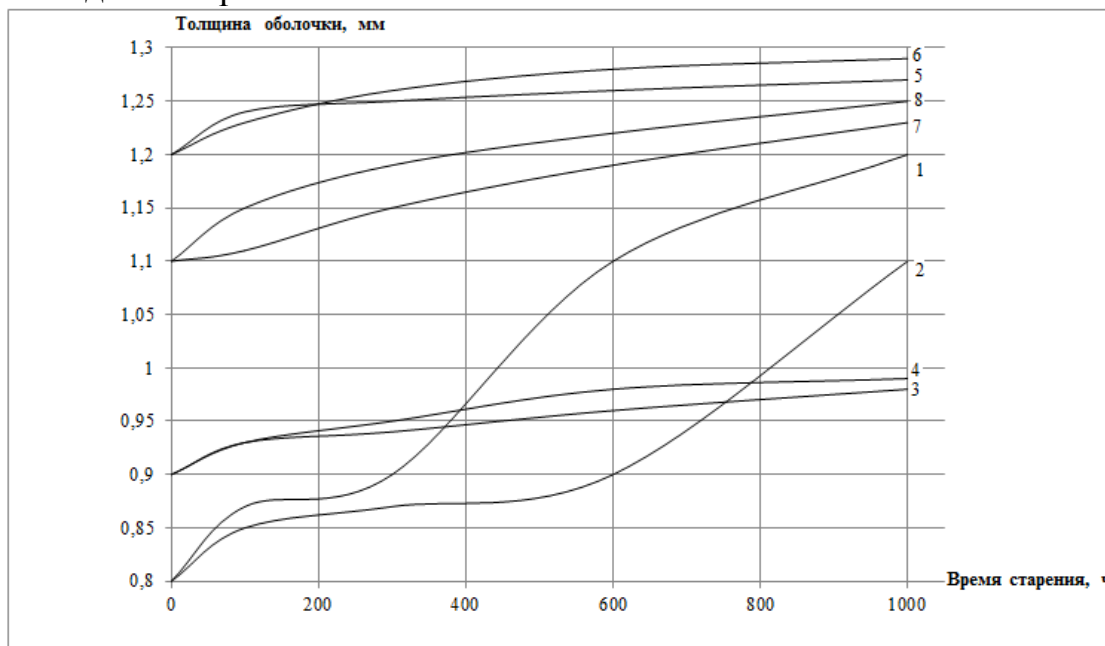


Рис. 1. Зависимость толщины оболочки, мм, от времени старения, час
1,2 – провод отечественного производства, находящийся в трансформаторном масле и дизельном топливе.
3, 4 – кабель производства Германии (500P), находящийся в трансформаторном масле и дизельном топливе.
5, 6 – кабель производства Германии (440P), находящийся в трансформаторном масле и дизельном топливе.
7, 8 – кабель производства Германии (Robust 200), находящийся в трансформаторном масле и дизельном топливе

Как видно из рис. 1 толщина оболочки всех рассматриваемых в работе образцов с течением времени увеличивается.

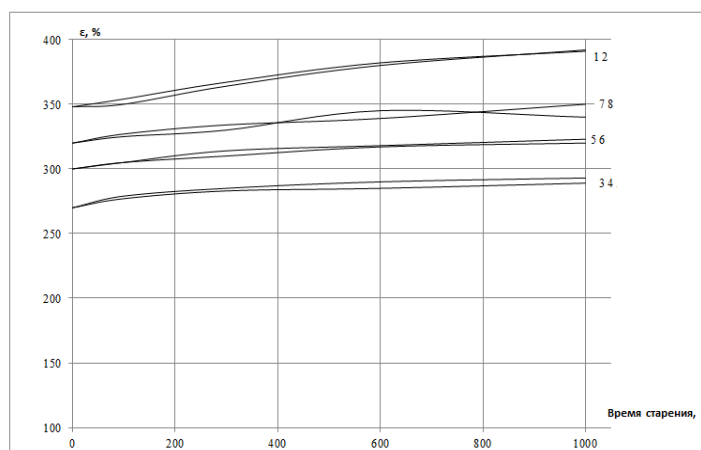


Рис. 2. Зависимость относительного удлинения, %, от времени старения, час

1,2 – провод отечественного производства, находящийся в трансформаторном масле и дизельном топливе; 3, 4 – кабель производства Германии (500P), находящийся в трансформаторном масле и дизельном топливе; 5, 6 – кабель производства Германии (440P), находящийся в трансформаторном масле и дизельном топливе; 7, 8 – кабель производства Германии (Robust 200), находящийся в трансформаторном масле и дизельном топливе

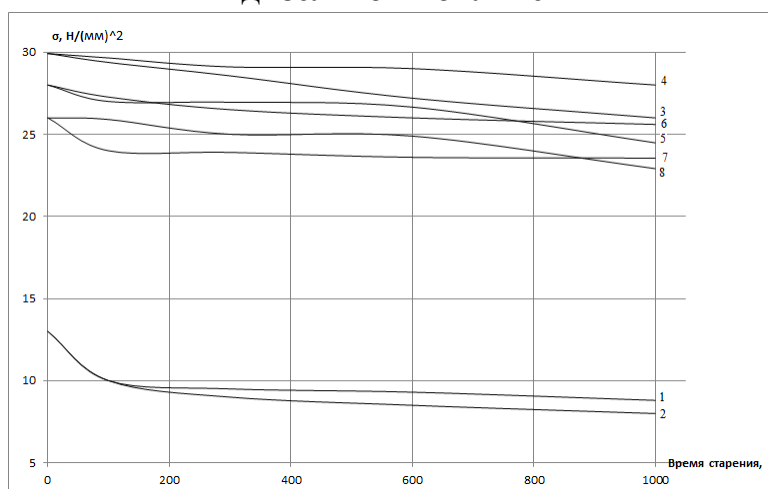


Рисунок 3. Зависимость предела прочности Н/мм², от времени старения, час

1,2 – провод отечественного производства, находящийся в трансформаторном масле и дизельном топливе; 3, 4 – кабель производства Германии (500P), находящийся в трансформаторном масле и дизельном топливе; 5, 6 – кабель производства Германии (440P), находящийся в трансформаторном масле и дизельном топливе; 7, 8 – кабель производства Германии (Robust 200), находящийся в трансформаторном масле и дизельном топливе

На рис. 2, 3 представлены зависимости относительного удлинения ε , % и прочности при разрыве σ , Н/мм² от времени нахождения в агрессивной среде, час., для провода отечественного производства и кабелей производства Германии.

Из сравнения данных рис. 1,2 и табл. 1,2 видно, что измеренные значения σ и ε находятся в хорошем соответствии с табличными данными.

Как видно из рис.2,3 относительное удлинение в период 1000 часов для кабелей марки Ölflex составило 10%, а для проводов отечественного производства 12%. Предел прочности уменьшается у проводов марки Ölflex за период 1000 часов на 11%, для проводов отечественного производства на 35-40%.

В целом, по результатам работы можно сделать следующие выводы:

Работа в агрессивных средах способна приводить к выходу из строя КИ за короткий промежуток времени (менее 150 часов).

Дизельное топливо оказывает большее воздействие на механические характеристики, чем трансформаторное масло.

Для кабелей и проводов, работающих в контакте с углеводородными жидкостями, в качестве оболочки более подходящим является ТЭП, по сравнению с ПВХ- пластикатом.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р МЭК 60811-2-1-2006 «Общие методы испытаний материалов изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей».
2. <http://www.prom-polymer.ru> – Промышленные полимеры.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАРЕНИЯ ОДНОЖИЛЬНОГО ПРОВОДА С ИЗОЛЯЦИЕЙ И ОБОЛОЧКОЙ ИЗ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТА

Белёва Е.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

В настоящее время, кабели на низкое напряжение применяются практически во всех отраслях промышленности. Для этих кабелей основной причиной ухудшения свойств является тепловое старение. В последнее время в кабельной промышленности активно внедряются термоэластопласты (ТЭП). Эти материалы наиболее актуальны, но свойства ТЭП-ов изучены недостаточно, так как применяются они в качестве кабельных материалов сравнительно недавно.

Испытания на тепловое старение проводятся согласно ГОСТ Р МЭК 811-1-2-94. При этом старение образцов кабельных изделий проводится в термошкафах, то есть нагрев полимерных материалов происходит снаружи, тогда как в реальных условиях нагрев происходит со стороны токопроводящей жилы (ТПЖ). Таким образом, нагрев кабеля со стороны ТПЖ позволил бы более точно воспроизвести условия старения при его эксплуатации. В данной работе поставлена цель – провести ускоренное тепловое старение кабельного изделия по стандартной методике – в печи и при нагреве со стороны ТПЖ и сравнить результаты при различных способах старения.

Для исследования выбраны марки низковольтных кабельных изделий, простейшей конструкции: одножильный провод с изоляцией и оболочкой из ТЭП (ТЭП-1 и ТЭП-2 соответственно) двух сечений 2,5 мм² и 120 мм².

Как уже отмечалось, старение провода проводилось двумя способами – в печи (нагрев снаружи) и под действием токовых нагрузок (нагрев изнутри) в течении 300 часов. По ранее полученным характеристикам температуры токопроводящей жилы от величины пропускаемого тока были подобраны токовые нагрузки, обеспечивающие заданные температуры старения – 110, 120 и 130 °С.

С точки зрения теплового старения наиболее показательными являются данные по изменению механических свойств оболочки и изоляции кабельного изделия. На рисунках 1, 2, 3 и 4 представлены результаты измерения разрывной прочности σ_r и относительного удлинения при разрыве ε от времени старения t при температуре старения 110 °С для изоляции и оболочки провода, выполненной из ТЭП с номинальным сечением 2,5 мм².

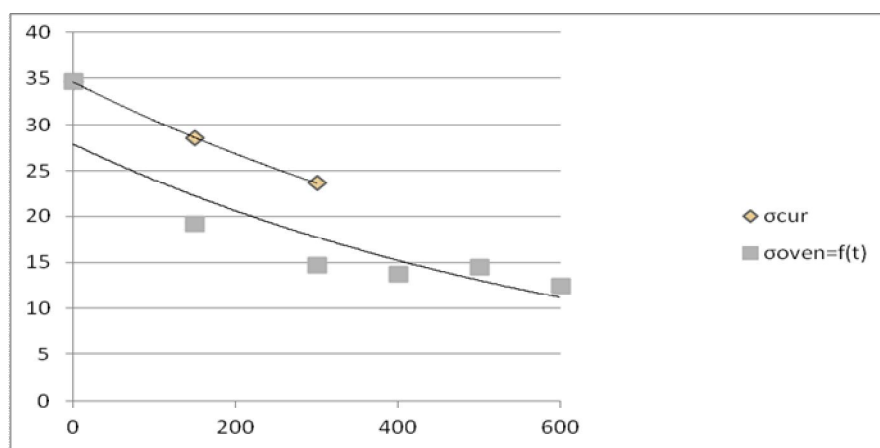


Рис. 1. Зависимость разрывной прочности σ (Н/мм²) от времени старения t (час) для оболочки провода сечением 2,5 мм² который старился в печи (нижняя кривая) и под действием токовой нагрузки (верхняя кривая)

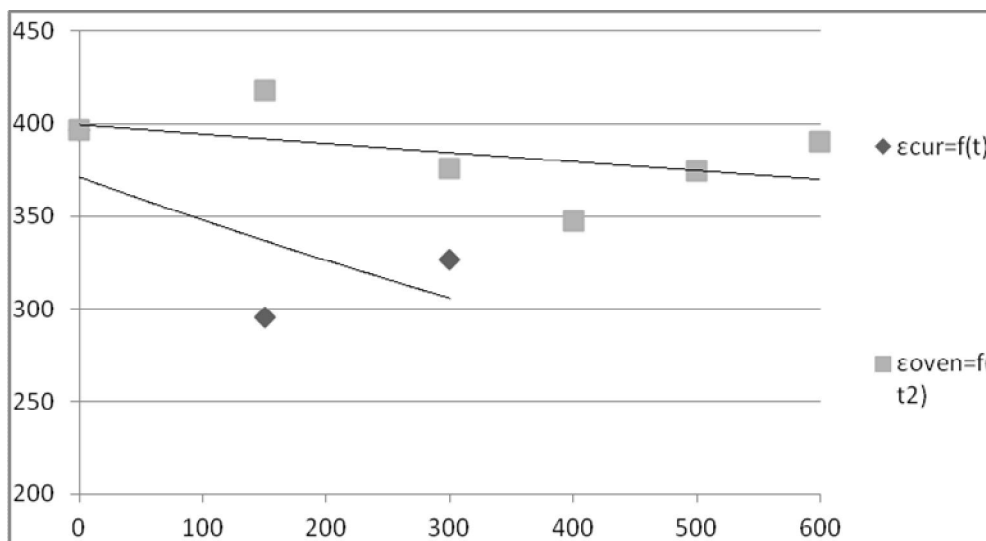


Рис. 2. Зависимость относительного удлинения ϵ от времени старения t (час) для оболочки провода сечением $2,5 \text{ мм}^2$ который старился в печи (верхняя кривая) и под действием токовой нагрузки (нижняя кривая)

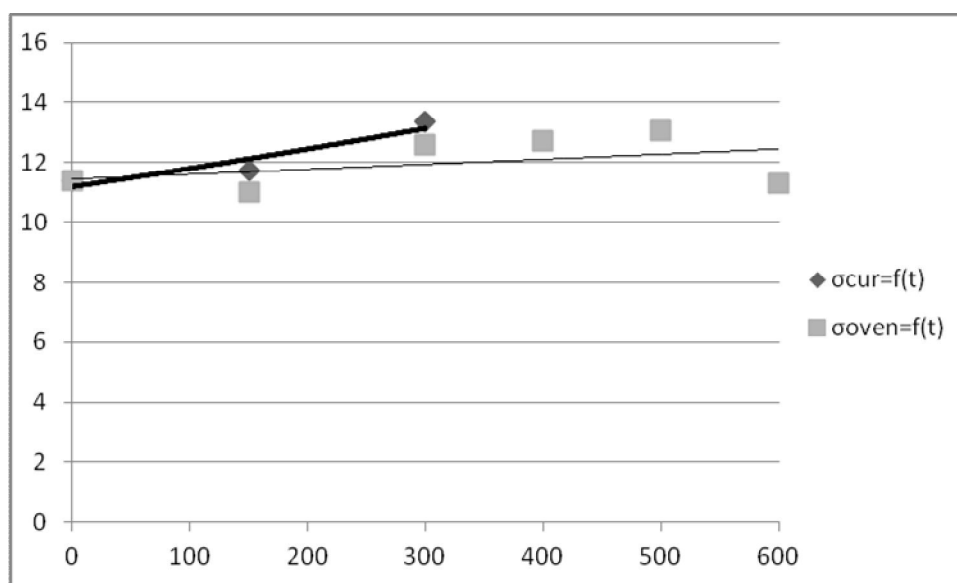


Рис. 3. Зависимость разрывной прочности σ (Н/мм^2) от времени старения t (час) для изоляции провода сечением $2,5 \text{ мм}^2$ который старился в печи (нижняя кривая) и под действием токовой нагрузки (верхняя кривая)

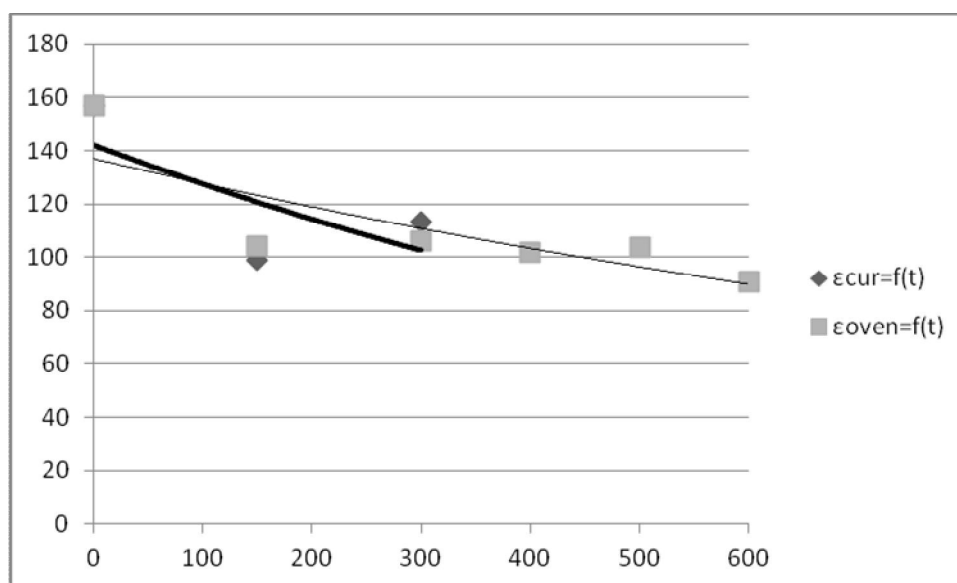


Рис. 4. Зависимость относительного удлинения ε от времени старения t (час) для изоляции провода сечением $2,5 \text{ мм}^2$ который старился в печи (нижняя кривая) и под действием токовой нагрузки (верхняя кривая)

Значения разрывной прочности у материала оболочки для выбранного сечения (рис. 1) при старении провода в печи и под действием токовых нагрузок отличаются на 9 Н/мм^2 для точки, соответствующей 300 часам старения провода. Форма кривой в обоих случаях одинакова и имеет спадающую форму.

Значения разрывной прочности у материала изоляции для данного сечения (рис. 3) при старении провода в печи и под действием токовых нагрузок отличаются на $0,76 \text{ Н/мм}^2$ для точки, соответствующей 300 часам старения провода. В обоих случаях значение σ увеличивается. Поскольку материалом изоляции служит полиолефиновый ТЭП, то увеличение σ может быть связано с испарением пластификатора.

Значения относительного удлинения у материала оболочки (рис. 2) при старении провода в печи и под действием токовых нагрузок отличаются приблизительно на 60%, а для материала изоляции на 7% (рис. 4), для точек, соответствующей 300 часам старения провода. Во всех случаях кривые имеют спадающий характер. Для уретановых ТЭП (оболочка) ухудшение эластических свойств, при одновременном снижении прочности, происходит в результате деструкции аморфной фазы.

Такое поведение не является характерным для композиций на основе термопластичных гомополимеров, таких например, как ПВХ. Обычно снижение разрывной прочности сопровождается увеличением относительного удлинения при разрыве.

Структурные изменения ТЭП при тепловом старении могут быть связаны с изменением структуры аморфного полимера, что приводит к изменению механических характеристик. Возможно, что структурные изменения ТЭП при тепловом старении обусловлены перестройкой «мягкой» и «жесткой» фаз.

Таким образом, для материала оболочки, разница между разрывной прочностью при различных способах старения, составляет 9 Н/мм², а разница между относительным удлинением 60%. А для материала изоляции эти показатели составили 0,76 Н/мм² и 7% соответственно. Как видно, отличие в значениях в обоих случаях не велико. Отсюда можно заключить, что оба способа старения одинаково изменяют свойства материалов, т.е. предложенный способ старения – под действием токовых нагрузок, может адекватно воспроизвести традиционный, основанный на старении в печи.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Разработана методика, позволяющая проводить старение кабельного изделия при нагреве со стороны ТПЖ;
2. Получено хорошее соответствие между расчетными и экспериментальными данными, что позволяет судить об адекватности полученных зависимостей;
3. Определены температуры старения образцов кабельных изделий;
4. Проведено старение образцов провода при различных способах нагрева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Холден и др. Термоэластопласты / пер. с англ. 3 – го издания под ред. Б.Л. Смирнова – СПб.: ЦОП «Профессия», 2011. – 720 стр.
2. ГОСТ Р МЭК 60287-1-1-2009. Кабели электрические. Расчет номинальной токовой нагрузки. Часть 1-1. Уравнения для расчета номинальной токовой нагрузки и расчет потерь.
3. Кабели и провода. Основы кабельной техники/А.И. Балашов, М.А.Боев, А.С.Ворондов и др. Под ред. И.Б.Пешкова. – М.: Энергоатомиздат, 2009 – 470с.
4. Павлов Н.Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях. – М.:Химия, 1982, 224 с.

КРУГЛЫЙ СТОЛ 4. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

АУТСОРСИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ СОКРАЩЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Видяев И.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Сегодня, повышая энергоэффективность промышленного предприятия, его руководство, в первую очередь, думает о привлечении инвестиционных ресурсов для проведения мероприятий по обновлению энергетических фондов, оптимизации имеющихся энергетических мощностей предприятия, внедрения автоматизированных систем контроля и потребления энергии, но не задумывается о возможности передачи задач и функций эффективного обеспечения энергоресурсами предприятия сторонней организации. Даже если это несет выгоду для предприятия. В промышленных отраслях этот процесс получил название аутсорсинг.

Термин «аутсорсинг» (outsourcing) появился в иностранной литературе в середине 80-х прошлого столетия, и перешел в русский во второй половине 90-х годов. Собственно название концепции отражает её суть – передача вовне части собственных ресурсов (функций, бизнес-процессов) сторонней компании [1]. Казалось бы – зачем?

В недавнем прошлом большинство промышленных предприятий строились по принципу самодостаточности. Например, на такое металлургическое предприятие достаточно было завести тонны железной руды и шихтовых материалов, и можно было вывозить с него готовую продукцию.

С развитием рыночных отношений выяснилось, что закупать у субподрядчиков или даже конкурентов ряд сырья или услуг бывает выгоднее, чем производить самим. Даже с учетом высоких транспортных расходов. Рано или поздно производственным предприятиям придется сделать выбор: осуществлять полный цикл разработки и производства продукта или передать часть второстепенных функций на аутсорсинг. Передаются специализированным компаниям управление производством и распределением электроэнергии, тепловой энергии и воды [2]. Постепенно в России создается инфраструктура, позволяющая более свободно выбирать внешние пути решения внутренних проблем. Особенно заметно стало развитие всевозможного аутсорсинга после кризиса 1998 года, когда

многие компании удосужились подсчитать свои затраты на содержание замкнутого бизнес-цикла.

Годными для аутсорсинга считаются функции зрелые, то есть те, в которых не прогнозируется инновация, способная дать компании стратегическое преимущество. Поэтому компании идут на аутсорсинг для того, чтобы сосредоточиться на своей основной деятельности, а не заниматься управлением столовыми, уборщиками, начислением в пенсионные фонды, вылавливанием компьютерных вирусов.

Итак основным движущим мотивом аутсорсинга является желание руководства компании сконцентрировать ресурсы организации на основном виде её деятельности, отдав все второстепенное «на сторону». «Мы занимаемся только тем, что умеем делать хорошо!» Отчасти аутсорсинг – это «волна» от концепции специализации бизнеса, в качестве основного конкурентного преимущества, которая была популярна в последнее время в стратегическом менеджменте.

Другими факторами привлекательности аутсорсинга является ситуация, когда внешний поставщик услуг способен обеспечить экономию и/или более высокий уровень качества услуг за счет специализации, более дешевой рабочей силы или эффекта масштаба. Аутсорсинг может позволить экономить энергоресурсы организации. Еще одним двигателем, менее очевидным на первый взгляд для организации, является возможность учиться у своего поставщика услуг. Аутсорсинг привел к стремительному росту целого ряда новых профессий и видов бизнеса, связанных с управлением рабочей силой, которую более никто не хочет иметь у себя в организации в постоянном штате. Как правило, это или очень низкооплачиваемые и малопрестижные виды работы (такие, как уборка помещений), или сверхспециализированные профессии, где поддержание необходимого профессионального уровня сотрудников или их загрузка для организации представляется проблематичным (примером является обслуживание компьютерных систем для небольшой организации).

Какие преимущества и проблемы способен принести аутсорсинг в организацию [3,4]:

1. «Плюсы» аутсорсинга:

- Возможность повысить прибыльность и энергоэффективность бизнеса.
- Концентрация руководителей на основном бизнесе. Талантливых менеджеров всегда не хватает. Не отвлекайте их от главного дела компании. Пусть о побочных вещах позаботятся другие.
- Использование чужого опыта.

- Внедрение передовых технологий. Специализированная энергетическая компания раньше любой отраслевой фирмы знакомится с новыми технологиями.

- Повышение качества и надежности обслуживания. Аутсорсинговая компания обычно дает гарантии и несет финансовую ответственность за качество выполняемых работ.

- Укрепление потенциала роста. Для аутсорсинговой компании увеличение объема вашего бизнеса, вероятно, не станет такой проблемой, как для собственной службы.

2. «Минусы» аутсорсинга:

- Опасность передачи слишком большого количества жизненно важных функций в чужие руки.

- Угроза отрыва руководящего звена от бизнес-практики. Если все вопросы за менеджеров решают другие, то зачем они нужны?

- Угроза утечки внутренней информации.

- Может быть потерян непосредственный контроль над процессом. Аутсорсер сам решает – как выполнять возложенную на него функцию, что может не совпадать с видением компании.

На рынке аутсорсинга, как и на любом другом, встречаются мошенники.

В качестве примера плюсов и минусов аутсорсинга вы можете вспомнить проблемы и преимущества бытового аутсорсинга – приглашения в дом домработницы или няни для ребенка.

В заключение, уже зная о преимуществах и недостатках аутсорсинга, хотелось бы еще раз дать ему определение. Итак «аутсорсинг» – это передача не критических для жизни организации функций, бизнес-процессов, энергоресурсов внешнему поставщику, в целях повышения их качества и экономии (концентрации) энергоресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Видяев И.Г. Ресурсоэффективность отрасли: учебное пособие / И.Г. Видяев, Т.Р. Рахимов, С.О. Тимаков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 231 с.

2. Ермошкин Н. Что дает аутсорсинг? // Ведомости. – 2004. – № 82.

3. Аутсорсинг как вид заёмного труда: быть или не быть? // 4dk.ru/process/consultations/2012/1/3105/. 24.09.2012.

4. Аутсорсинг. Полезная информация для бизнеса. <http://www.outsort.ru/page/49/>. 24.09.2012.

ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Лаптев И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Затраты на программное обеспечение составляют значительную долю ИТ-бюджета компании, иногда превышающую затраты на оборудование или оплату труда ИТ-специалистов. В нашей стране исторически сложилось пренебрежительное отношение к обязанности платить за лицензионное программное обеспечение. Но в связи со вступлением в ВТО, вопросы «лицензионной чистоты» программного обеспечения становятся все актуальнее. Не говоря уже об административной и уголовной ответственности, которая может возникнуть в случае выявления нелегального ПО в организации контролирующими органами, вся работа организации может быть парализована на длительное время из-за изъятия оборудования, на котором было установлено нелегальное ПО.

Для сокращения затрат на программное обеспечение и повышения эффективности его использования разработаны различные методы и технологии: Автоматизированный контроль использования ПО производится при помощи специальных программных продуктов, которые периодически «обходят» компьютеры организации и просматривая реестр компьютера «подсчитывают» программное обеспечение, установленное на компьютере. Таким образом системный администратор регулярно получает отчеты о наличии программного обеспечения, установленного на персональных компьютерах сотрудников и серверах организации.

Это позволяет: выявлять несанкционированно установленное ПО; выявлять нелегальное программное обеспечение и сравнивать количество установленных в организации единиц ПО с количеством имеющихся в наличии лицензий на него; отслеживать устаревшие версии ПО и заменять их на новые; анализировать частоту использования ПО.

Существуют так же средства, специализированные именно для автоматизированного контроля наличия лицензий на программное обеспечение. Они идут немного дальше просто контроля лицензионности ПО, и предназначены для планирования необходимого количества лицензий. Лицензии обычно выдаются на какой-то ограниченный срок, поэтому отследить – когда он истечет и заложить в инвестиционный план закупку новой лицензии, при определенном количестве ПО становится нетривиальной задачей, непосильной для одного человека. Если учесть еще тот фактор, что во многих организациях инвестиции планируются за

несколько лет вперед, оправданность автоматизации лицензионного контроля становится однозначно оправданной. Помимо исключения штрафов за использование нелегального ПО, подобные продукты позволяют подобрать оптимальное ценовое предложение от поставщиков. Сейчас поставщики ПО предлагают довольно разнообразные схемы лицензирования, основывающиеся не только на количестве компьютеров, на которых установлено ПО, но и например по количеству ядер процессоров, по сетевым подключениям к серверу и т. д. Есть специализированные схемы для учебных заведений, для малого бизнеса, для разработчиков программного обеспечения, для временного использования ПО и т. д. Это позволяет значительно сэкономить, если вы знаете точно, сколько лицензий, для каких условий, и на какой срок вам нужно.

Анализ использования программного обеспечения в организации может выявить еще одну возможность сократить расходную часть ИТ-бюджета организации. Зачастую различные виды вспомогательного ПО (лингвистические переводчики, графические редакторы, программы сканирования и записи на оптические диски) используются отдельно взятым человеком достаточно редко – один раз в неделю, месяц, а иногда и в несколько месяцев. Тем не менее, такое программное обеспечение необходимо, поэтому приходится покупать лицензии на весь коллектив. Если речь идет например о графических редакторах, стоимость одной лицензии может составлять несколько тысяч USD. То есть полная стоимость необходимого пакета ПО может составлять несколько сотен тысяч USD. В данном случае «обобществление» вспомогательного ПО поможет в разы сократить неэффективные расходы. Необходимые программы устанавливаются на выделенный ПК или сервер, на который через «удаленный рабочий стол» (RDP) может подключиться любой сотрудник организации. Таким образом любой сотрудник может воспользоваться необходимым ПО. Поскольку пользуется он им редко – небольшое удлинение процедуры подключения не составит особого труда, а экономический эффект налицо.

В последнее время активно обсуждается использование «облачных» технологий для сокращения расходов организации. Первым шагом в сторону «облаков» была идея «аутсорсинга» (outsourcing). Заключалась она в том, что некоторые некритические ИТ-процессы (например ремонт ИТ-оборудования) организация может не организовывать внутри себя самостоятельно, а передавать на исполнение сторонним организациям. Таким образом организация сокращает непрофильные расходы, доверяя дело профессионалам с хорошим опытом.

Продолжением этой концепции стала идея «передать» в чужие руки и некритическое IT-оборудование (вместе с расходами на его функционирование, модернизацию, обслуживание и т. д.). Название «облако» (cloud) эта концепция получила скорее всего из-за характерного элемента на блок-схемах, которым обычно обозначают нечто, не относящееся к теме блок-схемы.

Особенно это удобно для небольших организаций или проектов, действующих ограниченное время. Иметь сервер баз данных, почтовый сервер и сервер выхода в интернет – это уже жизненная необходимость для любой организации, а организовывать собственный маленький ЦОД будет для небольшой компании непосильным излишеством. «Облачная» компания «нарезает» свои мощные сервера «кусочками» – виртуальными серверами, предоставляя их в аренду в качестве выделенного, изолированного от других сервера. Арендуя виртуальный сервер «облачной» компании, арендатор получает постоянно современное, отказоустойчивое, обслуживаемое на высоком профессиональном уровне «оборудование», действующее ровно столько сколько нужно. Дальнейшим развитием концепции «IT-облаков» стала аренда не только виртуальных серверов, а и программного обеспечения. Вместо того чтобы покупать, развертывать и поддерживать работу программного обеспечения, компания может арендовать уже готовый сервис. Так, сотрудник загрузив в браузере «облачный» текстовый редактор MS Word, может создать в нем текстовый документ точно так же как и в обычном, установленном на стационарном компьютере. Если вам нужно на неделю воспользоваться бухгалтерской программой для сдачи налоговой отчетности – дешевле будет взять её в аренду, чем покупать на всю жизнь.

Понимание путей повышения ресурсоэффективности может быть достигнуто в ходе оптимизации бизнес-процессов. Чаще всего такой проект инициирует руководство организации в условиях некоего кризиса, когда ищет кардинальные способы реорганизации деятельности. В некоторых компаниях описание, анализ и оптимизация бизнес-процессов – это перманентный процесс, которым занимается отдельная служба. В любом случае, для повышения ресурсоэффективности необходимо включить её, в ходе анализа и моделирования бизнес-процессов, в качестве одного из критических факторов успеха (КФУ). Таким образом, скорректированная модель бизнес-процессов позволит добиться оптимального расходования ресурсов в ходе производственного процесса

Пример: Допустим речь идет об оптимизации деятельности хлебобулочного цеха. Проанализировав бизнес-процессы, рабочая группа предложила оптимальную модель работы с точки зрения взаимодействия с поставщиками и сбытовыми организациями. Включив в перечень

критических факторов, при помощи которых оценивается эффективность процесса такой параметр как экономия ресурсов, рабочая группа предложила перевести производство в ночную смену. В структуре затрат хлебобулочного производства затраты на электроэнергию составляют значительную долю. Тарифы на электроэнергию постоянно растут, следовательно доля прибыли в конечной цене продукта будет постоянно снижаться. Поставщики электроэнергии недавно ввели отдельные тарифы для дневного и ночного потребления электроэнергии. Разница между оплатой средней нормы потребления электроэнергии за месяц по дневному и ночному тарифу, с запасом покрывает необходимые затраты для перевода производства в ночной режим. После того как первичные затраты окупятся, цех, работающий в ночном режиме, увеличит норму прибыли.

Потенциал оптимизации ресурсоэффективности организации может располагаться подчас в довольно неожиданных для её сотрудников нюансах деятельности. Зачастую это происходит потому, что никто никогда не анализировал работу компании с этого ракурса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Монастырный Е.А., Видяев И.Г. Оценка взаимного влияния социальной и инновационной систем региона // Экономика и управление. – 2009. – № 2.5. – С. 40-46.

2. Монастырный Е.А., Видяев И.Г. Методические подходы к моделированию социально-экономической системы региона // Экономика и управление. – 2008. – № 1. – С. 64-68.

3. Мартюшев Н.В. Программные средства для автоматического металлографического анализа // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – С. 79-79.

4. Видяев И.Г. Комплексная модель региональной системы инновационного типа // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – № 6 (312). – с. 24-27.

5. Мартюшев Н.В., Синогина Е.С., Шереметьева У.М. Система мотивации студентов высших учебных заведений к выполнению научной работы // Вестник Томского государственного педагогического университета = Tomsk State Pedagogical University Bulletin. – 2013. – № 1. – с. 48-52.

6. Yakovlev A.N., Kostikov K.S., Martyushev N.V., Shepotenko N.A., Falkovich Yu.V. Institute of high technology physics experience in masters of engineering and doctoral training: the platform for cooperation with russian and international companies in the domain of material science and physics of high

energy systems // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – № 11-3 (55). – с. 261-263.

РЕЗИДЕНТНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Горелова А. Ю., Кристаль М. Г

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Изготовление серийных деталей на автоматизированном оборудовании производится, как правило, по уже отлаженным технологическим процессам. Однако, не всегда удается обеспечить требуемое качество изделия. Это связано с тем, что элементы технической системы подвергаются в процессе обработки изнашиванию, тепловым, силовым и динамическим воздействиям, которые добавляют к исходным погрешностям траектории формообразования и настройкам станка дополнительные погрешности, связанные с указанными факторами [1].

Кроме того, начало отладки того или иного технологического процесса обработки начинается с назначения требуемых режимов, справочные данные по которым обладают существенным разбросом по значениям. Это связано с разбросом, как механических свойств обрабатываемого материала, так и режущих свойств инструментов.

При изготовлении на станках с ЧПУ дорогостоящих изделий с высокими требованиями к качеству поверхности, необходимо максимально компенсировать эти погрешности. Для обеспечения жесткости станка в современных СЧПУ предусмотрена система самодиагностики, и процесс механической обработки начинается только при условиях исправности всех узлов станка и отсутствия ошибок в программе (несоответствующий инструмент, невыполнимый контур, некорректные перемещения).

Управляющая программа генерируется либо самой СЧПУ, либо загружается в неё перед началом обработки. Среди параметров, которые вводятся в некоторые СЧПУ до начала обработки помимо режимов и инструментов, необходимо ввести ещё и допустимый износ инструмента. Такие системы предполагают возможность автоматического контроля состояния инструмента. Например, система ЧПУ SINUMERIK 840D sl ShopTurn оснащена специальным щупом, который позволяет контролировать износ инструмента в автоматическом режиме [2].

Однако в указанной СЧПУ не предусмотрена возможность активного контроля качества изготовления изделий по какому-либо диагностическому параметру. Перемещения по координатам производится строго по программе и не подвергается коррекции.

Существует ряд методов, позволяющих обеспечивать надежность и производительность работы токарных и фрезерных станков с ЧПУ в автоматическом режиме, путем определения допустимой скорости резания по оперативной информации о свойствах контактируемых пар на основе измерения термоЭДС пробного хода на фиксированных режимах обработки. Схема регистрации и обработки сигнала термоЭДС на станке с ЧПУ представлена на рис.1. [3].

Однако, как пишут сами авторы, на точность измерений оказывают влияние вторичные (паразитные) термоЭДС, возникающие в местах перехода от режущей пластины к корпусу инструмента и искажающие истинное значение полезного сигнала [3].

В литературе приводится пример систем ЧПУ, позволяющих корректировать перемещение по координатам в зависимости от пластической деформации заготовки, рассчитанной по математической модели. Описанные системы производят коррекцию перемещения по управляемым координатам после каждого шага программы [4]. В этом случае к погрешности, связанной с математической моделью прибавляется погрешность датчика перемещения и опять же нельзя гарантированно говорить об обеспечении заданного качества изделия.

Но эти методы имеют еще несколько существенных недостатков, главным из которых является необходимость установки дополнительного оборудования на станок для съема диагностического сигнала.

Известна система, позволяющая производить коррекцию режимов обработки по нескольким диагностическим параметрам. В качестве параметров выбраны: температура в зоне резания и нагрузочные характеристики резания. Основными элементами являются: токарный станок с числовым программным управлением (ЧПУ), на котором производится размерная обработка деталей по заданной программе; внешняя ЭВМ, управляющая ходом протекания процесса обработки по заданному критерию; измерители параметров процесса резания, которые включают датчики и устройства измерения, выполняющие необходимые преобразования сигналов и передачу их в управляющую ЭВМ. Информация, получаемая от измерителей параметров процесса, является входной для системы управления процессом; устройства управления параметрами обработки, которые включают в себя устройства формирования управляющих воздействий и исполнительные механизмы, через которые эти воздействия реализуются на станке с ЧПУ [5].

Недостатком указанной системы является отсутствие возможности корректировки управляющей программы в процессе обработки.

Таким образом, актуальной задачей является выбор диагностического сигнала, метода регистрации и создание системы коррекции режимов обработки по величине этого сигнала.

Учитывая то, что СЧПУ производит передачу управляющей программы на станок построчно и непрерывно, необходимо вводить коррекцию «налету», что создает дополнительные трудности при разработке такой системы.



Рис.1. Регистрация и обработка сигнала термоЭДС

Предложено модифицировать СЧПУ путем создания резидентной программы. Необходимость разработки предложенного типа программы обусловлена тем, что данные, содержащиеся в строке программы, требуется «подменять» параллельно с выполнением. Вызов программы осуществляется автоматически перед началом обработки и её выполнение происходит одновременно с выполнением программы обработки. После каждого шага программа получает значение диагностического параметра и при достижении величины порогового значения производит процентное изменение режимов обработки. При наличии изменений в режимах часть программы обработки мгновенно подменяется на скорректированную и продолжается обработка (рис. 2). Зеленым обозначена стандартная часть СЧПУ станка, желтым цветом показан модифицирующий блок (резидентная программа).

Стандартная часть СЧПУ получает CLDATA в качестве входящего файла и производит трансляцию в коды станка. Далее производится расчет коррекции координат по вычисленной пластической деформации заготовки. Запуск блока «Выполнение кадра» вызывает резидентную программу, которая осуществляет: получение диагностического сигнала, обработку этого сигнала и коррекцию режимов обработки в процентах. По результатам расчета коррекции программа производит подмену части обрабатываемой программы.

Запрограммированная подача или ускоренный ход соответствует 100% и может регулироваться от 0% до 120%, при ускоренном ходе только до 100%. Заново установленная подача появляется как абсолютное значение и в процентах на индикации состояния подачи на дисплее ЧПУ.

Запрограммированное число оборотов шпинделя соответствует 100% и может регулироваться от 50 до 120%. Заново установленное число оборотов шпинделя появляется как абсолютное значение и в процентах в индикации состояния шпинделя на дисплее. Возможность пропорциональной коррекции режимов уже существует в некоторых системах, однако, эта функция доступна только оператору станка. Регулировка вводится с пульта оператора и никак не отображается в управляющей программе [2].

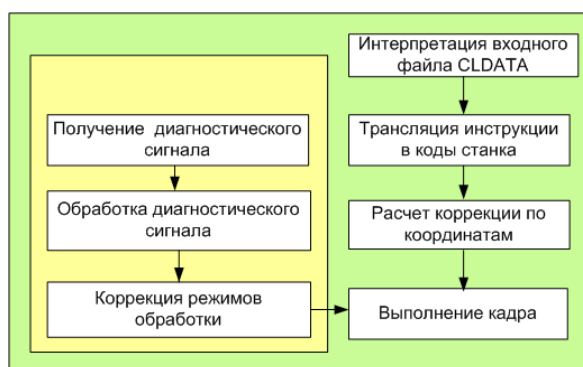


Рис. 2. Модифицированная СЧПУ

Проблема выбора диагностического параметра и его оценки является до сих пор однозначно не решенной.

Модификация СЧПУ резидентной программой позволит повысить точность изготовления детали за счет своевременного ввода коррекции режимов обработки. Для назначения диапазонов значений датчика и допустимых процентных изменений режимов необходимо произвести дополнительные исследования и раскрыть подробнее взаимодействие модулей ЧПУ между собой и с приводами станка. Эта информация является закрытой, так как содержит коммерческую тайну.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев С. Н., Маслов А. Р., Схиртладзе А. Г. Обеспечение качества деталей при обработке резанием в автоматизированных производствах: учебник. Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 412 с.
2. © ООО Siemens 2008 A-446 SINUMERIK 840D sl Управление/ программирование ShopTurn (BATsl). Выпуск 01/2008

3. Пат. 2312750 Российская Федерация, МПК В 23 Q 17/09. Способ контроля состояния режущих кромок сборных многолезвийных инструментов / Плотников А.Л., Крылов Е.Г. – Оpubл. 20.12.07, Бюл. №35.

4. Петраков Ю. В., Драчев О. И. Автоматическое управление процессами резания: учебное пособие. тарый Оскол: ТНТ, 2011. – 408 с.

5. Безъязычный В. Ф. Метод подобиа в технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 2012. – 320 с.

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Беккер А. В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Одним из наиболее значимых направлений совершенствования производства является внедрение ресурсоэффективных технологий, позволяющих максимально рационально использовать ресурсы, увеличивать объем производства без применения дополнительных капитальных затрат, сокращать вред от антропогенного воздействия на окружающую среду.

Большинство нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) России появились в два послевоенных десятилетия. С 1945 по 1965 г. было введено в эксплуатацию 16 заводов, или более половины действующих на сегодняшний день в РФ.

За 1966—1991 гг. в СССР было построено только 7 новых НПЗ, из них 6 — вне России (в Лисичанске, Мозыре, Мажейкяе, Чарджоу, Чимкенте и Павлодаре). Единственным новым нефтеперерабатывающим предприятием, построенным после 1966 г. на территории РСФСР, стал Ачинский НПЗ, введенный в эксплуатацию в 1982 г. Кроме того, в 1979 г. была организована переработка нефти в Нижнекамске («Нижнекамскнефтехим») для обеспечения потребности в сырье нефтехимического производства[1].

Для оценки качества использования нефтяного сырья, в нефтепереработке используется такой процентный показатель как глубина переработки нефти, показывающий долю легких углеводородов в продукте. Низкие показатели означает недостаточно глубокую переработку нефти, а значит неэффективное использование нефтяного сырья.

Как отмечается в исследовании РБК.research «Нефтеперерабатывающая отрасль России и рынок нефтепродуктов 2013», глубина переработки нефти в России по итогам 2012 г. не превысила 71%[2].

Средняя глубина переработки в США составила за 2011-2012 г. 95%, в Европе 90%.

Внедрение ресурсоэффективных технологий в России целесообразно будет рассматривать после выхода нашей нефтеперерабатывающей промышленности на уровень США и Европы, низкая глубина переработки нефти является тормозящим фактором развития эффективного использования ресурсов.

Проблемой низкой глубины переработки нефти занимаются руководства многих российских компаний, основной способ борьбы с проблемой – замена оборудования и более совершенное технологическое оснащение. Например, в 2011 году Ачинский НПЗ переработал 7,508 млн. тонн нефти, впервые в своей истории преодолев рубеж в 7,5 млн. тонн. Глубина переработки составила 62,32%. С 2008 года по 2010 год на Ачинском НПЗ был реализован ряд инвестиционных проектов. Ведены в эксплуатацию комплекс химводоподготовки, установка утилизации сероводородного газа и производства гранулированной серы, полигон хранения отходов производства и потребления. Завершен перевод ТЭЦ завода на совместное сжигание жидкого и газообразного топлива. Для увеличения глубины переработки нефти и выполнения требований Технического регламента на предприятии продолжается реализация комплексного проекта развития завода, который предусматривает строительство комплекса по производству нефтяного кокса, комплекса гидрокрекинга, второй установки изомеризации, объектов общезаводского хозяйства[3].

Таким образом, особенностью внедрения ресурсоэффективных технологий в нефтегазовую промышленность является комплексный подход к организации производства и использование современных технологических возможностей и решений для переработки природных энергоносителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. По данным Министерства энергетики Российской Федерации, Нефтеперерабатывающая промышленность России. [Электронный ресурс]: свободный доступ; 2003 г. URL: <http://geo.1september.ru/2004/13/13.htm> (Дата обращения: 15.10.2012)

2. РБК Research, Нефтеперерабатывающая отрасль России и рынок нефтепродуктов.[Электронный ресурс]:свободный доступ; 2013 г. URL:

http://marketing.rbc.ru/news_research/08/04/2013/562949986483705.shtml
(Дата обращения: 19.10.2012)

3. ОАО «Роснефть» Ачинский нефтеперерабатывающий завод,
[Электронный ресурс]: свободный доступ 2013 г. URL:
<http://achnpz.ru/index.php> (Дата обращения: 19.10.2012)

СОЗДАНИЕ ПРИКЛАДНОЙ БИБЛИОТЕКИ МОДЕЛЬНОЙ ОСНАСТКИ В СРЕДЕ КОМПАС-3D

Висторопский А.Д., Жохов Р.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Очень часто при создании сборок в программе КОМПАС-3D используются модели, отличающиеся друг от друга только значениями своих параметров. Обычно это типовые детали – втулки, кольца, пластины и т.п. При вставке в сборку модели с диска в этой сборке не создается копия модели, а формируется ссылка на ее файл. Таким образом, для вставок типовых моделей, имеющих различные комбинации значений параметров, необходимо иметь на диске столько файлов этих моделей, сколько вставок предполагается сделать.

Для решения этой проблемы и сокращения времени создания сборок, создают одну параметрическую модель и уже при вставке в сборку изменяют ее параметры. Такие модели хранятся в собственных библиотеках или уже имеющихся в среде КОМПАС-3D. Модели, созданные в библиотеке, не являются отдельными файлами, а входят в единый файл библиотеки.

Использование в работе библиотеки моделей упрощает поиск готовых компонентов, создание однотипных моделей и ускоряет создание сборок.

Одним из направлений НИРС на кафедре ЛХОМ ДГТУ является «Моделирование литейных процессов». В настоящее время ведется работа над созданием библиотеки литейной оснастки для ПГС форм.

Для создания библиотеки в меню «сервис» выбирали «менеджер библиотек» и в контекстном меню команду «добавить описание – библиотеки документов» (рис.1). Созданной библиотеке присваивали соответствующее название.

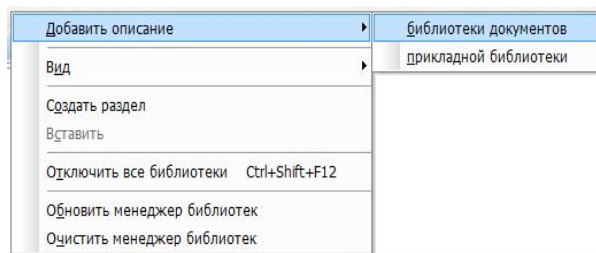


Рис.1. Создание библиотеки

Для удобства поиска в библиотеке созданы разделы, в которых будут храниться определенные модели-источники.

В библиотеке можно создать новую модель-источник или загрузить уже имеющуюся модель (рис.2).

Модели могут иметь различные комбинации параметров, но при этом модель-источник не будет менять свои размеры.

При выборе модели-источника в менеджере библиотеки изображается ее 3D-модель и комментарии к ней (рис. 3).

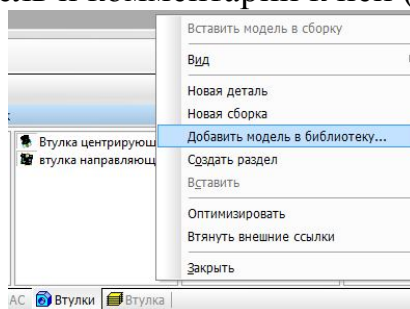


Рис.2. Добавление модели-источника в библиотеку

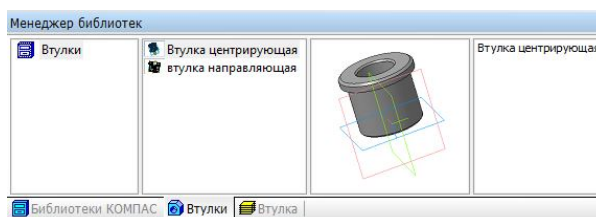


Рис. 3. Раздел библиотеки «Втулки»

При создании новой модели-источника выполняли ее параметризацию. Для этого были проставлены размеры на те параметры, которые в дальнейшем будут изменяться, а также установлены ограничения на эскизы модели при помощи команд: перпендикулярно, параллельно, коллинеарность, равенство длин (радиусов) и т.п. (рис. 4).

Чтобы вставить модель-источник в сборку необходимо выбрать ее в библиотеке, после чего появится ее фантом и таблица параметров. Значения параметров можно выбрать как из готовых, созданных в таблице переменных, так и задать их самому (рис.6).

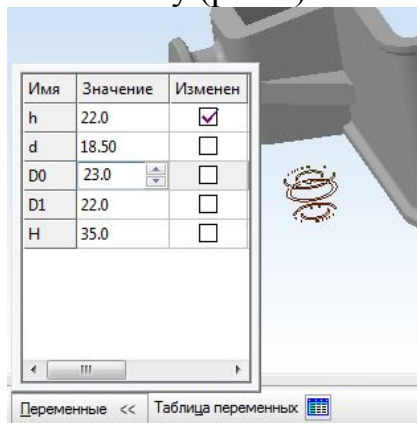


Рис.6. Вставка модели в сборку

Разработаны параметрические модели: штырей (рис.7), подмодельных плит (рис.8), опок (рис.9), втулок (рис. 10) в соответствии с действующими стандартами.

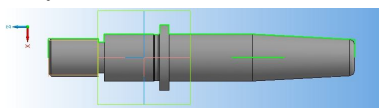


Рис.7. Модель штыря центрирующего

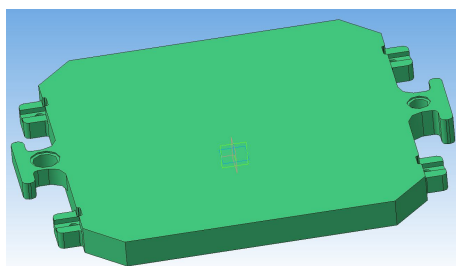


Рис.8. Подмодельная плита

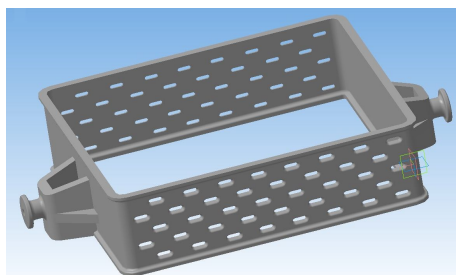


Рис.9. Опока

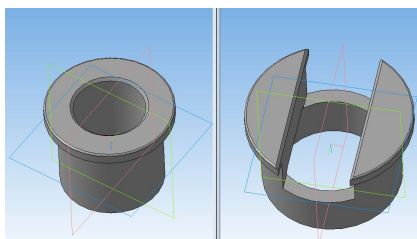


Рис.10. Втулки центрирующая и направляющая

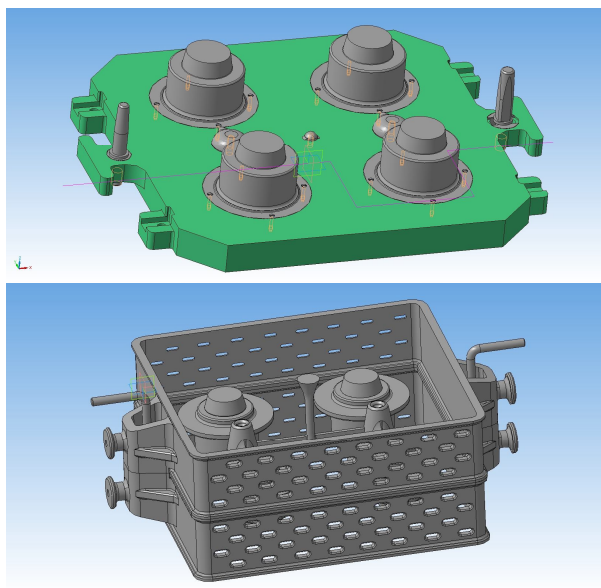


Рис. 11. Модели плиты модельной нижней полуформы и формы в сборе

Эти разработки применены при выполнении графической части курсового проекта по «Технологии литейного производства», что упростило и сократило время построения сборок (рис. 11).

СОВРЕМЕННЫЕ СТАНДАРТЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕРВЕРА

Видяев И.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Широкое развитие в последнее время получила технология кластеризации серверов. Кластер – это объединение серверов в группу, которая с точки зрения пользователя воспринимается как единый сервер. То есть запросы пользователя поступают в единую точку входа, а дальше кластер решает – какой конкретно физический сервер будет его обрабатывать. Кластеризация серверов обычно преследует две цели –

повышение надежности (отказоустойчивости) и повышение вычислительной мощности (или балансировка нагрузки) сервера.

Отказоустойчивость достигается за счет того, что при отказе аппаратных или программных компонент одного сервера, работающие процессы без приостановки работы автоматически «переползают» с него на работоспособные серверы. После чего администраторы могут приступить к устранению неисправности, даже отключив сервер – пользователи ничего не заметят. Отказоустойчивое кластерное решение более ресурсоэффективно, чем обычные сервера, за счет того, что кластер использует совместно дисковые массивы и ленточные хранилища – отдельному серверу не требуются собственные большие жесткие диски. Таким образом уменьшается совокупная стоимость владения и потребляемая системой электроэнергия. Так же общее дисковое или ленточное хранилище более равномерно загружается, более легко резервируется, и поддерживает «горячую» замену вышедшего из строя винчестера – что так же упрощает его обслуживание, а значит – уменьшает стоимость владения [1].

Кластер так же используют для легкой масштабируемости вычислительной мощности – если бы мы попытались нарастить вычислительную мощность сервера за счет замены его комплектующих на более мощные, это обошлось бы нам очень дорого. Закон увеличения мощности мейнфрейма – «увеличение производительности в два раза стоит в четыре раза дороже» оказал фатальное влияние на распространение больших ЭВМ. Он привел к повсеместной замене больших ЭВМ с подключенными к ним терминалами, на локальные вычислительные сети из персональных ЭВМ и небольших серверов. Но отдельным серверам сложно работать совместно – большие вычислительные задачи приходится разделять на части, а это не всегда возможно. Вычислительный кластер формируется из по-прежнему относительно недорогих серверов, которые тем не менее работают как единое целое. Соответственно, когда вам требуется нарастить мощность кластера, вы просто добавляете в него еще один недорогой сервер, который тут же включается в работу. Таким образом уменьшается стоимость владения вычислительной системой, а так же её ресурсопотребление. Ведь увеличение нагрузки на сервер обычно происходит постепенно, а мощность сервера наращивается ступенчато – значит определенное время сервер будет работать недогруженным вхолостую. Кластерные технологии позволяют «сгладить» кривую увеличения производительности и приблизить к её кривой существующей нагрузки. Еще одно свойство кластера – автоматическая балансировка нагрузки между физическими серверами, очень успешно

работает с другой технологией оптимизации работы серверов – виртуализацией серверов.

В сочетании с кластерной технологией мы получаем гибко масштабируемую отказоустойчивую аппаратную базу, на которой можем размещать множество виртуальных программных серверов. Такой подход особенно удобен для небольших организаций, где вычислительные потребности не очень большие, но требуется тем не менее наличие почтового сервера, контроллера домена, сервера баз данных, сервера доступа во внешнюю сеть и т. д. Там где раньше требовалась целая компьютерная стойка, с большим энергопотреблением, мощным источником бесперебойного питания, специализированным охлаждением и выделенным системным администратором, теперь работает два-три физических сервера, объединенных в кластер, на котором развернуты все необходимые виртуальные сервера. Эффект для стоимости владения и ресурсоэффективности налицо. Кроме этого, на порядок повышается и отказоустойчивость серверов, так как даже при поломке одного из физических серверов, нагрузка автоматически перераспределится между оставшимися [2].

Первоначально сервера делали в обычных корпусах для персональных компьютеров. Потом стали делать в специализированных больших корпусах (big tower) с улучшенным источником питания и охлаждением. Растущая сложность решаемых задач и новые области применения вычислительной техники требовали все больших вычислительных мощностей. А возможности улучшения инфраструктуры IT-оборудования существуют не всегда. Необходимость увеличить вычислительную мощность, используя уже имеющуюся инфраструктуру привели к попыткам минимизации размера серверов. Результатом этих усилий стала стандартизация размера и формы серверов, для размещения их в серверной стойке. Все серверное оборудование стали приводить к серверной единице измерения высоты – «unit» (1U = 1,75 дюйма). В таком сервере используются уменьшенные по размеру комплектующие, в том числе винчестеры, что позволяет добиваться минимальных размеров. Обычно если винчестер в сервере располагается горизонтально – он имеет размер 1 юнит, если вертикально – 2 юнита, более крупное оборудование может иметь и большую высоту. Следующим шагом в миниатюризации серверного оборудования стало появление blade-серверов (от английского «blade» – лезвие). Поскольку миниатюризация комплектующих достигла своего предела, появилась идея «вынести» за рамки сервера все, без чего процессор сможет работать самостоятельно и объединить эти функции для группы серверов. Это такие части как источники питания, вентиляторы, крупные дисковые массивы, сетевые карты и т. д. Основу blade-сервера

составляет «шасси», которое объединяет функции питания, охлаждения, коммутации отдельных лезвий. А в шасси может размещаться около десятка «лезвий». В сочетании с технологиями кластеризации и виртуализации серверов, blade-технологии позволяют получить еще более недорогое, компактное, удобное в обслуживании и ресурсосберегающее серверное решение.

Виртуализация рабочих станций.

Виртуализация рабочих мест сотрудников (VDI – Virtual Desktop Infrastructure) – это следующий логический шаг развития технологий виртуализации серверов. Виртуализация рабочих мест сотрудников предполагает перемещение процессов обработки и хранения данных сотрудников на сервер организации. Это позволяет использовать в качестве рабочей станции менее дорогое оборудование. Оно фактически необходимо только для организации терминального интерфейса с вычислительной системой, расположенной на сервере. Помимо просто недорогого компьютера существуют специализированные терминальные устройства (так называемые «тонкие клиенты»), размером не больше офисного калькулятора или модема, с потреблением электроэнергии – 5-10 ватт, к которому подключается клавиатура, монитор, принтер и т. д. [3]. Итак, преимущества виртуализации рабочих станций [4]:

Снижаются прямые затраты на закупку, модернизацию, ремонт парка рабочих станций.

На порядок упрощается процесс управления виртуальными рабочими станциями (снижается стоимость владения!):

все рабочие станции получают тот набор программного обеспечения, который им предоставляет администратор;

установка нового приложения на любое количество таких станций занимает несколько минут;

упрощается и становится более надежным резервирование данных пользователей, и сокращается время их восстановления в случае повреждения например вирусной атакой;

централизованная антивирусная защита данных (поскольку хранятся они на сервере);

повышение защиты данных от несанкционированного доступа.

Сокращается энергопотребление парка рабочих станций. Работник может получить доступ к своей рабочей станции из любого места в здании, а при использовании Интернет – из любого офиса организации и из дома [5]. Или с мобильного устройства – находясь в транспорте или в командировке.

Наконец при поломке рабочей станции, простой в работе снижается до нескольких минут, необходимых для замены типового оборудования и загрузки виртуальной машины пользователя.

Есть у концепции VDI и свои проблемы – значительная нагрузка на сетевую инфраструктуру и серверное оборудование, пока не значительное различие в стоимости «тонкого клиента» и простейшего ПК, дороговизна программного обеспечения для виртуализации. В настоящий момент финансовый эффект заметен в крупных организациях (несколько сотен компьютеров). Но технологии не стоят на месте, постоянно увеличивая разрыв в совокупной стоимости владения традиционным парком рабочих станций и парком виртуальным, в пользу последнего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Монастырный Е.А., Видяев И.Г. Оценка взаимного влияния социальной и инновационной систем региона // Экономика и управление. – 2009. – № 2.5. – С. 40-46.

2. Монастырный Е.А., Видяев И.Г. Методические подходы к моделированию социально-экономической системы региона // Экономика и управление. – 2008. – № 1. – С. 64-68.

3. Видяев И.Г. Комплексная модель региональной системы инновационного типа // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – № 6 (312). – с. 24-27.

4. Мартюшев Н.В., Синогина Е.С., Шереметьева У.М. Система мотивации студентов высших учебных заведений к выполнению научной работы // Вестник Томского государственного педагогического университета = Tomsk State Pedagogical University Bulletin. – 2013. – № 1. – с. 48-52.

5. Yakovlev A.N., Kostikov K.S., Martyushev N.V., Shepotenko N.A., Falkovich Yu.V. Institute of high technology physics experience in masters of engineering and doctoral training: the platform for cooperation with russian and international companies in the domain of material science and physics of high energy systems // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – № 11-3 (55). – с. 261-263.

6. Пашков Е.Н., Мартюшев Н.В. MATERIALS AND ENGINEERING SCIENCE (УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 2. – С. 126-127.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ СИГНАЛА ФАЗ В КОМПЬЮТЕРНОМ АНАЛИЗЕ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ

Бубёнов С.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Компьютерный анализ структуры материалов в настоящее время активно развивается и имеет достаточно хорошую перспективу. Теоретические основы количественного анализа разработаны Салтыковым С.А. [1], однако его использование затруднялось отсутствием быстродействующих ЭВМ.

В настоящее время на рынке программных продуктов существует несколько программ по оценке количественных характеристик металлографической структуры [2,3]. Одной из проблем предлагаемых программ является определение принадлежности составляющих микроструктуры к той или иной фазе. На этапе микроанализа эта проблема решается созданием цветового или светового контраста составляющих микроструктуры при травлении шлифа. Если учесть, что каждый цвет при

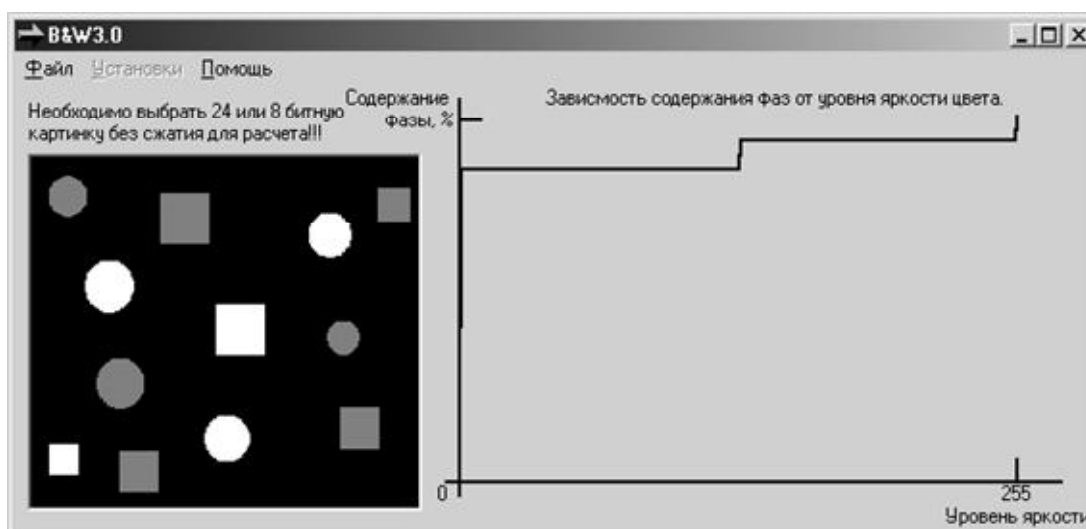


Рис. 1. График зависимости количества фаз рисованной структуры от уровня яркости фаз

хранении информации в ЭВМ представлен виде чисел то для идентификации фаз необходимо определить нижнюю и верхнюю границы уровня яркости соответствующей фазы [4].

В настоящей работе рассматривается 3 возможных способа определения уровня сигнала фаз:

1. Точечный

2. Графический

3. Визуальный

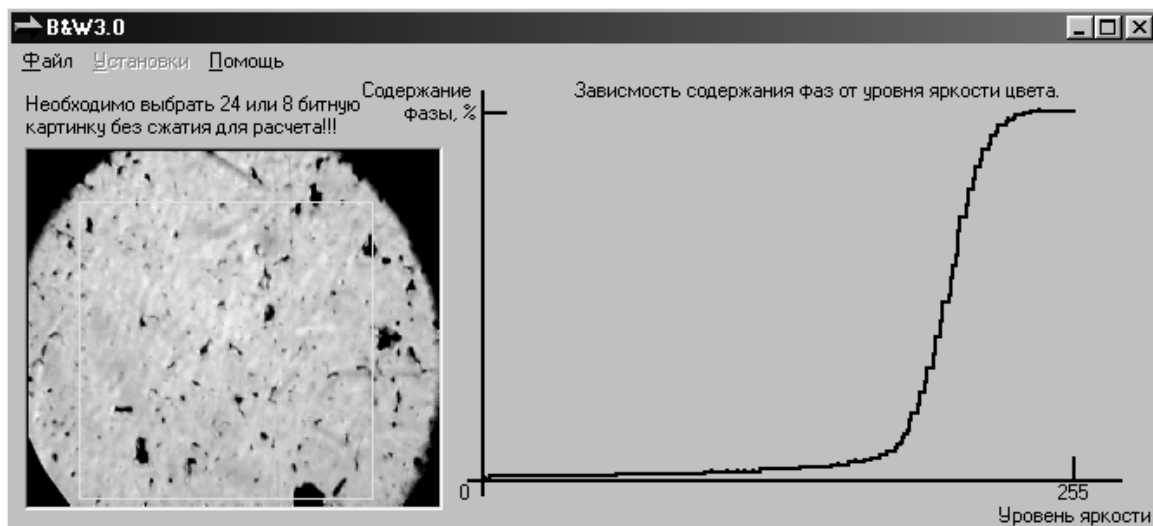


Рис.2. График зависимости количества фаз реальной структуры от уровня яркости

При точечном методе в разработанной программе [3] уровень яркости определяется в нескольких точках на различных частицах одной и той же фазы нажатием левой кнопки мыши. Максимальный (для темной фазы) или минимальный (для светлой фазы) уровень будет определяющим для расчета. При этом могут возникать неточности из-за пропуска частиц фазы с более высоким или низким уровнем яркости.

При втором методе уровень яркости фаз определяется из графической зависимости количества фазы от уровня яркости. Графическая зависимость представляет собой интегральную характеристику количества фаз во всем интервале уровней яркости (от 0 до 255). Например, если черная фаза имеет уровень яркости 0, а серая 50 и выше, то графическая зависимость имеет вид прямой линии до значения 50 по абсциссе, а значение по ординате соответствует количеству черной фазы и т.д. В идеальном случае, например, для рисованной структуры, зависимость имеет вид ступенчатой кривой (рис. 1). Каждая ступень на графике означает переход от одной фазы к другой. Задача построения интегральной характеристики количества фаз автоматизирована и решается с помощью компьютера [5].

Для реальных структур эта зависимость будет иметь такой же характер, но на углах появятся закругления и наклон ступеней (рис.2). Радиус закруглений зависит от ширины переходной зоны для фаз с различной яркостью, а наклон вызван наличием интервала яркости для

данной фазы. В рассматриваемом случае двухфазная структура состоит из небольшого количества темной фазы и матрицы серого цвета. Верхний уровень яркости для темной фазы и нижний уровень для матрицы определяется величиной уровня яркости соответствующей середине первой кривой сопряжения.

Для этого метода проведена работа по оценке влияния обработки изображения (изменение яркости и контрастности) с помощью программы FotoShop [6]. В табл.1 приведены значения уровней яркости и контрастности и соответствующие им количество темной фазы реальной структуры рис.2.

Таблица 1.

Уровень контрастность	
значение	% черной фазы
0	8,48
20	8,48
40	8,48
60	8,48
Уровень яркость	
значение	% черной фазы
0	8,48
20	8,48
40	4,34
60	2,58

Из таблицы следует, что изменение степени контрастности не оказывает влияние на содержание фаз, тогда как повышение уровня яркости приводит к уменьшению доли черной фазы. Таким образом, обработка изображения не приводит к повышению точности определения количественных характеристик структуры и, поэтому, главный упор необходимо делать на качество подготовки металлографического шлифа и его травления.

При втором методе так же существует некоторая (хотя и значительно меньшая чем при первом) неточность в определении уровня яркости фаз.

С этой точки зрения наиболее перспективным представляется третий метод. При определении уровня сигнала фазы визуальным методом предлагается следующий алгоритм: изменение уровня яркости вызывает перекодировку цвета фазы и пользователь меняет уровень яркости до тех пор, пока все частицы искомой фазы не изменят цвет. Таким образом, определяется верхний уровень для темной фазы и нижний для светлой. Верхний уровень для темной фазы является нижним для промежуточной

фазы, а нижний уровень светлой фазы для промежуточной фазы будет верхним.

Результаты исследования представленные в настоящей работе выполнены при поддержке гранты Президента РФ МК-6661.2013.8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Егоров Ю.П. Производство поршневых колец компрессоров высокого давления // Литейное производство. – 2008. – № 8. – С. 24-26.

2. Мартюшев Н.В., Семенов И.В. Структура и свойства бронзовых отливок при различных скоростях охлаждения // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 1-1.

3. Мартюшев Н.В. Влияние условий кристаллизации на структуру и свойства бронз, содержащих свинец // Металлургия машиностроения. – 2010. – № 4. – С. 32-36.

4. Мартюшев Н.В. Параметры дендритной структуры медных сплавов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2011. – № 11-3 (54). – С. 229-232.

5. Мартюшев Н.В. Влияние условий кристаллизации на свойства отливок из бронзы брос 10-10 // Литейное производство. – 2011. – № 6. – С. 11-13.

6. Мартюшев Н.В. Программные средства для автоматического металлографического анализа // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – С. 79-79.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ

Беккер А. В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Обеспечить человечество высоким качеством жизни позволяет в настоящее время высокое развитие науки и техники, которые тесно связаны с использованием природных ресурсов.

Огромное значение, на протяжении последнего столетия, имеют природные энергоносители. Экономика нашего государства построена на добыче, переработке и продаже полезных ископаемых. Именно поэтому актуальной на сегодняшний день проблемой является рациональное и эффективное использование этих ресурсов.

Одним из главных энергоносителей является жидкое углеводородное топливо, в качестве сырья для данного вида топлива, в основном, используют нефть. Диапазон способов использования нефти возростал по мере обнаружения все новых запасов. Изобретение двигателя внутреннего сгорания привело к тому, что бензиновая фракция нефти стала жизненно важна для работы транспорта.

При развитии и совершенствовании производства общество, безусловно, стремится наиболее рационально использовать все затраты и ресурсы, снизить их расход на единицу производимой продукции. Оптимизируя трудоемкость, материалоемкость, фондоемкость и капиталоемкость производства, можно повысить производительность труда, выпуск продукции на единицу материальных затрат, фондоотдачу и капиталотдачу, т.е. эффективность производства в целом. Таким образом, оценка эффективности производства в современных условиях сводная к эффективному ресурсопотреблению.

Высокая доля энергии в себестоимости химической продукции обусловила необходимость ее рационального и экономичного использования в производстве. Критерием экономичного использования энергии всех видов является коэффициент использования энергии, равный отношению количества энергии, теоретически необходимой на производство единицы продукции, к количеству энергии, практически затраченной на это. Для высокотемпературных эндотермических процессов коэффициент использования тепловой энергии не превышает 70%, то есть до 30% энергии уходит с продуктами реакции в виде тепловых потерь.

Рациональное использование энергии в химическом производстве означает применение методов, повышающих коэффициент использования энергии. Эти методы можно разделить на две группы: разработка энергосберегающих технологий и улучшение использования энергии в производственных процессах. К первой группе относятся:

- разработка новых энергоэкономных технологических схем;
- повышение активности катализаторов;
- замена существующих методов разделения продуктов производства на менее энергоемкие.

Ко второй группе энергосберегающих мероприятий можно отнести:

- уменьшение тепловых потерь за счет эффективной теплоизоляции и уменьшения излучающей поверхности аппаратуры;
- использование вторичных энергетических ресурсов [1].

Необходимо также учитывать эффективное использование природных ресурсов не только на стадии переработки, но и на стадии получения и транспортировки:

-использование технологий, обеспечивающих максимально эффективное извлечение ресурсов из недр;

- минимизировать потери при транспортировке (аварии на нефте- и газопроводах, морского и наземного транспорта).

Нельзя говорить о ресурсоэффективном производстве, не рассматривая стратегию предприятий в данном направлении. Основными условиями формирования ресурсоэффективной стратегии должны стать:

- создание механизмов стимулирования ресурсо- и энергосбережения на предприятиях;

- совершенствование финансирования и реализации программ и проектов

по эффективному использованию всех видов ресурсов;

- создание и использование прогрессивных техники, технологий и материалов, обеспечивающих качественное улучшение эффективности ресурсо- и энергопотребления;

- внедрение на предприятиях системы контроля за ходом реализации ресурсосберегающих программ и мер ответственности за их исполнение[2].

Таким образом можно сделать вывод, что для предприятий нефтехимической промышленности, как и для любого другого предприятия, для оценки ресурсоэффективности необходимо использовать технико-экономические показатели. Основным подходом к оценке экономической эффективности является сопоставление двух величин: экономического эффекта или результата и размера производственных затрат или ресурсов. Показатели экономической эффективности производства дают представление о том, ценой каких затрат достигается экономический эффект. Также необходимо учитывать специфику производства, проводить оценку ресурсоэффективности с помощью такого показателя, как коэффициент использования энергии. На основании контрольно-аналитических отделов необходимо делать выводы об эффективности использования ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананенков А.Г., Мастепанов А. М. Газовая промышленность России на рубеже XX и XXI веков: некоторые итоги и перспективы.- М.: ООО «Газойл пресс», 2010.- 304 с.

2. Игнатов В.Г., Бутов В.И. Регионоведение (экономика и управление): Учебное пособие. – М.: ИКЦ «МарТ», 2004

НАДЕЖНОСТЬ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ТРОЛЛЕЙБУСА

Николаев Д.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г.Томск

В наши дни, электрический транспорт, используемый для перевозки пассажиров, получил большое распространение во многих городах России, и в частности в Томске. Так в 2011 году в Томское трамвайно-троллейбусное управление поступило 48 новых троллейбусов, а общий парк троллейбусов составляет 105 единиц. Также возросла тенденция использования муниципального транспорта и соответственно увеличилась нагрузка на транспорт [4].

Для приведения в движение троллейбуса необходим тяговый электродвигатель (ТЭД). Тяговый электродвигатель (или электродвигатели, если их несколько) приводит троллейбус в движение посредством передачи создаваемого им вращающего момента через специальные механизмы (тяговая передача) ведущим колесам, а также используется в процессе электродинамического или рекуперативного торможения [5]. Таким образом, надежность троллейбуса непосредственно зависит от ТЭД. Моделирование эксплуатационной надежности ТЭД является важной частью расчета безотказной работы троллейбуса.

Для достижения заданной надежности тяговых электродвигателей в эксплуатации, особую роль занимают экспериментальные оценки, которые позволяют оценить фактические показатели надежности. Количественные показатели надежности экспериментально можно определить по результатам лабораторных ускоренных испытаний и эксплуатационных испытаний. Последние на сегодняшний день являются основным источником информации об отказах изделий [1].

Объект изучения: троллейбус АКСМ-321. АКСМ-321 — белорусский низкопольный троллейбус большой вместимости для внутригородских пассажирских перевозок. Относится к третьему поколению троллейбусов, разработанных заводом. Базовая модель имеет с транзисторную систему управления на IGBT-модулях и двигателем переменного тока.

В качестве тягового электродвигателя на троллейбусе АКСМ-321, используется асинхронный двигатель российского производства, марки ДТА-1У1.

С точки зрения надежности асинхронный двигатель представляет собой систему, все элементы которой соединены логически последовательно и не имеют резервирования.

Поэтому, под надежностью системы, или в данном случае двигателя, понимается результирующая надежность при заданной структуре и известных значениях надежности всех входящих в нее блоков и элементов. Разбиение системы на блоки осуществляется на базе единства функционирования изделия и происходящих в нем физических процессов. При этом пользуются так называемым методом «слабых звеньев», сущность которого состоит в следующем: при исследовании рассматриваются те элементы или блоки электрической машины или системы, надежность которых в данных условиях минимальна. Сама модель «слабейшего звена» представляет собой систему с последовательным соединением элементов, в которой при отказе одного элемента выходит из строя вся цепь. Так, в асинхронном двигателе такими элементами являются подшипниковый узел, обмотка статора и ротор.

Рассмотрим вероятность безотказной работы (ВБР) на всех интервалах времени, для каждого из узлов тягового электродвигателя, для этого необходимо составить таблицу. В таблице 1 приведены данные для расчета ВБР тягового электродвигателя.

Таблица 1.

Расчет ВБР тягового электродвигателя в целом

P(s)	0	5000	10000	15000	20000	25000
P _{пу}	1	0,72	0,3	0,1	0,09	0,08
P _{ос}	1	0,93	0,88	0,76	0,64	0,7
P _p	1	0,95	0,9	0,88	0,88	0,61
P _{тэд}	1	0,64	0,24	0,07	0,05	0,03

По данным из таблицы 1, построим кривую вероятности безотказной работы тягового электродвигателя в целом (рисунок 1).

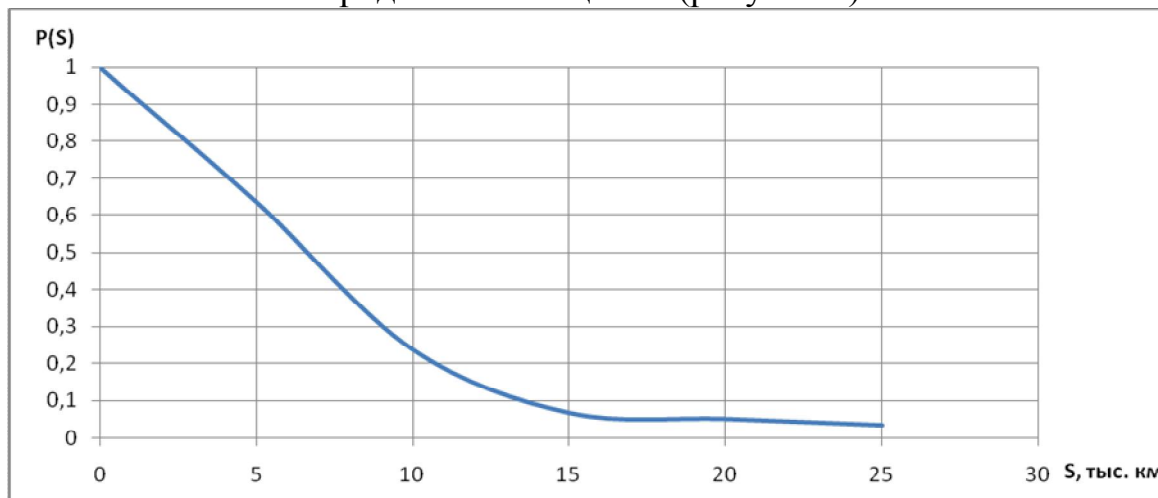


Рис. 1. Кривая вероятности безотказной работы ТЭД

Из кривой вероятности безотказной работы двигателя в целом (рисунок 1) видно, что уже к 15 тыс. км ВБР двигателя крайне мала. Это объясняется тем, что основное количество отказов подшипниковых узлов, происходит после пробега более 5 тыс. км.

Проведенные исследования показывают, что долговечность тягового электродвигателя, и его конструктивных деталей определяется условиями эксплуатации.

Ниже на рисунке 2 приведена гистограмма среднего пробега до отказа для каждого из узлов тягового электродвигателя троллейбуса.

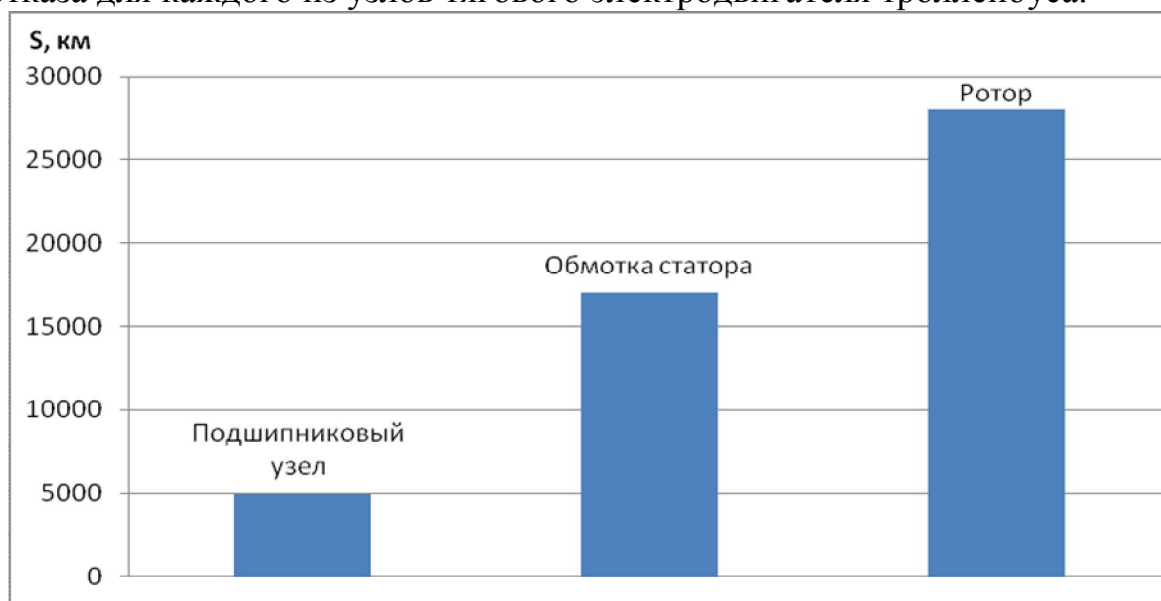


Рис. 2. Гистограмма среднего пробега до отказа для каждого из узлов ТЭД троллейбуса

Из гистограммы видно, что больше всех средний пробег до отказа имеет ротор 28 тыс. км, затем обмотка статора 17 тыс. км. и подшипниковый узел 5 тыс. км. Таким образом, видно насколько сильно подшипниковый узел уступает по среднему пробегу до отказа по сравнению с другими узлами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обеспечение надежности асинхронных двигателей/ Захарченко П.И., Шириин И.Г., Ванеев Б.Н., Гостищев В.М.; УкрНИИВЭ. - Донецк, 1998. - 324 с.
2. Сборник задач по надежности электрических машин: учебное пособие / Н. Л. Кузнецов. М.: Издательский дом МЭИ, 2008.-408 с.: ил.
3. Кузнецов Н. Л. Надежность электрических машин: учеб. пособие для вузов / Н. Л. Кузнецов - М.: Издательский дом МЭИ, 2006. -432с.

4. <http://tomsk.sibnovosti.ru/transport/134800-v-tomsk-postupili-novye-trolleybusy> - В Томск поступили новые троллейбусы от 10.05.2012.

5. http://ru.wikipedia.org/wiki/тяговый_электродвигатель от 10.05.2012

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННОГО КОНТАКТОРА

Суетина Н.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Создание коммутационной аппаратуры большей мощности для нужд судовой энергетики, является важной и актуальной задачей. Одна из основных тенденций развития судовой электроэнергетики - постоянный рост мощностей судовых электростанций и установленного электрооборудования. Так, средняя мощность судовых электростанций морских судов удваивается каждые 20 лет и в настоящее время достигает десятков тысяч киловатт. По мере роста мощностей судовых электростанций усложняется их структура, а также структура электрических сетей, совершенствуются системы автоматического регулирования, управления, защиты и контроля [1]. При этом увеличение мощности контакторов, применяемых в системах управления судовой электроэнергетической системой не должно существенно влиять на их массу и габариты. В связи с этим было принято решение о разработке методики оптимального проектирования контактора.

По результатам сравнительного анализа контакторов для систем управления судовой энергосистемой принято решение о том, что поляризованный контактор серии КНП является наиболее оптимальным вариантом. Решение принято на основании предъявляемых требований к коммутационной аппаратуре подвижных средств водного транспорта. Поляризованный контактор серии КНП обеспечивает наибольшую компактность при прочих равных условиях, широкий диапазон рабочих температур, высокую коммутационную и механическую износостойкость. Кроме того, данная конструкция обеспечивает требуемые высокие параметры по механической стойкости [2].

При оптимизационном расчете поляризованного контактора необходимо решить следующие задачи:

- выбрать наиболее целесообразную конструкцию контактора и тип магнитной системы.

- определить оптимальный вариант основных размеров электромагнитной системы контактора. Данная задача решается на этапе параметрической оптимизации.

На этапе структурной оптимизации обосновано применение поляризованного контактора с мостовой схемой магнитной цепи. Данная конфигурация обеспечивает конструкции контактора устойчивость к механическим воздействиям. Обоснованно применение постоянного магнита, как вспомогательного источника энергии. Что делает данный контактор энергоэффективным, за счет снижения энергопотребления.

На этапе параметрической оптимизации контактора определен критерий оптимальности и варьируемые параметры. В качестве критерия оптимальности выбран минимальный габаритный объем электромагнитной системы. Критерий оптимальности выбран исходя из специфики применения контактора, так как контактор применяется на подвижных средствах, т.е. в условиях ограниченного пространства, то габаритный объем позволяет объективно оценить экономию площади, необходимой для размещения контакторов [3]. Для достижения минимального габаритного объема за варьируемые параметры выбраны плотность тока и соотношение высоты обмотки к ее ширине.

На основе теории процессов функционирования контактора и методик его проектирования была разработана методика оптимального проектирования [4]. Главным отличием этой методики от уже существующих является наличие блока оптимизации. В этом блоке осуществляется варьирование параметров. Алгоритм расчета оптимального контактора представлен на рисунке 1.

В методике приняты следующие ограничения: температура нагрева катушки и время срабатывания контактора. Температура $\vartheta_{к.н}$ не должна превышать допустимую для принятого класса изоляции, это обеспечивает необходимый срок службы изоляции, а время срабатывания контактора не должно превышать 0,15с, что обеспечивает высокое быстродействие аппарата.

Данная методика была реализована в программе Mathcad. Был произведен расчет контактор на номинальный ток 50 А и получен габаритный объем магнитной системы контактора. Предложенная методика позволяет добиться его уменьшения на 25% и может быть применима для оптимального проектирования поляризованного контактора серии КНП с целью минимизации его массогабаритных параметров. Практически доказано, что предложенная методика обеспечивает уменьшение габаритов конструкции.

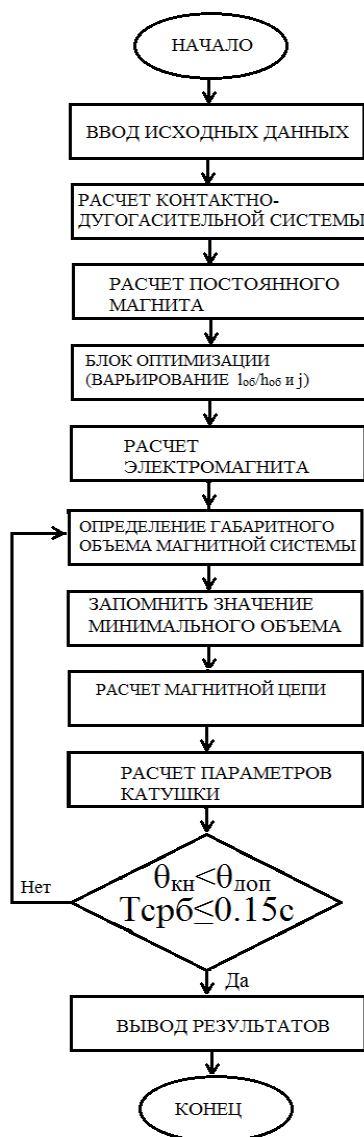


Рис. 1. Схема алгоритма расчета контактора

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Артемов, В. П. Волошин, А. Я. Шквар, В. П. Шостак. Системы судовых энергетических установок. – Л.: Судостроение, 1990. – 376 с.
2. ГОСТ РВ 20.39.304-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 1990. – 58 с.
3. Реклейтис Г. Оптимизация в технике. – М.: Мир, 1986. – 349 с.
4. Декабрун И.Е. Электромагнитные поляризованные реле и преобразователи. – М.: Госэнергоиздат, 1959. – 112 с.

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ РАСЧЁТЫ АСИНХРОННОГО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ

Кашеутов Д.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Вентиляторы главного, а также местного проветривания различной производительности используются в подземных выработках, в производствах, где окружающий воздух содержит взрывоопасные, огнеопасные или химические активные примеси. Для привода таких вентиляторов обычно используются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

В настоящее время для привода вентиляторов высокой производительности существует потребность в создании высоковольтных с номинальным напряжением 6,3 кВ взрывозащищённых четырёхполюсных асинхронных двигателях мощностью 200 кВт и выше. Использование для таких вентиляторов серийных высоковольтных взрывозащищённых двигателей типа ВАО, 1ВАО не всегда оправдано из-за их пусковых свойств, конструктивных особенностей и массогабаритных показателей.

Для привода высокопроизводительных вентиляторов, конкурентоспособных на внутреннем и внешнем рынке, нужны свои асинхронные двигатели. Эти двигатели должны быть компактными, хорошо встраиваться в вентиляционную установку, иметь улучшенные пусковые свойства, удовлетворять эксплуатационно-техническим требованиям, предъявляемым к асинхронным двигателям для привода вентиляторов и при минимальных габаритных размерах обеспечивать КПД не ниже двигателей аналогов. Проектирование и создание таких асинхронных двигателей является актуальной задачей.

Для проектируемого асинхронного двигателя ($P_n=200$ кВт, $U_n=6,3$ кВ, $p=2$) заданы наружный диаметр $D_i = 660$ мм и длина $l_1 = 310$ мм сердечника статора, числа пазов статора и ротора – $Z_1 = 60$, $Z_2 = 50$.

Одним из определяющих факторов оптимизационных расчётов электродвигателя является выбор количества СР эффективных проводников в пазу статора. Просчитаны варианты двигателей с числом проводников в пазу статора 32, 34 и 36. По результатам расчетов построены графики зависимостей, рис. 1-4.

Критерий оптимальности проектируемого двигателя – $KПД \geq 0,94$ при минимальной массе меди обмотки статора. Ограничения по пусковым

характеристикам – кратность пускового тока $I_i \leq 6$, кратность пускового момента $M_i \geq 0,7$.

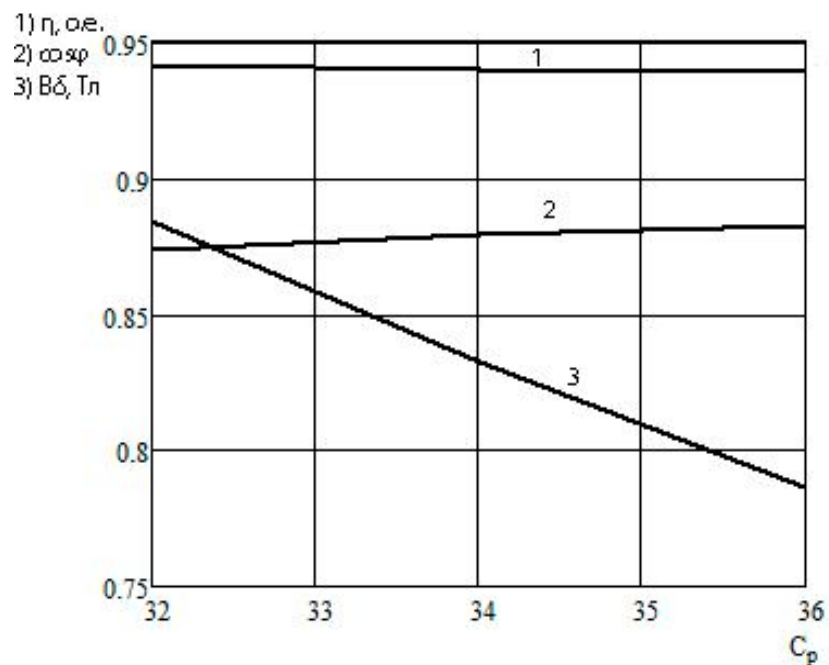


Рис. 1 Зависимость КПД, $\cos\varphi$ и индукции в зазоре от количества эффективных проводников

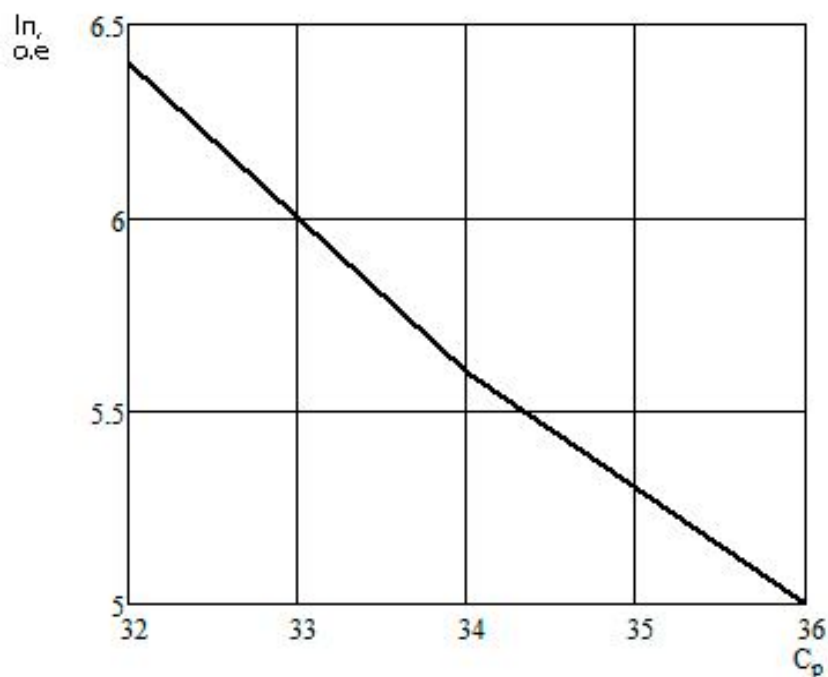


Рис. 2 Зависимость кратности пускового тока от количества эффективных проводников

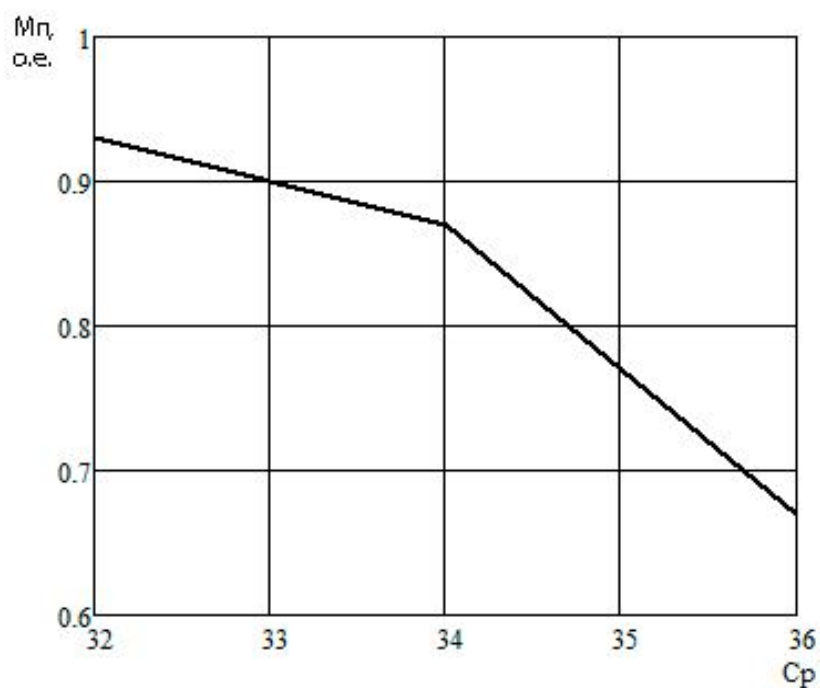


Рис.3 Зависимость кратности пускового момента от количества эффективных проводников

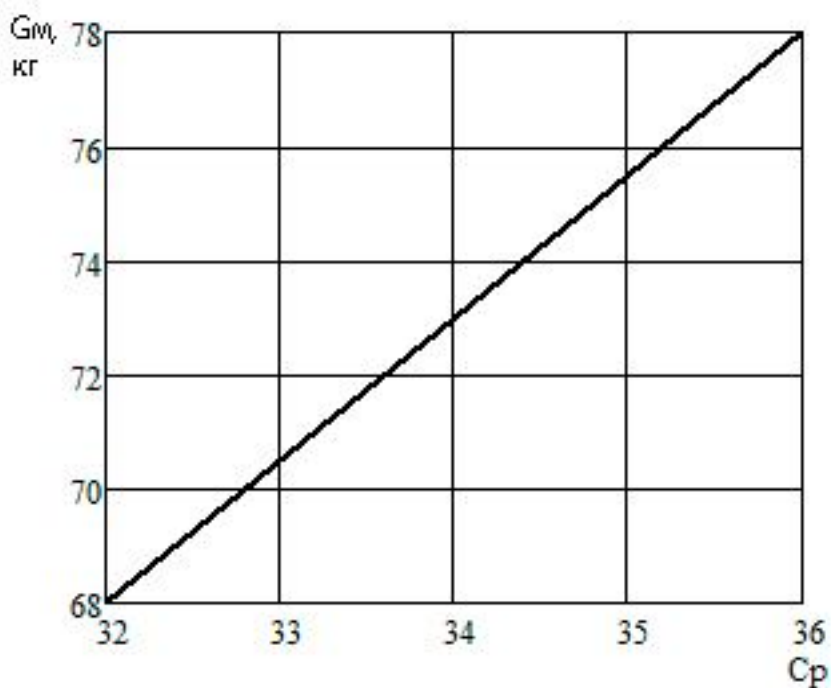


Рис.4 Зависимость массы обмотки от количества эффективных проводников

Как видно из графиков, при увеличении числа эффективных проводников, энергетические показатели практически не изменяются: КПД не значительно снижается, а $\cos \varphi$ так же не значительно увеличивается. Однако на пусковые характеристики это сказывается довольно сильно. Наибольшую кратность пусковых моментов имеет двигатель с количеством эффективных проводников $S_p = 32$. Но, пусковые токи у такой машины получаются завышенными, т.е. не удовлетворяют ограничениям. С увеличением числа проводников кратность пускового тока снижается, но уменьшается и кратность пускового момента и при $S_p = 36$ пусковой момент становится ниже допустимого значения. Так же при увеличении числа проводников увеличивается масса меди, что не желательно с экономической точки зрения, т.к. это увеличивает стоимость машины. Для данного двигателя наиболее оптимальным является вариант с количеством эффективных проводников $S_p = 34$. Индукция в воздушном зазоре при таком количестве проводников так же наиболее предпочтительна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копылов И.П., Клоков Б.К., Морозкин В.П. и др. Проектирование электрических машин. – М.: Высшая школа, 2002. – 767 с.
2. Баклин В.С., Пушкарёв И.И. Алгоритм оптимизационных расчётов высоковольтных асинхронных двигателей // Известия Томского политехнического университета. –2011. – Т. 318. – № 4. – С. 132–136.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Кормилин Ю. А., Гирник А. С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Автоматический выключатель служит для нечастых включений и отключений электрических цепей и защиты электроустановок от перегрузки и коротких замыканий, а также недопустимого снижения напряжения.

В результате расчета токоведущего контура был произведен расчет размеров сечения шины по термической стойкости, номинальному току. Также произведен расчет площади сечения и размера гибкого соединения,

контактного сопротивления коммутирующих контактов, расчет на термическую, динамическую стойкость.

Дугогасительная решетка дает возможность значительно сократить длину дуги и гасить ее в ограниченном объеме при малых звуковом и световом эффекте. Возникающая при отключении электрической цепи между контактами дуга втягивается в решетку, за счет электро- и аэродинамических сил.

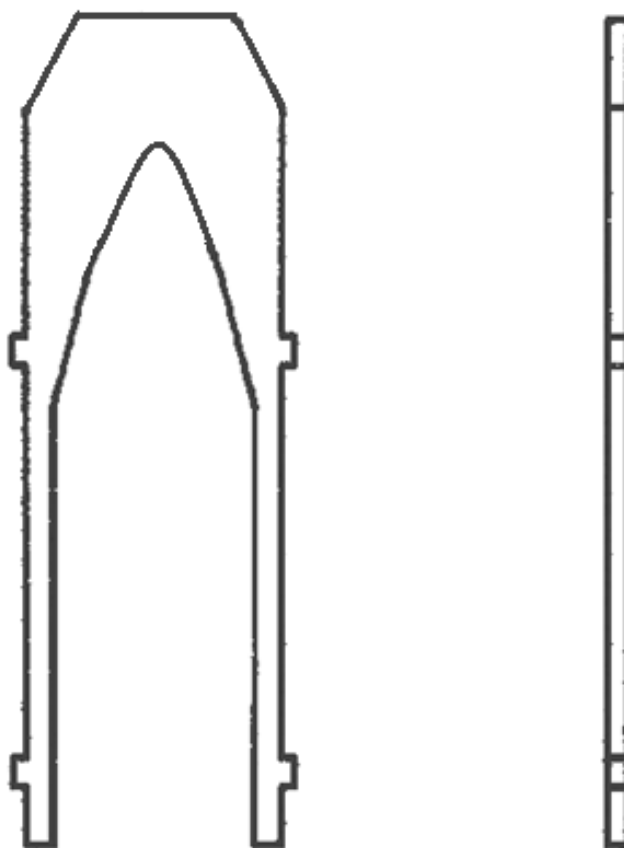


Рис. 1. Форма пластины дугогасительной решетки

Электромагнит устройство, создающее магнитное поле при прохождении электрического тока. Обычно электромагнит состоит из обмотки и ферромагнитного сердечника, который приобретает свойства магнита при прохождении по обмотке тока.

Для успешной работы электромагнита необходимо, чтобы тяговые характеристики электромагнита превышали противодействующие. Именно поэтому расчет электромагнита начат с расчета пружин.

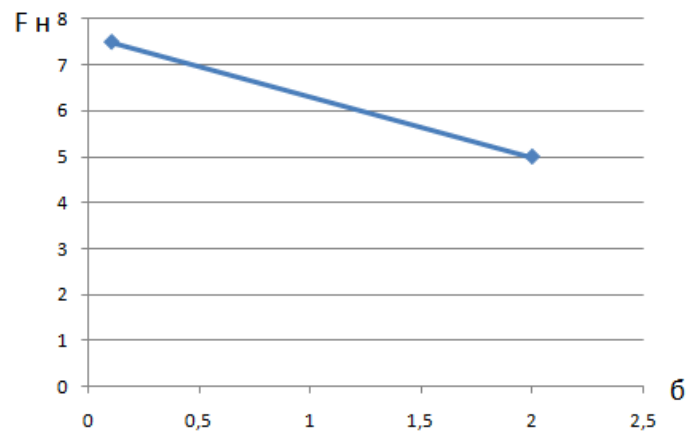


Рис. 2. Механическая характеристика пружины

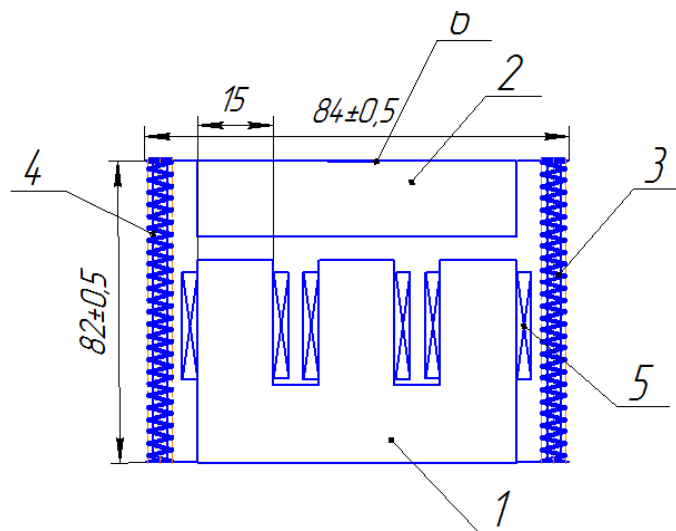


Рис. 3. Разработка эскиза электромагнита

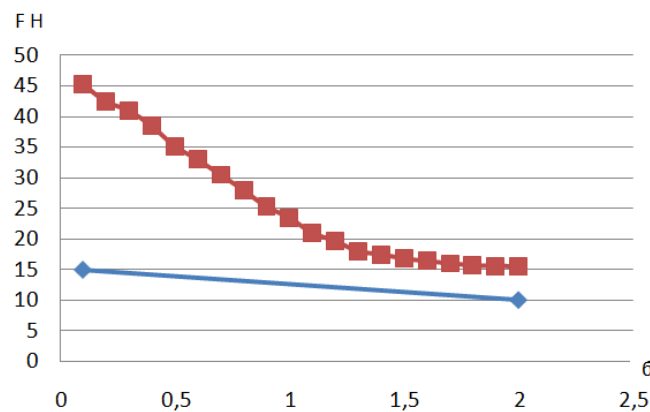


Рис. 4. Согласование механической и тяговой характеристики

Основной и наиболее важной частью технологической подготовки сборочного производства является проектирование технологического процесса сборки.

Технологический процесс сборки представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной, технически и экономически целесообразной последовательности для получения сборочных единиц и изделий, полностью отвечающих установленным требованиям. Чем технологичней устройство, тем дешевле, именно поэтому решение технологических проблем очень актуально.

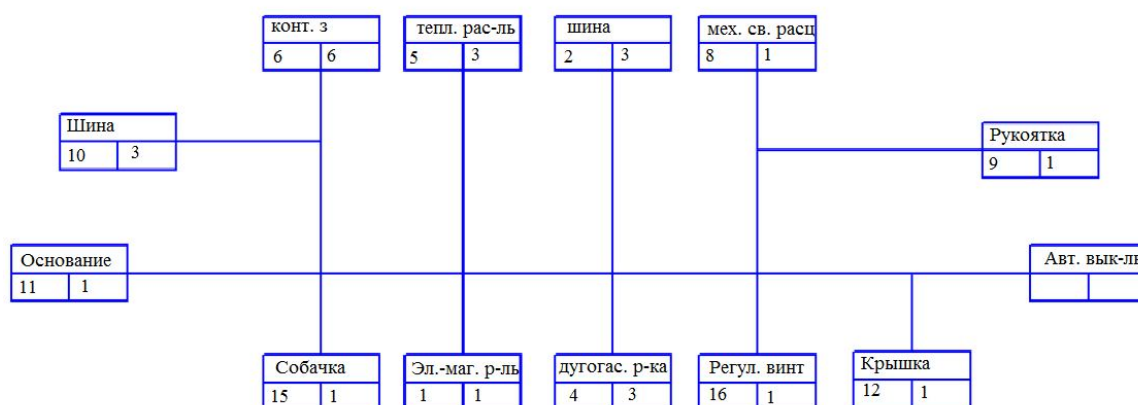


Рис. 5. Схема общей сборки автоматического выключателя

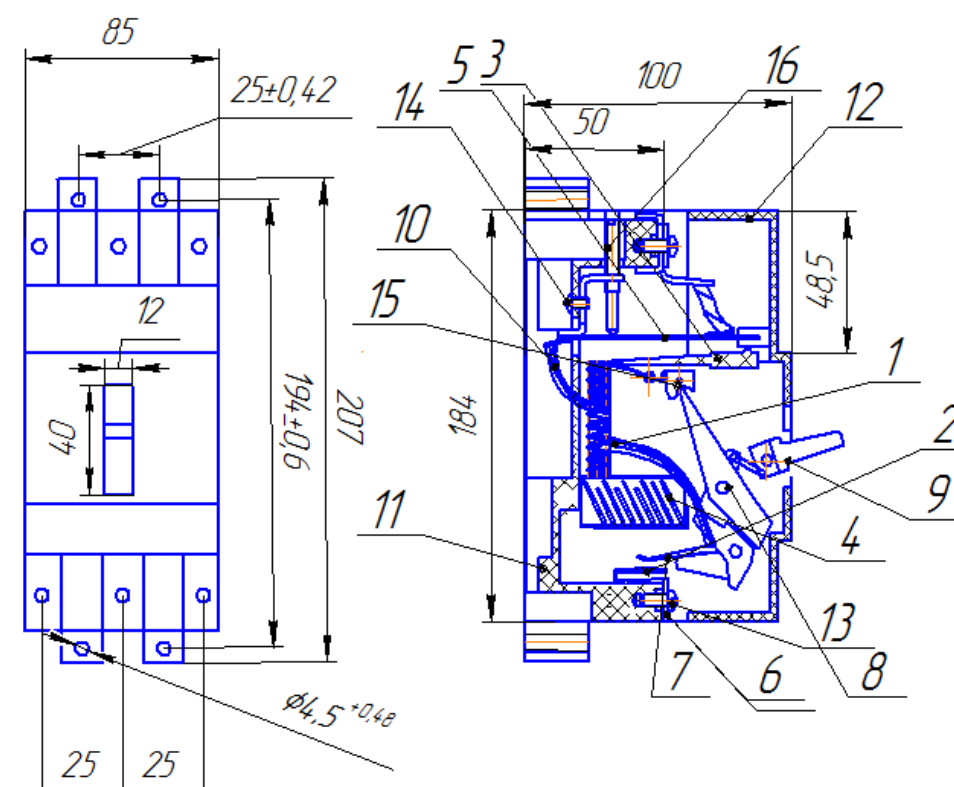


Рис. 6. Сборочный чертеж автоматического выключателя

ЛИТЕРАТУРА

1. Сахаров П. В. Проектирование электрических аппаратов (Общие вопросы проектирования). Учебное пособие для студентов электрических вузов. - М.: Энергия, 1971.
2. Таев И. С. Электрические аппараты управления: Учебник для вузов по спец. Электрические аппараты. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1984
3. Копылов Ю.В. «Расчёт магнитной цепи постоянного тока». Учебное пособие. Томск. Изд. ТПИ, 1985
4. Буль Б. К. Основы теории и расчёта магнитных цепей. М.-Л., издательство Энергия, 1964
5. Чунихин А. А. Электрические аппараты (общий курс). Учебник для энергетических и электротехнических институтов и факультетов. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Энергия, 1975.

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРОЛЛЕЙБУСОВ МАРКИ АКСМ - 321

Черепенников О.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Надежность – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. [4]

В данном случае объектом является троллейбус марки АКСМ – 321, который широко применяется во многих городах России и стран СНГ.

АКСМ-321 – белорусский низкопольный троллейбус большой вместимости для внутригородских пассажирских перевозок, выпускаемый серийно с 2001 года на Белкоммунмаше. Относится к третьему поколению троллейбусов, разработанных заводом.

В Томском городском унитарном муниципальном предприятии «Трамвайно-Троллейбусное управление» (ТГУ МУ «ТТУ») троллейбусы этой марки появились в 2010 г. Эксплуатация показала что машины имеют ряд конструктивных изъянов, которые приводят к отказам. Основную долю отказов составляет неисправности тягового электропривода.

На троллейбусах марки АКСМ – 321 установлен асинхронный двигатель марки ДТА-1У1, мощностью 180кВт.

Основные неисправности двигателя приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Неисправности двигателя		
Отказавший узел	Вид отказов	Причина отказов
Обмотка статора	Витковое замыкание	Дефекты изготовления, естественный износ и старение
	Межфазное замыкание	
	Пробой корпусной изоляции	
	Снижение сопротивления изоляции	
	Обрыв в схеме соединения	Перегрев обмотки
	Обугливание и пробой изоляции, перегорание и замыкание проводников	
	Снижение сопротивления изоляции	Интенсивное проникновение влаги внутрь
Ротор	Выплавление обмотки ротора	Дефекты изготовления
	Задир ротора о статор	Естественный износ подшипника
Подшипниковый узел	Разрушение и заклинивание подшипника	Недостаточная смазка, проникновение пыли и влаги

На рис. 1 показана динамика выхода из строя тягового электродвигателя.

Использовались данные по отказам двигателей в период с июня 2012 года по июнь 2013 года.

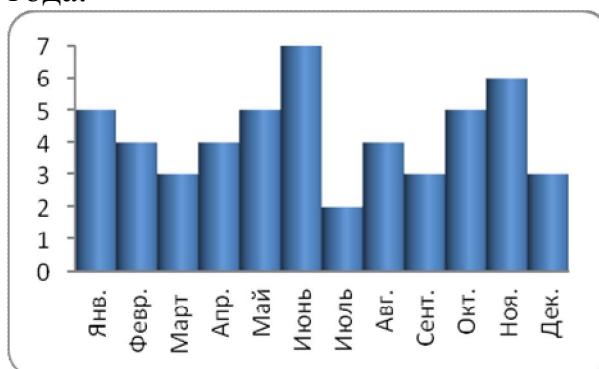


Рис. 1. Динамика выхода из строя тягового электродвигателя зависимости от времени года

Суммарное количество отказов за данный период равняется 51.

В таблице 2 приведены данные отказов асинхронных двигателей в период с июнь 2012 года по июнь 2013 года.

Таблица 2.

Причина отказа	Количество отказов
Неисправность подшипников	34
Неисправность обмотки статора	9
Неисправность ротора	8
Всего	51

Произведем расчеты надежности троллейбусов по методике, изложенной во 2 источнике.

Определим статистическую вероятность отказов за весь период по формуле (1)

$$P^* = \frac{m}{n}, \text{ где } m\text{-число отказов узла } n\text{- общее число отказов}$$

Статическая вероятность отказов подшипников:

$$P^*_{\Pi} = \frac{m}{n} = \frac{34}{51} = 0.667$$

Статическая вероятность отказов обмотки статора:

$$P^*_{OC} = \frac{m}{n} = \frac{9}{51} = 0.176$$

Статическая вероятность отказов из-за неисправностей ротора:

$$P^*_{P} = \frac{m}{n} = \frac{8}{51} = 0.157$$

На рис. 2 представлена гистограмма вероятностей отказов двигателей.

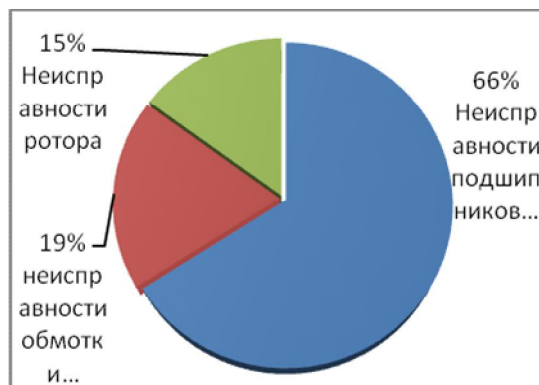


Рис. 2. Отказы основных узлов тягового электродвигателя ДТА 1У1

Вывод: для повышения вероятности безотказной работы рекомендуется, либо заменить эти элементы более надежными, либо зарезервировать их элементами с более большей вероятностью безотказной работы. Но на практике данные рекомендации выполнить не всегда является возможным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт ТГУ МП ТТУ www.ttu.tomsk.ru.
2. Кузнецов Н.Л.. Надежность электрических машин: учеб. пособие для вузов.- М.: Изд Дом МЭИ, 2006. - 432 с.
3. Википедия. Троллейбус АКСМ-321// www.ru.wikipedia.org 2012.URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/АКСМ-321>.
4. Колесников С.В. Разработка метода расчета эксплуатационной надежности электродвигателей трамваев, выработавших заданный технический ресурс: авто- реф. дис. канд. техн. наук.- Казань, 2002. - 19 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОГАБАРИТНОГО ИНДУКЦИОННОГО ЛИНЕЙНОГО ДАТЧИКА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО – ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА С РАБОЧИМ ХОДОМ ШТОКА ± 15 ММ

Абрамовская А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

В обратной связи систем управления космической, авиационной техники, оборудования нефтяной и газовой промышленности для контроля за перемещением штоков приводных механизмов применяются датчики линейного перемещения. К подобным датчикам устанавливаются требования работоспособности как при высоких температурах окружающей среды до 150 °С, так и при низких – до минус 250°С, как при пониженном давлении до $1,33 \cdot 10^{-10}$ Па, так и при повышенном давлении рабочей жидкости до 22 МПа. Надежную работу и высокую точность измерения для такой техники обеспечивают дифференциально-трансформаторные датчики линейного перемещения типа ЛДТ(LVDT). Принципиальная электрическая схема датчика приведена на рис.1.

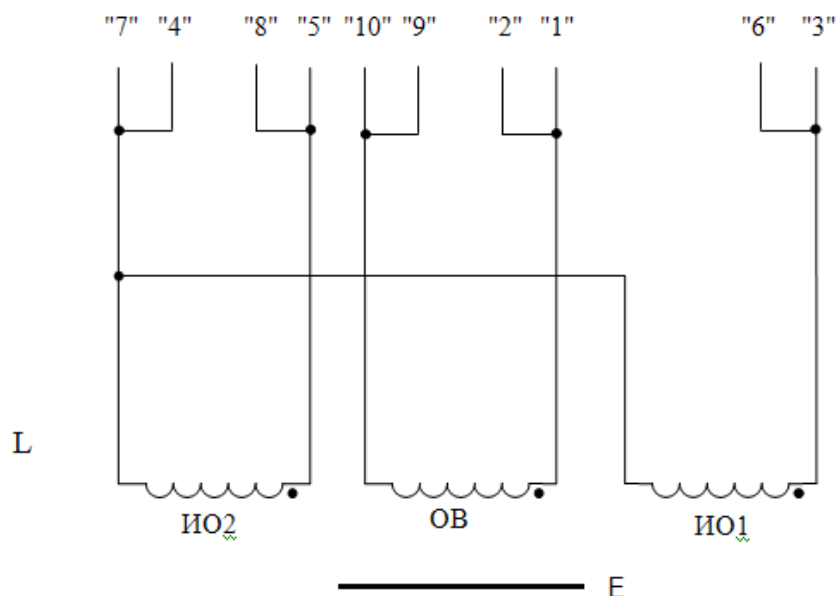
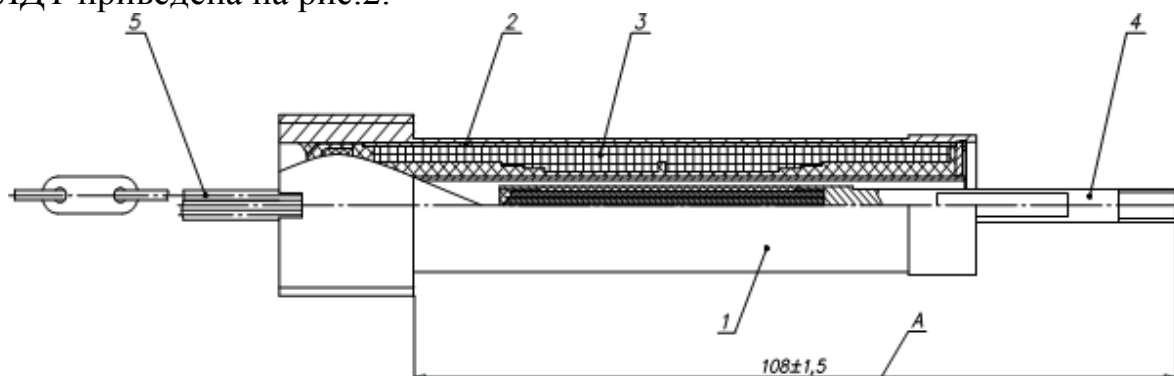


Рис.1. OB - обмотка возбуждения; IO1, IO2 - измерительные обмотки

Таблица 1.

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
L	Катушка	1	
E	Подвижная часть	1	

Совершенствование обратной связи систем управления включает в себя использование положительных результатов в части миниатюризации датчиков линейного перемещения. Конструктивная схема датчика типа ЛДТ приведена на рис.2.



1 - корпус; 2 - магнитопровод; 3 - катушка; 4 - подвижная часть датчика; 5 - выводы;

Рис.2. Конструктивная схема датчика типа ЛДТ

Процесс создания малогабаритного датчика включает в себя работу по получению минимальных размеров его основных узлов: штока, включающего в себя подвижную часть магнитопровода (сердечник), и катушки, состоящей из обмоток первичной и вторичной электрических цепей. Эти узлы определяют габаритные размеры. От соотношения длины сердечника и катушки зависит закон распределения витков в обмотках вторичной цепи. В большинстве датчиков типа ЛДТ сердечник перемещается внутри катушки в пределах ее осевого размера. Его длина выбирается исходя, из тока потребления датчика и составляет не менее двух рабочих ходов. Дальнейшее уточнение размеров связано с обеспечением требуемой линейности выходной характеристики. При этом у датчиков с выходной характеристикой, представляющей собой зависимость выходного напряжения от перемещения сердечника, требуемая линейность может обеспечиваться за счет изменения плотности распределения витков в обмотках вторичной цепи. В последнее время в датчиках типа ЛДТ используется инвариантная схема представления выходной характеристики, поскольку она значительно уменьшает эксплуатационные погрешности измерения перемещения (погрешности от колебания напряжения питания, частоты, температуры, давления, механических перегрузок). В датчиках с инвариантной схемой получение нелинейности менее 0,8 % за счет изменения плотности распределения витков во вторичной обмотке по длине каркаса без изменения длины сердечника труднодостижимо. Основная задача при создании таких датчиков – это поиск варианта изменения потокосцеплений первичной и двух вторичных обмоток в зависимости от хода, обычно являющихся нелинейными функциями, так, чтобы алгоритм разности напряжений этих обмоток отнесенной к их сумме давал бы линейную функцию.

При проведении дальнейших работ по миниатюризации и повышению точности измерения датчиков типа ЛДТ изготовлен образец с рабочим ходом ± 15 мм, в конструкции которого были приняты изменения, такие как: были убраны стакан и вилка.

В результате проведенных испытаний были получены следующие параметры и характеристики датчика представленные в таблице 1.

Таблица 1.

Параметры датчика

№	X, mm	U1, В	U2, В	Выходная характеристика	Крутizza	Средняя крутизна	Нелинейность
1	-15,0	1,2776	5,0768	0,597885	0,039859	0,0396 26	0,294
2	-13,0	1,6275	5,1799	0,521844	0,040142		0,564
3	-11,0	2,0262	5,2248	0,441125	0,040102		0,441
4	-9,0	2,4584	5,2084	0,358689	0,039854		0,173
5	-7,0	2,9117	5,1296	0,275814	0,039402		-0,132
6	-5,0	3,3627	4,9878	0,194611	0,038922		-0,296
7	-3,0	3,7911	4,7812	0,115500	0,038500		-0,284
8	-1,0	4,1784	4,5101	0,038177	0,038177		-0,122
9	1,0	4,5111	4,1784	0,038288	0,038288		-0,113
10	3,0	4,7831	3,7949	0,115202	0,038401		-0,309
11	5,0	4,9900	3,3704	0,193723	0,038745		-0,371
12	7,0	5,1330	2,9245	0,274092	0,039156		-0,277
13	9,0	5,2114	2,4734	0,356288	0,039588		-0,029
14	11,0	5,2270	2,0418	0,438202	0,039837		0,195
15	13,0	5,1817	1,6436	0,518380	0,039875		0,272
16	15,0	5,0794	1,2924	0,594338	0,039623		-0,005

X – Перемещение;
U₂, U₁– текущие значения выходного напряжения измерительных обмоток, В.

На рис. 3 приведена зависимость выходной характеристики от перемещения.

Выходная характеристика рассчитывается по формуле:

$$\gamma = \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2}$$

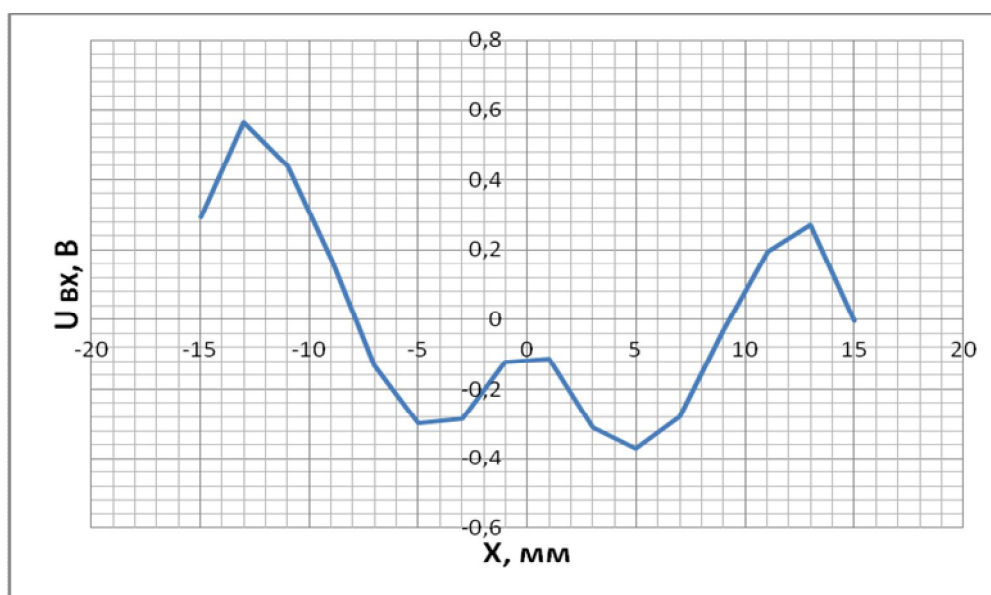


Рис.3. Зависимость выходной характеристики от перемещения

Конфигурация зависимостей обеспечивает нелинейность выходной характеристики менее $\pm 0,8$. Крутизна данной характеристики стабильна. Практические значения нелинейности, полученные на образце, приведены на рис.4.

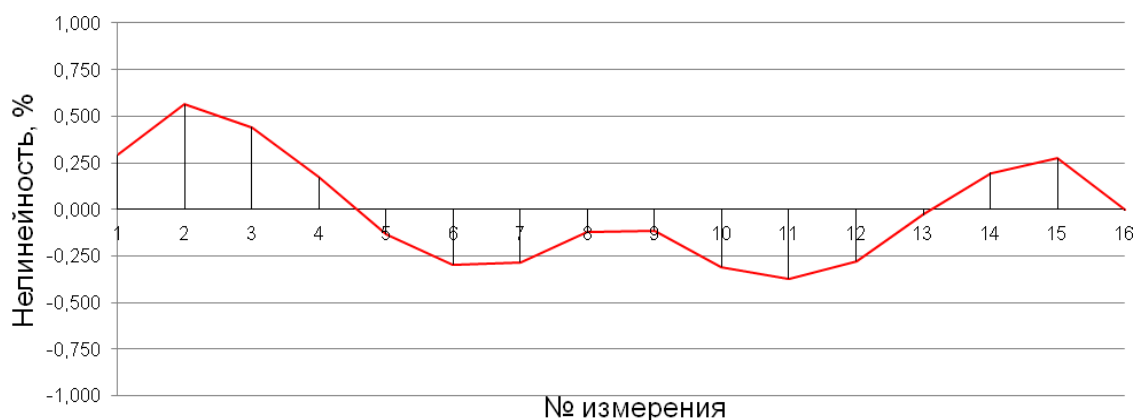


Рис.4. Практические значения нелинейности

Нелинейность выходной характеристики, % определялась по формуле:

$$\eta = \frac{\left(\frac{Y_i}{K_{\text{ср}}} - x_i\right)}{30} \cdot 100\%$$

Где Y_i - текущее значение отношения разности к сумме выходных напряжений измерительных обмоток;

$K_{\text{ср}}$ - средняя крутизна выходной характеристики, 1/мм;

x_i - текущее значение перемещения подвижной части, мм;

30 - рабочий ход подвижной части в обе стороны от нулевого положения, мм.

Крутизна выходной характеристики определялась по формуле:

$$K = \frac{Y_i}{x_i}$$

На основе схемы замещения одного канала датчика (рис. 5) выведены аналитические соотношения для выходных напряжений в секциях вторичных обмоток.

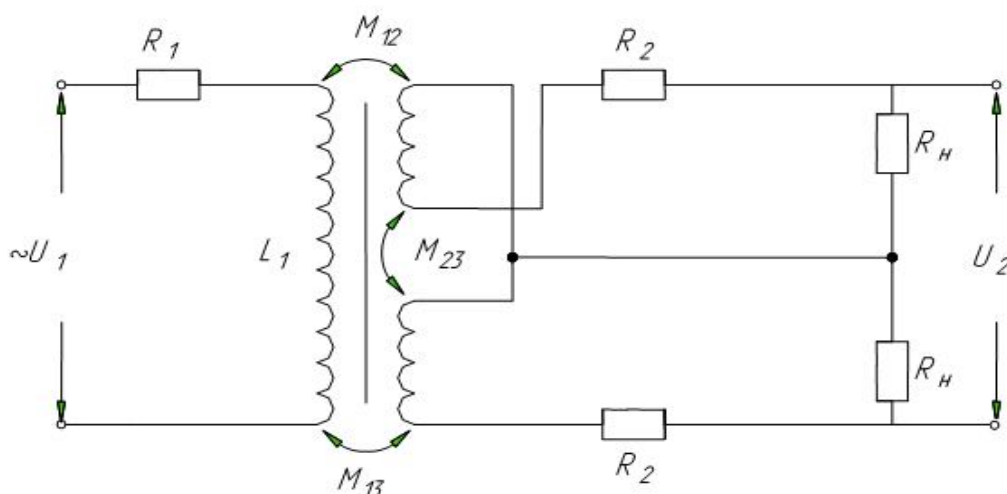


Рис.5. Схема замещения одного канала датчика

Выходное напряжение секции с активным сопротивлением R_2 :

$$U_2 = \frac{j\omega M_{12} U_1 R_H}{(R_1 + j\omega L_1)(R + j\omega(L_2 - M_{23})) + \omega^2 M_{12}^2 - \frac{\omega^2 M_{13}^2 (R + j\omega(L_2 - M_{23}))}{(R + j\omega(L_2 - M_{23}))}}$$

Выходное напряжение секции с активным сопротивлением R_H :

$$U_3 = \frac{j\omega M_{13} U_1 R_H}{(R_1 + j\omega L_1)(R + j\omega(L_2 - M_{23})) + \omega^2 M_{12}^2 - \frac{\omega^2 M_{13}^2 (R + j\omega(L_2 - M_{23}))}{(R + j\omega(L_2 - M_{23}))}}$$

Где M_{12}, M_{13}, M_{23} - взаимные индуктивности обмоток;

L_1, L_2 - индуктивности обмоток;

U_1 - напряжение питания датчика;

R_n - сопротивление нагрузки датчика.

Расчет выходного напряжения по этим соотношениям для исходного положения сердечника дает погрешность 10 %.

Итак, предлагаемый вариант схемно-конструктивного исполнения дифференциально-трансформаторного датчика типа ЛДТ на рабочий ход ± 15 мм позволил получить:

- длину датчика 108 мм, что на 20 мм меньше, чем у прототипа;
- нелинейность выходной характеристики менее 0,8 %, что на 0,2% меньше чем у прототипа.

Датчик предназначен для преобразования возвратно-поступательного перемещения штока привода регулятора расхода газа газораспределительной станции в пропорциональные ему соотношения сигналов переменного тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко М.Г., Марьянов Г.М., Филлипов В.И., Колокольников В.Н., Исаев А.А.. / Компенсация погрешностей индукционных бесконтактных датчиков положения // Электронные и электромеханические системы и устройства: Сб. науч. Трудов. Конф. НПЦ «Полус». Томск, 2001.
2. Шидлович Л.Х. / Дифференциальные трансформаторы и их применение // – М: Энергия, 1966.
3. Савченко М.Г, Марьянов Г.М., Филиппов В.И. / Двухканальные датчики типа ЛДТ на одном магнитопроводе. // Электронные и электромеханические системы и устройства, : Сб. нач. трудов. Новосибирск: наука, 2007.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ ПРИВОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ ГИДРОИМПУЛЬСНОГО МЕХАНИЗМА БУРИЛЬНЫХ МАШИН

Юровский П. Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Прогрессивным направлением в развитии машин и механизмов ударного действия является создание силовых импульсных систем с гидравлическим приводом [2]. Исследования вращательного бурения, режущим инструментом с наложением на него высокоэнергетических упругих колебаний, показали возможность в 2-2,5 раза интенсифицировать процесс разрушения горных пород, в 1,5-2 раза повысить износостойкость

режущего инструмента, на 2-3 категории крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова расширить область эффективного применения вращательного бурения скважин при повышении производительности труда на 40-70 % [3].

Учитывая эти обстоятельства, разработан гидроимпульсный силовой механизм, который может быть использован вместо ударных узлов бурильных машин вращательно-ударного действия, либо в качестве источника высокоэнергетических направленных упругих колебаний для бурильных машин вращательного действия.

Импульсы давления жидкости формируются следующим образом. При работе гидропульсатора, плунжер совершает возвратно-поступательное движение, при этом создаются импульсы давления жидкости, которые передаются в гидроцилиндр. Так как гидроцилиндр поджат упругой силой, происходит его раскачка вместе с инерционной массой m . При этом происходит периодическое преобразование кинетической энергии массы m в потенциальную энергию деформированной системы жидкости и рукава – повышению давления в системе и обратно. При режиме работы системы близкого к резонансному, возникают импульсы давления значительной величины, которые через поршень и буровую штангу передаются на обрабатываемую среду.

Для вывода уравнений, описывающих данную систему, полагаем, что между двумя следующими друг за другом силовыми импульсами, гидроцилиндр неподвижен. Вводим следующие обобщенные координаты: x_1 – координата перемещения корпуса гидроцилиндра; x_2 – координата перемещения плунжера (рис. 1).

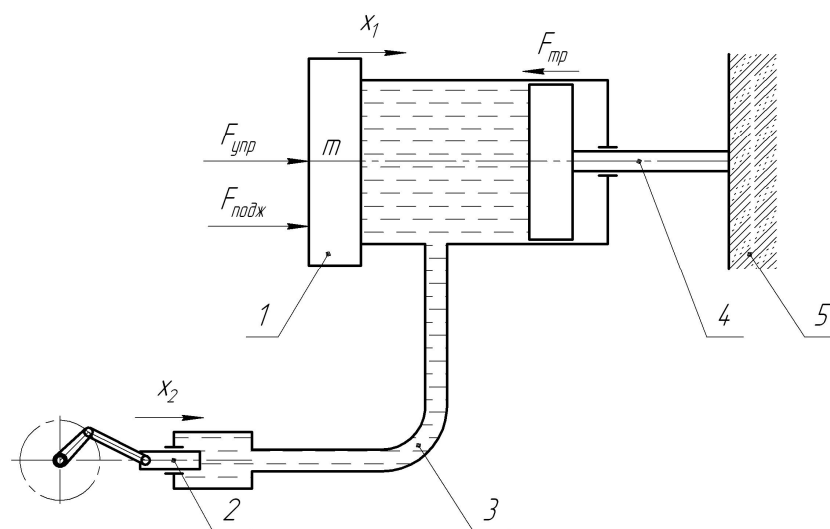


Рис. 1. Модель гидроимпульсного механизма: 1 – гидроцилиндр с активной массой; 2 – плунжер; 3 – рукав высокого давления (РВД); 4 – бурильный инструмент; 5 – разрушаемая порода

Учитывая принятые допущения, дифференциальное уравнение движения гидроцилиндра можно представить в виде:

$$m \frac{d^2 x_1}{dt^2} + k_{\text{тр}} \frac{dx_1}{dt} + c x_1 = F_{\text{подж}} - p S_{\text{гц}}, \quad (1)$$

где m – масса, прикрепленная к корпусу гидроцилиндра; $k_{\text{тр}}$ – коэффициент трения между поршнем и гидроцилиндром; c – жесткость пружины; p – давление в гидроцилиндре; $F_{\text{подж}}$ – постоянное усилие поджима; $S_{\text{гц}}$ – площадь поршня гидроцилиндра.

Уравнение расходов:

$$S_{\text{гц}} \frac{dx_1}{dt} + S_{\text{пл}} \frac{dx_2}{dt} = C_V \frac{dp}{dt}, \quad (2)$$

где $S_{\text{пл}}$ – площадь плунжера, C_V – коэффициент упругости гидросистемы, определяющий расход на деформацию элементов гидросистемы и сжимаемость жидкости.

Основным деформируемым элементом, в данном случае, будет рукав высокого давления, деформациями гидроцилиндра и плунжера можно пренебречь. Коэффициент упругости для рукавов высокого давления рассчитывается по формуле:

$$C_V = \frac{V_{\text{РВД}}}{E_{\text{пр}}},$$

где $V_{\text{РВД}}$ – объем рукавов высокого давления, $E_{\text{пр}}$ – приведенный модуль упругости, учитывающий сжимаемость жидкости и деформацию рукавов.

Проинтегрировав выражение (2) получили

$$S_{\text{гц}} x_1 + S_{\text{пл}} x_2 = C_V p + C_1, \quad (3)$$

где C_1 – постоянная интегрирования.

Подставляем начальные условия $x_1 = 0, x_2 = 0, p = \frac{F_{\text{подж}}}{S_{\text{гц}}}$ в (3), находим постоянную интегрирования

$$C_1 = -C_V \frac{F_{\text{подж}}}{S_{\text{гц}}}.$$

Из выражения (3) находим

$$x_1 = \frac{C_V}{S_{\text{гц}}} p - \frac{S_{\text{пл}}}{S_{\text{гц}}} x_2 - \frac{C_V F_{\text{подж}}}{S_{\text{гц}}^2}. \quad (4)$$

Плунжер движется по закону $x_2 = r \sin(\omega t)$, где r – радиус кривошипа привода плунжера. Подставляем закон движения плунжера в выражение (4) и дважды дифференцируем

$$\frac{dx_1}{dt} = \frac{C_V}{S_{ГЦ}} \frac{dp}{dt} - \frac{S_{Пл} r \omega \cos(\omega t)}{S_{ГЦ}},$$

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} = \frac{C_V}{S_{ГЦ}} \frac{d^2 p}{dt^2} + \frac{S_{Пл} r \omega^2 \sin(\omega t)}{S_{ГЦ}}.$$

Полученные выражения подставляем в (1), получаем

$$\frac{m C_V}{S_{ГЦ}} \frac{d^2 p}{dt^2} + \frac{m S_{Пл} r \omega^2 \sin(\omega t)}{S_{ГЦ}} + \frac{k_{ТР} C_V}{S_{ГЦ}} \frac{dp}{dt} - \frac{k_{ТР} S_{Пл} r \omega \cos(\omega t)}{S_{ГЦ}} +$$

$$+ \frac{c C_V}{S_{ГЦ}} p - \frac{c S_{Пл} r \sin(\omega t)}{S_{ГЦ}} - \frac{c C_V F_{ПОДЖ}}{S_{ГЦ}^2} = F_{ПОДЖ} - p S_{ГЦ}.$$

Преобразуем выражение к виду

$$(m C_V) \frac{d^2 p}{dt^2} + (k_{ТР} C_V) \frac{dp}{dt} + (c C_V + S_{ГЦ}^2) p = \left(F_{ПОДЖ} S_{ГЦ} + \frac{c C_V F_{ПОДЖ}}{S_{ГЦ}} \right) +$$

$$+ (c S_{Пл} r - m S_{Пл} r \omega^2) \sin(\omega t) + (k_{ТР} S_{Пл} r \omega) \cos(\omega t). \quad (5)$$

Вводим обозначения

$$m_1 = m C_V, \quad \mu = k_{ТР} C_V, \quad C_p = c C_V + S_{ГЦ}^2, \quad d = F_{ПОДЖ} S_{ГЦ} + \frac{c C_V F_{ПОДЖ}}{S_{ГЦ}},$$

$$a = c S_{Пл} r - m S_{Пл} r \omega^2, \quad b = k_{ТР} S_{Пл} r \omega.$$

Тогда выражение (5) приобретает вид

$$m_1 \frac{d^2 p}{dt^2} + \mu \frac{dp}{dt} + C_p p = d + A_B \sin(\omega t + \alpha), \quad (6)$$

где $A_B = \sqrt{a^2 + b^2}$, $\text{tg}(\alpha) = b/a$.

Делим (6) на m_1 и получаем дифференциальное уравнение вынужденных колебаний с вязким сопротивлением [1]. Обозначим:

$$2h = \mu / m_1, \quad k^2 = C_p / m_1, \quad d_1 = d / m_1, \quad H_0 = A_B / m_1.$$

После подстановки в (6) получаем

$$\frac{d^2 p}{dt^2} + 2h \frac{dp}{dt} + k^2 p = d_1 + H_0 \sin(\omega t + \alpha). \quad (7)$$

Решением уравнения (7) будет:

$$p = \frac{d_1}{k^2} + A \sin(\omega t + \gamma), \quad \text{где} \quad A = \frac{H_0}{\sqrt{(k^2 - \omega^2)^2 + 4h^2 \omega^2}}.$$

Из полученного решения можно найти требуемую частоту приводного двигателя плунжера, при которой система находится в резонансе и амплитуда скачка давления максимальна:

$$\omega = k = \sqrt{\frac{c}{m} + \frac{S_{ГЦ}^2}{m C_V}}.$$

СИЛОВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Ерофеев Е.В., Кагадей В.А.* , Казимиров А.И., Федин И.В.
Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники, г. Томск

*ЗАО «Научно-производственная фирма «Микран», г. Томск

Приборы на основе нитрида галлия не новы. Они изучаются с 1980-х годов. Первыми приборами на нитриде галлия стали светодиоды, которые за последние 20 лет нашли широкое применение. Затем на передний план вышли AlGaN/GaN гетероструктурные полевые транзисторы, или транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT), отличающиеся высокими значениями мощности и рабочей частоты. Они в основном применяются в высокочастотных усилителях мощности систем военного и гражданского назначения. Сегодня, когда растут требования к снижению энергопотребления и уменьшению габаритов электронной аппаратуры, GaN транзистор оказался одним из самых перспективных приборов, способных заменить мощные кремниевые полевые транзисторы в компактных импульсных источниках питания, DC/DC- преобразователях, разумных сетях электропитания, электроприводах [1]. Силовые GaN транзисторы, значительно превосходят характеристики своих кремниевых аналогов. К основным преимуществам которых можно отнести значительное уменьшение массо-габаритов, повышенный КПД, а также улучшенные надежностные характеристики [2]. Поэтому исследования и разработки в данном направлении с каждым годом приобретают все большую актуальность.

В данной работе представлены результаты разработки силовых коммутационных транзисторов на основе нитрида галлия для создания высокоэффективных вторичных источников электропитания.

В экспериментах по созданию силовых GaN транзисторов использовались эпитаксиальные гетероструктуры, выращенные на подложках сапфира. Технологический маршрут изготовления транзистора включал в себя операции по формированию меза-изоляции с помощью плазмохимического травления гетероструктуры в индуктивно-связанной плазме, формирования омических контактов на основе композиции Ti/Al/Mo/Au, а также затворной металлизации на основе Pd. Формирование субмикронного затвора транзистора с длиной основания 0,5 мкм выполнялось методом электронно-лучевой литографии. Внешний вид и морфология поверхности элементов транзистора исследовались методом электронной микроскопии. Параметры изготовленных транзисторов по

постоянному току исследовались с помощью измерителя характеристик полупроводниковых приборов Л2-56.

Микроскопические изображения тестового GaN транзистора с шириной затвора $W=100$ мкм, а также его канальной области приведены на рис.1.

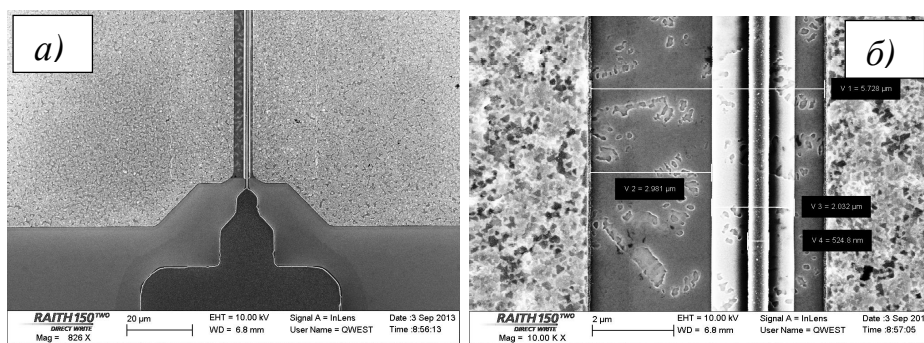


Рис. 1. Микроскопические изображения тестового GaN транзистора с шириной затвора $W=100$ мкм (а) и канальной области транзистора (б)

На рис. 2 представлена типовая вольт - амперная характеристика разработанного нормально-закрытого GaN транзистора на пластине сапфира. Пороговое напряжение отпираания транзистора составило $U_{пор} = +1.4$ В.

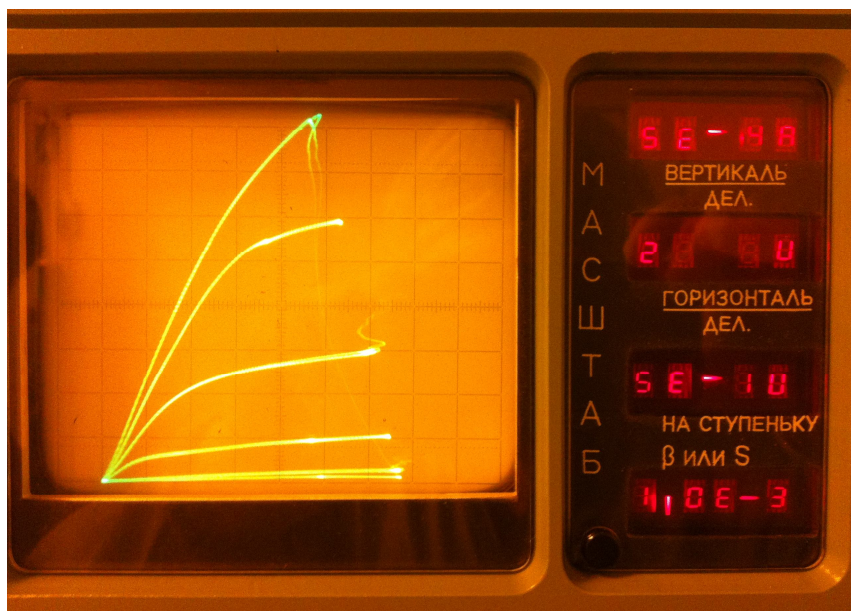


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика тестового GaN транзистора на пластине сапфира

На рис. 3 представлено микроскопическое изображение периферии сильноточного GaN транзистора с шириной затвора $W = 120$ мкм.

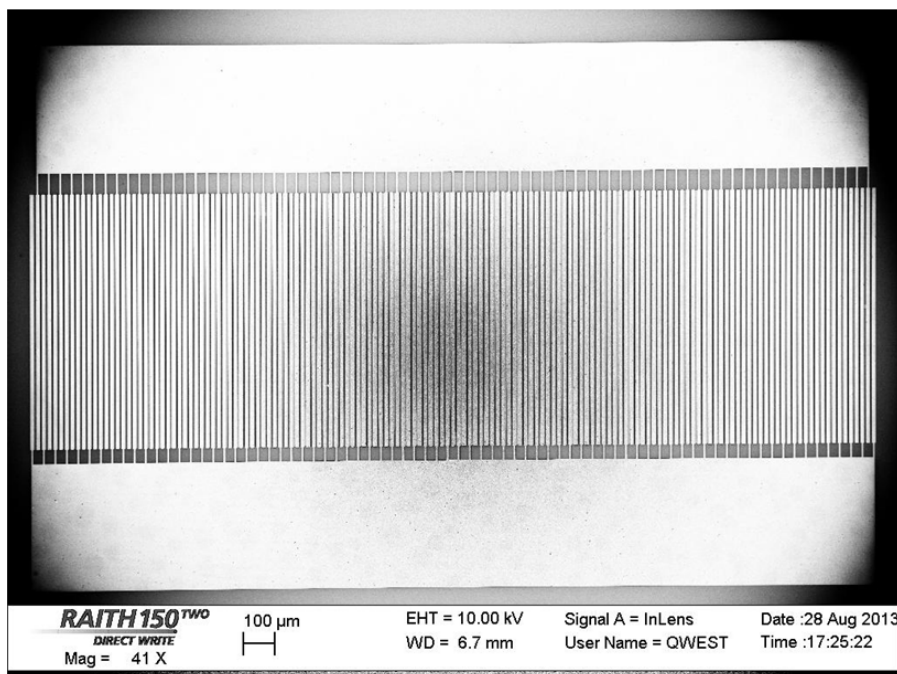


Рис. 3. микроскопическое изображение периферии сильноточного GaN транзистора с шириной затвора $W = 120$ мкм

Следует сказать, что для различных конструкций GaN транзисторов при напряжении на затворе $U_z = -5$ В и расстоянии сток-исток от 3,6 до 17,6 мкм получены напряжения пробоя между стоком и истоком от 120 до 250 В. При этом значения приведенного сопротивления транзистора в открытом состоянии составляют 0,2 и 5,8 мОм \times см², соответственно.

Полученные в работе результаты измерения параметров транзисторов соответствуют зарубежным аналогам, представленным в работах [3]-[6], а также делают перспективным их использование при создании высокоэффективных вторичных источников электропитания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Briere M. GaN-based Power Device Platform. The arrival of a new paradigm in conversion technology. – www.powersystemdesign.com
2. GaN-on-Silicon wafers: the enabler of GaN power electronics. – Power Devices, 2012, №4, p. 6-9.
3. J. Würfl, O. Hilt, E. Bahat-Treidel, R. Zhytnytska, K. Klein, P. Kotara, F. Brunner, A. Knauer, O. Krüger, M. Weyers, G. Tränkle.

Technological approaches towards high voltage, fast switching GaN power transistors // ECS Trans. – 2013. – V. 52. – №1. – PP. 979–989.

4. J. Würfl, O. Hilt, E. Bahat-Treidel, R. Zhytnytska, P. Kotara, O. Krüger, F. Brunner, M. Weyers. Breakdown and Dynamic Effects in GaN Power Switching Devices // 40th International Symposium on Compound Semiconductors (ISCS), Kobe, Japan, May 19-23. – 2013.

5. O. Hilt, E. Bahat-Treidel, E. Cho, S. Singwald and J. Würfl. Impact of Buffer Composition on the Dynamic On-State Resistance of High-Voltage AlGaIn/GaN HFETs // 24th Int. Symp. on Power Semiconductor Devices and ICs (ISPSD), Bruges, Belgium. – 2012. – V.14. – PP. 345–348.

6. G. Meneghesso, A. Zanandrea, A. Stocco, I. Rossetto, C. De Santi, F. Rampazzo, M. Meneghini, E. Zanoni, E. Bahat-Treidel, O. Hilt, P. Ivo, J. Würfl. GaN-HEMTs devices with Single- and Double-heterostructure for power switching applications // IEEE Int. Reliab. Phys. Symp. (IRPS), Monterey, CA, USA. – 2013. – PP. 3C1.1 – 3C1.7.

ПРИВОДЫ ТЯГОВЫХ АППАРАТОВ

Бурец А.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

На подвижном составе рельсового и электрифицированного безрельсового транспорта находят применение разнообразные электрические аппараты, такие как, автоматические выключатели, контакторы, контроллеры, разъединители. Они производят значительную, а иногда и основную часть операций по управлению режимами тяговых электродвигателей, вспомогательных машин, преобразователей и т.д. с целью изменения скорости движения подвижного состава.

Существует много типов приводов, которые используются в тяговых аппаратах. А именно – мускульный, пружинный, электромагнитный, пневматический и электродвигательный.

Несмотря на широкое применение автоматики и дистанционного управления, работа подвижного состава в целом подчинена действиям человека (машиниста, водителя), который переключает соответствующие аппараты. Таким образом, движущую силу в некоторых аппаратах создают мускулы человека. Различают ручной и ножной мускульные приводы. Обычно мускульный привод имеют разъединители, кнопки, рубильники и контроллеры. Сила мускул человека передается аппарату посредством рукояток, маховиков и педалей.

Пружины применяют в тяговой аппаратуре очень широко и в первую очередь в качестве привода для осуществления рабочих перемещений частей аппаратов. Иногда предварительно заведенный пружинный привод является главным элементом, определяющим основные функции аппарата, например пружинный привод полуавтоматического контроллера. Чаще пружинный привод осуществляет перемещение подвижных частей аппарата в сторону, противоположную их первоначальному движению, вызванному действием другого, основного привода, например возвращение в исходное положение частей контроллера троллейбуса, контакторов, кнопок и др. Кроме того, пружины широко используют для создания нажатия контактов, защелок и т.д.

Электромагнитный привод является в настоящее время основным приводом мощных масляных выключателей, как наиболее простой конструктивно, дешевый и надежный в работе. В качестве источника питания электромагнитных приводов постоянного тока обычно применяется аккумуляторная батарея. В основу конструкции этих приводов положен принцип электромагнитного действия на железный сердечник катушки, обтекаемой током. При прохождении тока по катушке сердечник, втягиваясь в нее, производит операцию включения или отключения. Применяется данный привод в тяговых контактах. Тяговая характеристика электромагнитного привода приведена на рисунке 1.

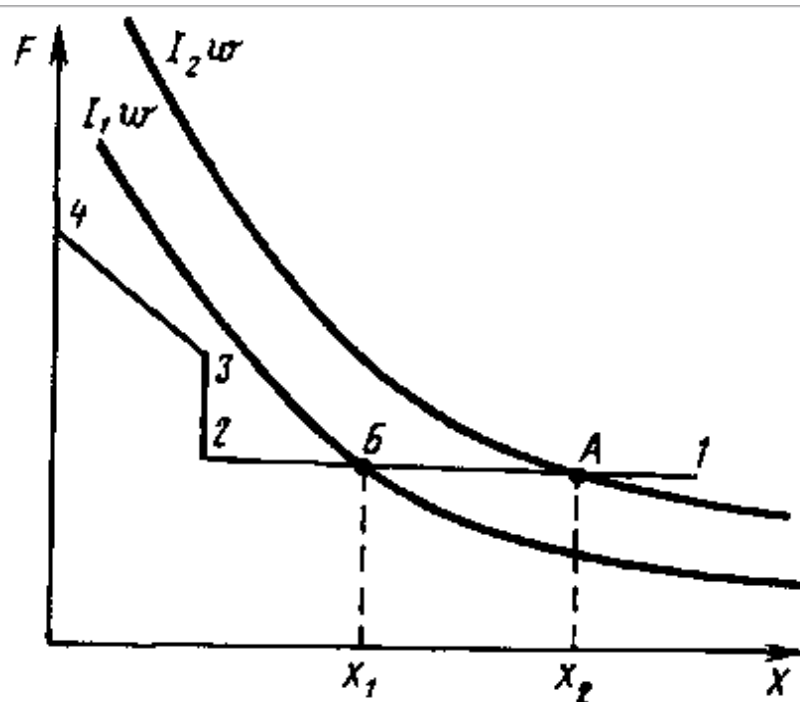


Рис. 1. Тяговые характеристики электромагнитного привода

Недостатки таких электромагнитов в том, что мощные электромагниты расходуют много энергии и у них большая цена.

Пневматический привод, представляет собой совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение машин и механизмов посредством энергии сжатого воздуха. Обязательными элементами пневмопривода являются компрессор (генератор пневматической энергии) и пневмодвигатель.

Пневмопривод, подобно гидроприводу, представляет собой своего рода «пневматическую вставку» между приводным двигателем и нагрузкой (машиной или механизмом) и выполняет те же функции, что и механическая передача (редуктор, ремённая передача, кривошипно-шатунный механизм и т. д.).

Основное назначение пневмопривода, как и механической передачи – преобразование механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки (преобразование вида движения выходного звена двигателя, его параметров, а также регулирование, защита от перегрузок и др.). Привод в основном используется в контакторах, которые предназначены для пуска тягового электродвигателя.

Достоинства данного привода в том, что привод развивает необходимые усилия при небольшом расходе электроэнергии.

Групповым аппаратам на большое число коммутационных положений часто бывает необходим привод, обеспечивающий остановку (фиксацию) аппарата в нескольких промежуточных положениях. Для ограниченного количества фиксированных позиций (до четырех) созданы конструкции пневматического привода с жесткой фиксацией. При большом количестве фиксированных позиций пневматический привод также применяют, но сложность и недостатки, свойственные таким приводам, побуждают разрабатывать электродвигательные приводы, особенно для подвижного состава, где нет сжатого воздуха. Этот привод состоит из небольшого служебного электродвигателя, который через редуктор, а иногда специальную прерывную передачу вращает вал группового аппарата.

Такой привод особенно целесообразен при большом количестве позиций группового аппарата (20-40), что имеет место во многих системах управления подвижным составом. Он очень удобен при особенно большом количестве позиций (80-100 и более), когда жесткая фиксация аппарата на промежуточных позициях не является необходимой и задача управления сводится к непрерывному изменению скорости вращения двигателя электропривода, например, в зависимости от тока в силовой цепи.

Данный тип привода находит применение для управления тяжелыми разъединителями, когда ручное управление затруднительно или невозможно.

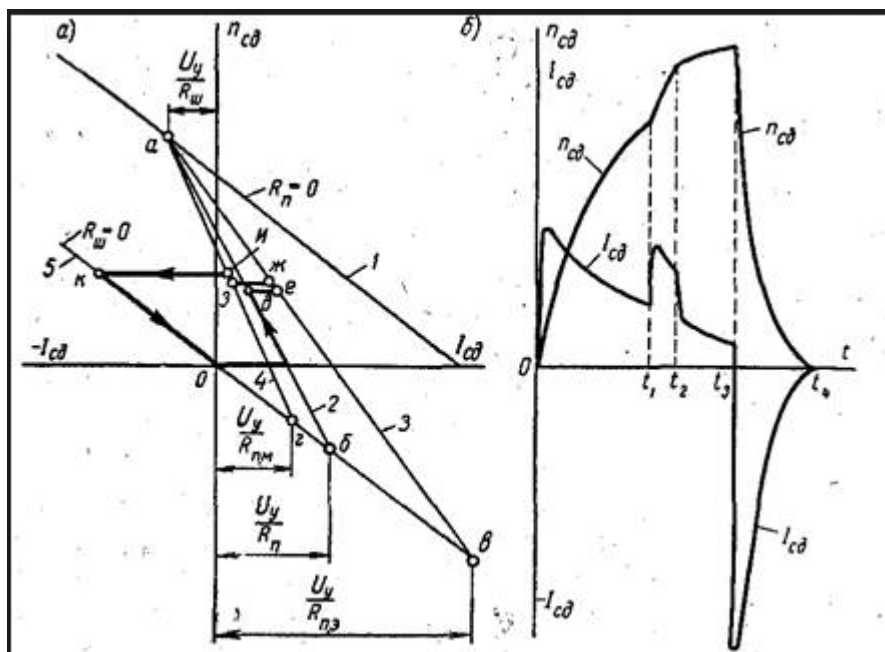


Рис. 2. Характеристики электродвигательного привода

Все представленные типы приводов очень важны для обеспечения нормальной работы подвижного состава

ЛИТЕРАТУРА

1. Баталов Н.М., Петров Б.П. Тяговые электрические аппараты. – М.: Энергия, 1969. – 240 с.
2. Литовченко В.В., Чумоватов А.И. Тяговые электрические аппараты. Методические указания. – М.: Москва, 2003. – 63 с.

ГАШЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ В АВТОМАТИЧЕСКОМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕ

Пашковский В.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Возникновение дуги на контактах аппарата ведет к их значительному износу и сокращению срока службы аппарата; степень износа находится почти в прямой зависимости от размыкаемого тока и времени горения

дуги. Поэтому одним из наиболее радикальных средств уменьшения износа контактов под влиянием дуги является сокращение времени горения дуги (повышение активности гашения дуги).

Но, с другой стороны, в ряде случаев возникающая электрическая дуга играет и положительную роль, так, при отключении постоянного тока значительная часть электромагнитной энергии, запасенной в отключаемой цепи, преобразуется в тепловую энергию дуги, которая отводится в окружающую среду. Это ведет к снижению перенапряжений, опасных для изоляции оборудования.

При переменном токе дуга является проводящим элементом цепи в течение всей полуволны тока, процесс гашения дуги по существу проходит вблизи нулевой паузы тока, когда электромагнитная энергия цепи близка к нулю. В результате вероятность появления опасных перенапряжений резко уменьшается.

В аппаратах, отключающих цепи со значительными величинами тока и напряжения, для ускорения гашения дуги применяют специальные дугогасительные устройства (камеры). Без применения таких специальных дугогасительных устройств гашение дуги, возникающей на контактах, становится невозможным, а следовательно, делается невозможным и размыкание цепи.

1. Гашение электрической дуги

Гашение электрической дуги является одной из актуальных проблем современного электроаппаратостроения. Надежность работы выключающих аппаратов, равно как их конструктивные формы и области применения определяются способом гашения дуги.

Задача конструирования дугогасящих устройств заключается не в простом гашении дуги. Дугу нужно гасить в малом объеме, при малом звуковом и световом эффекте, за малое время и при малом износе частей аппаратов.

2. Исследование восстанавливающей электрической прочности

Для автоматических выключателей переменного тока характеристика восстанавливающейся электрической прочности (ВП) после обрыва тока дуги является одной из главных, так как она во многом определяет коммутационные возможности аппаратов. Зная ее, можно оценить "запас" по ВП при заданных условиях коммутации. Она позволяет сравнивать различные коммутационные устройства при одинаковых параметрах отключаемой нагрузки. Использование характеристики ВП дает возможность осуществлять неразрушающий контроль работоспособности изготавливаемых дугогасительных устройств в заводских условиях.

Общее условие гашения электрической дуги формулируется следующим образом: Электрическая дуга между контактами аппарата погаснет, и промежуток приобретет через некоторое время свойства диэлектрика, если в каждый заданный момент времени электрическая прочность промежутка будет выше напряжения на нем. Если же в какой-либо момент времени напряжение на межконтактном промежутке станет выше прочности этого промежутка, то процесс гашения дуги прекращается. Поэтому при изучении закономерностей гашения дуги переменного тока большое внимание уделяется процессу изменения как восстанавливающегося напряжения ВН на контактах аппарата, так и восстанавливающейся электрической прочности коммутирующего устройства.

3. Дугогасительная решетка в автоматических выключателях

Для изготовления дугогасительной решетки следует выбирать медь или железо. Медь обладает высокой теплоемкостью и может поглотить выделяющуюся в дуге энергию без чрезмерного повышения температуры. Железо, благодаря своим магнитным свойствам, способствует увеличению сил, втягивающих дугу в решетку.

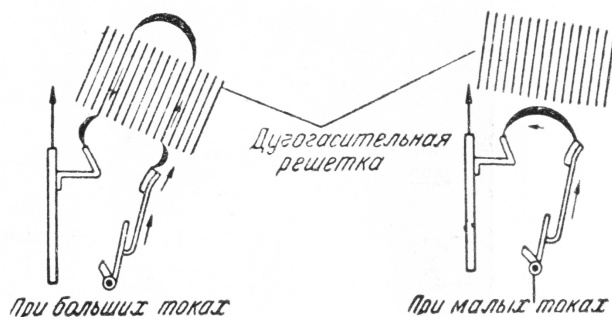


Рис. 1. Электрическая дуга в решетке

При больших токах короткого замыкания можно опасаться того, что дуга пройдет через всю область решетки и замкнется поверх нее, как показано на рис.1. Это ведет к гибели аппарата.

Электрическая дуга хорошо проникает в область решетки при больших токах, когда магнитное поле, вгоняющее дугу в решетку, велико. При малых токах и отсутствии внешнего магнитного поля, электродинамические силы, действующие на дугу, могут оказаться недостаточными для ее вхождения в решетку. В таких случаях дуга держится устойчиво между контактами аппарата под решеткой, как показано на рис.1. При этом она сжигает контакты и решетку.

На основании исследования аппаратов с медной и железной решетками построены характеристики на рис.2. Они выражают зависимость времени горения дуги от величины отключаемого тока. Из

рассмотрения этих кривых следует, что при токах до 100 А 550 В дуга разрывается благодаря механическому растягиванию ее контактами. Длительность ее горения при этом мала. Далее, по мере нарастания тока, дуга становится все длиннее и устойчивее; начинает сказываться различие способов гашения. Кривая 1 относится к аппарату с медной решеткой. В диапазоне токов от 100 до 1900 А имеет место устойчивое горение дуги; дуга не проникает в область решетки. Магнитное поле еще недостаточно, чтобы вогнать дугу в решетку, а расхождение контактов уже недостаточно для того, чтобы разорвать дугу. Далее, по мере нарастания тока, магнитное поле, создаваемое током, становится достаточным для того, чтобы вогнать дугу в область решетки. Длительность горения дуги падает. Автомат начинает работать исправно. При более значительном возрастании тока энергия, выделяющаяся в дуге, возрастает. Решетка нагревается все сильнее и сильнее. Длительность горения дуги возрастает до тех пор, пока при некотором предельном для аппарата токе не появляется вновь устойчивая дуга.

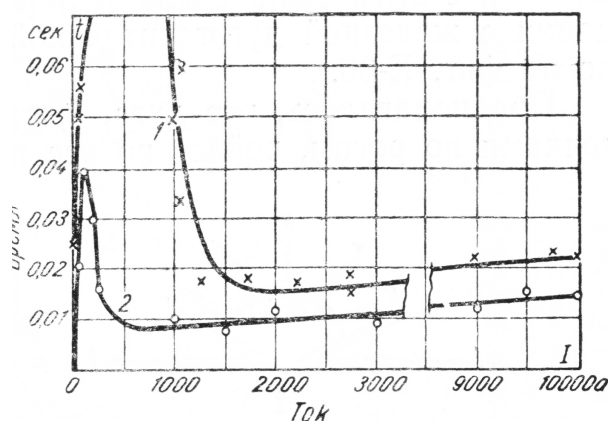


Рис. 2. Зависимость длительности горения дуги от тока

Таким образом, для аппаратов с дугогасительной решеткой могут существовать две опасные области работы: первая — при малых токах, когда решетка еще не начала действовать; вторая — при больших токах, когда решетка не может поглотить энергии, выделенной в дуге, или дуга не может проникнуть в решетку.

Для аппаратов с железной решеткой (кривая 2, рис.2.) длительность горения дуги меньше, чем для аппаратов с медной решеткой. И здесь при малых токах имеет место увеличение длительности горения дуги по сравнению с тем, что происходит при больших токах. Однако устойчивой дуги не получается. В этом решающее преимущество железной решетки перед медной.

Применение железа для дугогасительной решетки не только повышает надежность работы аппарата, но и значительно снижает его

стоимость. Обмедненные железные пластины работают вполне надежно. Легкий слой коррозии, который может появиться при длительном пребывании решетки в сыром помещении, опасности не представляет; он уничтожается там, где проходят опорные точки дуги.

Так же в выключающих аппаратах широко распространено применение дугогасительных рогов, на которые перебрасывается дуга, возникающая между контактами. Применение рогов позволяет защитить контакты от обгорания, уменьшить их раствор и, ускорив движение опорных точек дуги, сократить время ее гашения.

Исследуемое дугогасительное устройство выполнено на основе автомата ВА47-100 на номинальный ток 63 А.

Дугогасительные пластины изготовлены из стальной ленты 10КП-Н-НТ-2-0 толщиной 1мм. Пластины в необходимом количестве покрыты различными материалами: медью, оловом, никелем, цинком, кадмием. Толщина покрытия - 9 мкм.

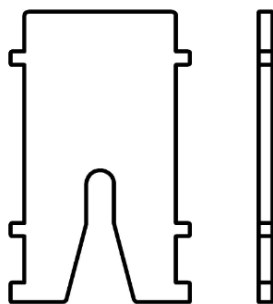


Рис. 3. Пластина дугогасительной решетки

Вывод: следует применить камеру (рис.3). Данная камера устанавливается значительно ближе к контактам, значит, ЭДУ будет достаточно для втягивания дуги в дугогасительную камеру. Ну и как следствие, дуга разрывается на маленькие участки и гаснет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таев И.С. Электрические аппараты управления: Учебник для вузов по спец. «Электрические аппараты» Изд. 2-е перераб. и доп. М., «Высшая школа» 1984.
2. Егоров Е.Г. Испытания и исследования низковольтных коммутационных электрических аппаратов: Учебник для вузов.- Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2000.-448с.: ил.
3. Соболев С.Н. Расчет и конструирование низковольтной электрической аппаратуры. Учебник для техникумов. М., «Высшая школа», 1972.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНТАКТОРА ПК-32А ДЛЯ ЭЛЕКТРОВОЗА 2ЭС6 «СИНАРА»

Феоктистов К.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

В настоящее время известны очень большие недостатки электропневматических контакторов по сравнению с электромагнитными. Это невысокое время срабатывания, необходимость в подаче сжатого газа для работы пневматики контактора (т.е. необходимо наличие больших по размеру баллонов со сжатым газом), высокие разбросы по времени срабатывания контактора. Эти недостатки отсутствуют у электромагнитных контакторов.

Поэтому мне было актуально выполнить модернизацию электропневматического контактора ПК-32А, а точнее заменить электропневматический привод на электромагнитный, который в свою очередь освобождён от недостатков, присущих электропневматике.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было выполнено:

- 1) Технология изготовления блока контактов контактора ПК-32А;
- 2) Анализ технологичности конструкции;
- 3) Технологический процесс сборки;
- 4) Составлена маршрутная карта;
- 5) Расчёт токоведущего контура, в ходе которого были выбраны проводники и контактные соединения токоведущего контура, коммутирующие контакты и дугогасительное устройство контактора;
- 6) Получены экспериментальные данные с реального экземпляра контактора ПК-32А, а именно: время срабатывания и время отпускания;
- 7) Произведена замена электропневматической системы контактора на электромагнитную.

Очевидно, что электромагнитный контактор имеет много плюсов по сравнению с электропневматическим.

Основные области применения контакторов ПК-32А: управление мощными электродвигателями (например, на тяговом подвижном составе — электровозах, тепловозах, электропоездах, трамвайных и троллейбусных вагонах, на лифтах), коммутация цепей компенсации реактивной мощности, коммутация больших постоянных токов.

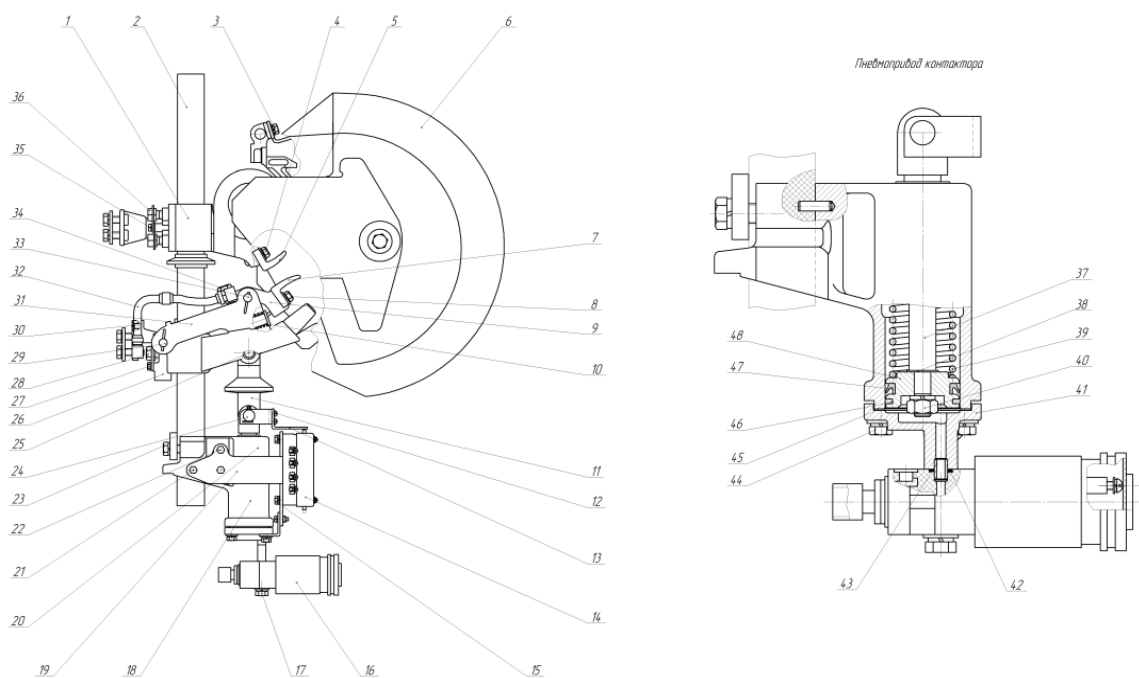


Рис. 1. Устройство контактора постоянного тока ПК-32А

ЛИТЕРАТУРА

1. В.В. Афанасьев, Н.М. Адоньев, Н.М. и др.: Под ред. В.В. Афанасьева. Справочник по расчёту и конструированию контактных частей силовых электрических аппаратов – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. – 384 с.; ил.
2. В.В. Литовченко, Чуматов А.И. Тяговые электрические аппараты: Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Электрооборудование электроподвижного состава», раздел «Тяговые электрические аппараты». – М.: МИИТ, 2003. – 63 с.
3. Сахаров П.В. Проектирование электрических аппаратов (Общие вопросы проектирования). Учебное пособие для студентов электротехнических вузов. – М., «Энергия», 1971. – 560 с.; ил.
4. Электровозы ВЛ10 и ВЛ10у. Руководство по эксплуатации / Под ред. О. А. Кикнадзе. – М.: Транспорт, 1981. – 519 с
5. С. А. Алябьев, Е. В. Горчаков, С.И.Осипов, Э.Э.Ридель, В.Н.Хлебников. Устройство и ремонт электровозов постоянного тока. Учебник для техн. школ ж.-д. трансп. М.; «Транспорт», 1977. 464 с.
6. Тихменев Б.Н. Электровозы переменного тока со статическими преобразователями. Учебное пособие. Москва.: Государственное транспортное железнодорожное издательство, 1958. – 266 с.
7. Раков В. А. Локомотивы отечественных железных дорог (1956 – 1965 гг.). – М: Транспорт, 1966. – 256 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ДУГОГАСИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ КОНТАКТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА

День Конг Кюи

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Гашение электрической дуги в аппаратах низкого и высокого напряжения является одной из актуальных проблем, содержащей весьма сложный комплекс вопросов электротехники и физики. Существуют несколько способов гашения дуги контактора постоянного тока. Самым распространенным является гашение в камере (рис. 1).

При проектировании указанных устройств необходимо определить параметры, обеспечивающие ее минимальный объем $V = a \cdot b \cdot h$ при следующих ограничениях:

- температура стенок камеры T_k не должна превышать допустимого значения $T_{доп}$;
- перенапряжения напряжения $U_{мак}$ в цепи, а – вид камеры сбоку в разрезе; – вид сверху
- отключаемой аппаратом, в процессе гашения дуги не должны быть больше испытательного значения $U_{исп}$;
- время гашения дуги t_g должно быть меньше допустимой величины $t_{доп}$.

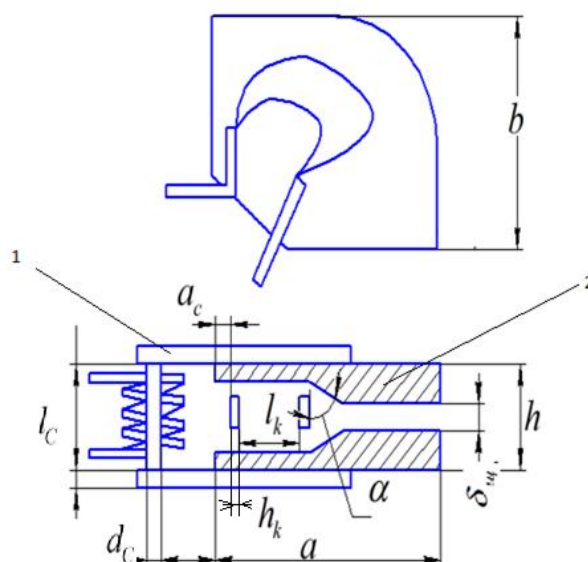


Рис. 1. Конструкция дугогасительных щелевых камер

Расчет приводит для характерных токов, а именно для критического, номинального тока и тока короткого замыкания. Здесь критическим током является ток, при котором время гашения дуги оказывается наибольшим. Последовательность расчета дугогасительной камеры заключается в следующем.

1. Исходными данными являются отключающий ток I , номинальное напряжение U , сопротивление R и индуктивность L отключающей цепи, число коммутаций тока в час z , допустимая температура нагрева стенок $T_{доп}$, раствор контактов l_k , высота контакта h_k , материал для ДК, размеры щели $\delta_{щ}, \delta_{щ,k}, h, \alpha$.

2. Определения необходимой для гашения дуги напряженности магнитного поля H при последовательном включении дугогасительной катушки, имеющей w число витков.

3. Определение скорости движения

а) в широкой щели (ширина щели больше диаметра столба дуги).

$$v_g = 41,2 \sqrt{\frac{I_{отк} \cdot H^2}{(1 + 0,4 \cdot H^{0,3})^2}}, \quad (1)$$

где $I_{отк}$ – отключаемый ток.

б) в узкой щели (ширина щели меньше диаметра столба дуги)

$$v_g = (6 + \delta_{щ}) \sqrt{\frac{10H \cdot I_{отк}}{\delta_{щ}}}. \quad (2)$$

4. Определение диаметра столба дуги для контроля правильности применения формул (1) и (2).

$$d = 1,12 \sqrt{\frac{I_{отк}}{20 + v_g}}. \quad (3)$$

5. Определение диаметра столба дуги для контроля правильности применения формул (1) и (2).

$$d = 1,12 \sqrt{\frac{I_{отк}}{20 + v_g}}. \quad (3)$$

6. Построение статической вольт-амперной характеристики дуги $U_g = f(I_g)$ и характеристики отключаемой нагрузки (реостатной) $U_p = U_H(1 - I_g / I_{отк})$ для определения длины дуги l_g . Выбираем длину дуги, при которой статическая вольт-амперная характеристика дуги лежит немного выше реостатной характеристики.

7. Определение времени гашения дуги для трех характерных величин отключаемого тока и построение зависимости времени от тока

$$t_g = \frac{l_g}{\sqrt{v_p^2 + 9v_g^2}}, \quad (4)$$

где v_p – скорость размыкания контактов.

8. Определение максимального значения напряжения U_{MAX} , характеризующего перенапряжения. Эта величина должна меньше испытательного напряжения, выбираемого по ГОСТу-12434

$$U_{MAX} = U_{OT} \left(1 + \frac{I_{OTK} \cdot L}{U_{OT} \cdot t_g}\right), \quad (5)$$

где L – индуктивность отключаемой цепи; U_{OT} – напряжение отключаемой цепи (принимается на 10% больше номинального напряжения).

9. Проверка максимальной температуры камеры

$$T_{КАМ} = T_{CP} + z \cdot W_d / (3600 \cdot k_{ТО} \cdot S_{ОХЛ}) = T_{CP} + z \cdot \sigma \cdot T_d \cdot d_g \cdot l_g \cdot t_g / (3600 \cdot k_{ТО} \cdot S_{ОХЛ}), \quad (6)$$

где T_{CP} – температура окружающей среды, принимается $T_{CP} = 40^\circ\text{C}$; z – число включения контакта; $k_{ТО}$ – коэффициент теплопередачи камеры; T_d – температура столба дуги, принимается $T_d = 7000^\circ\text{C}$; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-14} \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – постоянная Стефана-Больцмана; W_d – энергия дуги; $S_{ОХЛ} = 2ab + h(a + b)$ – площадь охлаждения камеры.

Если $T_k < T_{доп}$ то расчет продолжается, иначе $S_{ОХЛ}$ увеличивается на 10% и T_k определяется вновь или материал камеры изменяется другими.

10. Определение размеры ДК, ее объем и массу.

$$b = a_{OT} \cdot a; \quad b = \frac{l_g}{\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + a_{OT}^2}},$$

$$S = b \cdot (h - \delta_{щ}) - (l_k + 2 \cdot h_k + a_c) \cdot \delta_{щ,k} - 0,25 \cdot (\delta_{щ,k}^2 - \delta_{щ}^2) \cdot ctg\alpha,$$

$$m = V \cdot \gamma = a \cdot S \cdot \gamma.$$

На основе представленного алгоритма с помощью пакета Mathcad разработана программа оптимизации ДК для контактора постоянного тока. Работа программы проверила на примере оптимизации ДК контактора постоянного тока с следующими параметрами: номинальный ток 160А, номинальное напряжение 380В. Данные и результаты приведены в таб. 2 и таб 3. Выбрана керамика как материал для камеры.

Таблица 1.

Размеры щели и камеры

Исходные размеры камеры	a_c , мм	$\delta_{щ.к}$, мм	$\delta_{щ}$, мм	α , град.	h_k , мм	l_k , мм	$b_{ст}$, мм	d_c , мм	$l_{ст}$, мм	l_c , мм
	6	16	2	30	6	20	3	10	100	53

Таблица 2.

Сравнение с реальной камерой

Тип контактора	Высота, мм	Длин а, мм	Ширина , мм	Объе м, см ³	Масса, г
Камера контактора КПВ-623 160 А	130	115	45	418,6	963
Камера нашего контактора 160 А	90	90	53	257,8 5	593

ЛИТЕРАТУРА

1. Сахаров П. В. Проектирование электрических аппаратов: Учебное пособие для вузов по специальности "Электрические машины и аппараты" – М.: Энергия, 1971. – 560 с.
2. Таев И.С. Электрические аппараты управления. – М.: Высшая школа, 1984. – 247с.
3. Никитенко А.Г., Гринченков В.П., Иванченко А.Н. Программирование и применение ЭВМ в расчетах электрических аппаратов. М.: Высш. шк., 1990.-230с.

RESEARCH IONIZING EFFECT OF VARIOUS SUBSTANCES AND COVERED ELECTRODES

Bezginov R.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

In today's world there are plenty of consumables, such as welded wire electrodes coated electrodes uncoated, non-consumable electrodes and so on. With electrodes you can use different additives that affect the quality of the weld, its structure and the job required of welding. This study is almost thoroughly acquainted with the technological properties of the welding arc and the influence of individual factors defining the intensity of the melting electrode

and the penetration of the base metal, the nature of the transfer of electrode metal, forming and weld quality. In scientific work the method of definition of the ionizing power of various substances on breaking the arc length and the influence of ionizing various components of electrode coatings, the type of coating and the diameter of industrial electrodes for resistance welding arc. For a successful and full use of the arc as a tool of welding process it must not only have the corresponding energy and power characteristics, but also sufficient combustion stability. An arcing-type discharge appears between the metal electrodes due to electron emission from the cathode surface and the subsequent ionization of the gas atmosphere of the electrode gap. The above processes are accompanied by a loss of energy, which is the greater, the higher the electron work function and ionization potential of the atoms or molecules of U_i . Therefore, the lower and U_i , the easier it is to create a conductive atmosphere, thereby forming charged particles from neutral: electrons and positive ions are required to maintain the arc. Therefore, to increase the stability of the arc defined by the usual length of the arc gap in the natural cliff in the electrode coatings, fillers, cored wires, fluxes injected substances with a lower ionization potential and thus a lower work function than iron. Such substances are chemical compounds sodium, potassium, calcium, etc. If the arc vapor easily ionized elements reduces the effective ionization potential U_{ef} gas in the electrode gap and reduces the work function of electrons from the cathode, since the values are closely related to the ionization potential (Table 1). As a result, the electrical conductivity of the electrode gap increases, which increases the stability of the arc as a whole.

Ionizing effect of materials is determined not only by the magnitude of the ionization potential, and vapor pressure of the compound or a simple matter, because the vapor pressure determines the rate of evaporation and thus the concentration of easily ionizable atoms in the atmosphere of the arc. Therefore, the effective ionization potential U_{ef} any gas mixture is determined not only ionization potentials of the components, but also their concentration in the arc gap.

$$U_{\text{эф}} = -\frac{T}{5800} \ln \sum_i^{\kappa} v_i^2 e^{-\frac{5800 U_i}{T}},$$

where T - absolute temperature - concentration of component; U_i - the ionization potential of the component.

As can be seen from the equation, the presence of a gas mixture of even small concentrations of substances with a low ionization potential dramatically reduces its effective ionization potential. At work was involved a laboratory apparatus and measuring instruments.

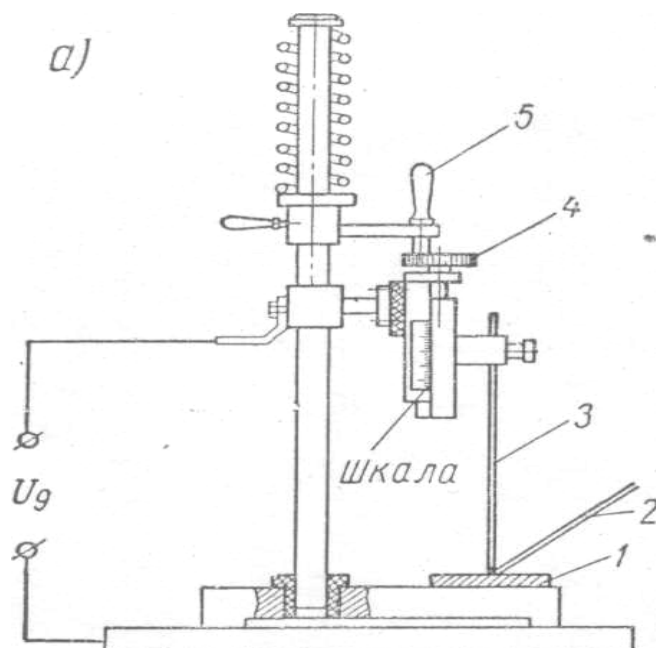


Figure 1. Measurement System breaking length of the arc and the scheme of its dimensions: 1 - steel plate, 2 - sharpened carbon electrode, 3 - naked electrode rod or coated electrode, 4 - flywheel, 5 - handle

All the results of the work undertaken was tabulated data 2 The experimental results showed that the CaCO_3 is ionizing substance that increases the length of the rupture of the arc at the electrodes without cover. The presence of ionizing elements, such as Na, Ca, and other lower ionization potential, thus increasing the conductivity of the electrode gap, which in turn increases the resistance of the arc and improves the quality of the deposited metal.

Table 1.

Element	Cs	K	Na	Ba	Al	Ca	Ti	Mn	Fe
U_i, B	3,89	4,34	5,14	5,19	5,95	6,11	6,8	7,4	7,83
φ, B	1,89	2,15	2,27	2,29	3,74	2,76	4,09	3,95	4,74

Table 2.

Identification of the substance, the brand electrodes, flux	Type of current and polarity	Voltage at the time of termination, V				Breaking length of the arc, mm			
		metering 1	metering 2	metering 3	mean value	metering 1	metering 2	metering 3	Mean value
Bare-wire electrode	direct.	45,2	39,6	42	42,27	10	7	7	8
	reverse	45,6	36,8	40,8	42,4	7	8	11	8,6
Bare-wire electrode +CaCO ₃	direct.	50,2	56,8	43,6	50,2	12	10	14	12
	reverse.	44,6	51,6	51,2	49,1	9	15	16	13,3
Bare-wire electrode + NaF	direct.	39.2	46.4	38	41.2	6	6	3	5
	reverse	42.4	42.4	45.6	43.5	4	4	7	5
Bare-wire electrode +SiO ₂	direct.	48.8	41.6	55.2	48.5	7	4	10	7
	reverse	39.8	42.8	48	41.9	4	6	7	5.7
Bare-wire electrode +flux	direct.	44,8	46,8	53,2	48,1	11	12	13	12
	reverse	38	47,2	37	40,9	6	7	6	6,3
МИС-1 (rutile)	direct.	42	43,8	46	43,9	16	22	21	19,66
	reverse	36,8	33,6	38,8	36,4	13	11	13	12,3
УОНИ 13/55	direct.	39,2	38,4	38,4	38,7	10	14	12	12
	reverse	39,6	38,8	52	43,5	12	10	10	10,6
OK 46 Ø-4	direct.	42,8	38,4	44,4	41,6	24	21	25	23,3
OK 46 Ø-3	direct	42.4	50	41.6	44.6	29	28	27	28

REFERENCES

1. Welding materials, EA Truschenko, Tomsk Polytechnic University in 2007. - 130 p.
2. Fusion welding technology, EA Truschenko, Tomsk Polytechnic University, Part 1. - 2011. - 144 p.
3. The theory of welding processes, physical and technological properties of an electric welding arc, RI Dedyuh, TPU, 2002. - 92
4. Welding, VA Cheban., Rostov-on-Don: Phoenix, 2003 - 416s.
5. <http://www.svarkainfo.ru/rus/lib/book/charelec/>

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ

Михеев А.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Любая аварийная ситуация – обрыв цепи, скачок напряжения или перегрузка – могут стать причиной выхода из строя дорогостоящего электрооборудования. Для защиты электрических двигателей рекомендуется использовать чувствительные аппараты, которые минимизировать риск поломки, а впоследствии и ремонта, травмоопасных ситуаций. Одно из наиболее эффективных средств защиты – это автоматические выключатели.

Принцип работы устройства

Автоматические выключатели относятся к типу токозависимых средств защиты электродвигателей. Их главное назначение – включение или отключение асинхронных двигателей. Одно устройство выполняет функции сразу трех приборов – теплового реле, рубильника и предохранителя. В случае возникновения аварийной ситуации автомат обеспечивает отключение всех фаз в электрической цепи.

Устройство может работать как в ручном, так и в автоматическом режиме. Последняя опция доступна на всех современных приборах в случае аварийной ситуации, когда необходимо оперативное отключение двигателя. Расцепитель может быть как тепловым, так и электромагнитным. В зависимости от функционала он может быть следующих

видов:

- электромагнитный для защиты в случае коротких замыканий;
- тепловой для защиты от перегрузок;
- комбинированный.

главным параметром автоматических выключателей является номинальный ток. Это ток, значение которого в конкретной цепи считают нормальным, т.е. на который рассчитано электрооборудование.

Автоматические выключатели разрывают цепь, когда ток в ней превышает допустимую величину. При этом, происходят различные процессы, из-за чего приходится использовать в автоматических выключателях два вида защиты - тепловую и электромагнитную.

При потреблении тока больше номинала не более чем в 3 раза, срабатывает тепловой расцепитель автоматического выключателя. Принцип его действия: цепь разрывает биметаллическая пластина, которая изменяет свою форму от нагрева проходящим током. Защитное устройство может довольно долго пропускать ток, немного превышающий

номинальный, что позволит избежать ложных срабатываний, но при дальнейшем возрастании тока отключит нагрузку. Поэтому, тепловая защита обладает довольно большой инерционностью по отношению к превышениям тока

При значительно большем токе (при коротких замыканиях) инерционность защиты является большим минусом, потому для данного случая используют электромагнитный расцепитель. В отличие от теплового, он обладает мгновенным действием.

Электромагнитный расцепитель состоит из соленоида (электромагнита), сердечник которого ударяет в подвижный контакт и размыкает цепь. Но здесь не всё так просто. Ведь электромагнит должен сработать при определённом токе. Нижний порог, судя по тому, что тепловая защита срабатывает до $3 I_n$, будет иметь именно это значение. А верхний порог? Вот здесь выплывает ещё одна характеристика АВ – тип автомата.

Различают автоматические выключатели трех типов - «В», «С», и «D». Автоматические выключатели типа «В» имеют срабатывание электромагнитного расцепителя в диапазоне от 3 до 5 I_n . Тип «С» имеет диапазон от 5 до 10 I_n . И наконец тип «D», срабатывает в диапазоне от 10 до 50 I_n . На конкретном примере это будет выглядеть следующим образом - если мы имеем два автомата на 25А класса «В» и «С», то при коротком замыкании первый отключится при достижении величины тока короткого замыкания от 75 до 125 А, а второй – от 125 А и выше. Ток короткого замыкания, с которым автоматический выключатель справляется без ухудшения эксплуатационных свойств, определяет «номинальную отключающую способность» - ещё одну характеристику автоматического выключателя. Чем лучше этот параметр, тем надежней выключатель. Процесс расцепления контактов происходит очень быстро, при этом ток короткого замыкания не успевает достичь максимального значения.

Кроме автоматического отключения, автоматический выключатель может отключаться и вручную. Поэтому автоматический выключатель называют коммутационно-защитным устройством. Ведь помимо свойств защиты, он предоставляет возможность обесточить цепь в ручном режиме, что необходимо при ремонте электрооборудования.

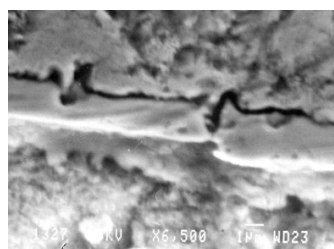
На свете много разных фирм производящих автоматические выключатели, у каждого из них есть свои преимущества и недостатки. Вот некоторые производители Eaton (Moeller), DKC, ABB, IEK, Schneider Electric, FINDER, SIEMENS и много других.

О КУМУЛЯТИВНОМ МЕХАНИЗМЕ СВЕРХГЛУБОКОГО ПРОНИКАНИЯ МАТЕРИАЛА ГИПЕРЗВУКОВОГО ПОТОКА В ТВЕРДЫЕ ПРЕГРАДЫ

Сайгаш А.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Явление сверхглубокого проникания (СГП) твердых микрочастиц в твердые преграды обнаружено более 20 лет назад и считается аномальным. Активная дискуссия о его природе не дала приемлемого объяснения механизма внедрения микрочастиц в твердую преграду на глубину на $2\div 3$ порядка превышающую размер частиц. Утверждается уникальность размера частиц ~ 100 мкм и способа их ускорения взрывным кумулятивным ускорителем. Необходимыми условиями возникновения СГП является наличие плотного ($\rho > 1$ г/см³) и высокоскоростного ($1\div 2$ км/с) потока порошкообразного материала. В работе приведены экспериментальные данные, показывающие возникновение явления СГП в стальную металлическую преграду материала высокоскоростного потока плотного вещества состава TiC+Ti, наработанного, синтезированного и ускоренного в коаксиальном магнитоплазменном ускорителе. Кроме того, новизна представленных данных заключается в том, что размер проникающих частиц порядка 1 мкм. Установлено струйное внедрение вещества потока в стальную преграду на глубину более 350 мкм. Металлографические исследования образцов показали сильное изменение микроструктуры материала подложки на такую глубину. Наличие титана в глубине подложки установлено методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Исследования образцов подложки показали $2\div 3$ кратное увеличение микротвердости слоя указанной толщины. С использованием



металлографической электронной микроскопии на границе раздела между композиционным покрытием (TiC+Ti) и стальной подложкой обнаружены множественные фрагменты, идентифицированные как недозавершенные микрокумулятивные процессы. На фотографии отчетливо наблюдаются недосхлопнувшиеся кумулятивные выемки, затвердевшие песты - остатки кумулятивных струй и каналы их внедрения в подложку. Анализ геометрии этих фрагментов показал возможность сверхглубокого внедрения микрокумулятивных струй в соответствии с фундаментальными положениями гидродинамической теории кумуляции. На основании полученных данных предложена гипотеза о микрокумулятивном механизме явления сверхглубокого проникания. Роль

кумулятивных выемок играют впадины на фронтальной части гиперзвукового потока плотного вещества. Возникновения кумулятивных процессов при встрече потока с твердой преградой показана на микрофизических моделях. Предложенное объяснение явления СГП выводит его из разряда аномальных и позволяет более осознанно подойти к его практическому использованию для сверхглубокой модификации свойств поверхности твердых материалов[1].

ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Сивков, А.П. Ильин, А.М. Громов, Н.В. Бычин. Сверхглубокое проникание вещества высокоскоростного плазменного потока в металлическую преграду // Физика и химия обработки материалов. 2003. №1. С.42÷48.

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЯ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТМГ-160/10 В ПРОГРАММЕ ELCUT

Фролов А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

При расчете сопротивления короткого замыкания в методике [1], реализованной в программе MathCad, используется формула для двухобмоточного трансформатора с обмотками равной высоты. При этом за расчетную высоту принимается среднее арифметическое высот рассматриваемых обмоток.

Также индуктивность короткого замыкания связана с энергией магнитного поля рассеяния выражением:

$$W = 0,5 \cdot L_{\kappa} \cdot i^2,$$

отсюда

$$L_{\kappa} = 2 \cdot W / i^2 = 2 \cdot W_m / I_m^2 = W_m / I^2,$$

или

$$x_{\kappa} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_{\kappa} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot W_m / I^2,$$

где W_m – энергия поля, соответствующая амплитуде тока I_m ; I – действующее значение тока в одной из обмоток [2].

Таким образом, необходимо вычислить энергию магнитного поля рассеяния. На сегодняшний день такую возможность предоставляют

различные программы, реализующие метод конечных элементов (JMAG, ANSYS, Maxwell, Elcut и др.).

Для оценки влияния принятых допущений на конструкцию обмоток (равновысотность обмоток и отсутствие канала охлаждения между группами слоев в обмотки ВН или НН) в программе Elcut было произведено моделирование опыта короткого замыкания для двух моделей: 1) упрощенная; 2) фактическая. В качестве примера на рис. 1 представлена упрощенная модель.

Так как обмотки трансформатора цилиндрические задача решается в осесимметричной постановке. Относительно плоскости, проходящей перпендикулярно оси обмоток, модель также обладает симметрией. Поэтому для моделирования достаточно половины высоты активной части.

Программа Elcut позволяет моделировать постоянные, переменные (синусоидальные), а также нестационарные (переходные процессы) магнитные поля для сред с линейными и нелинейными свойств материалов.

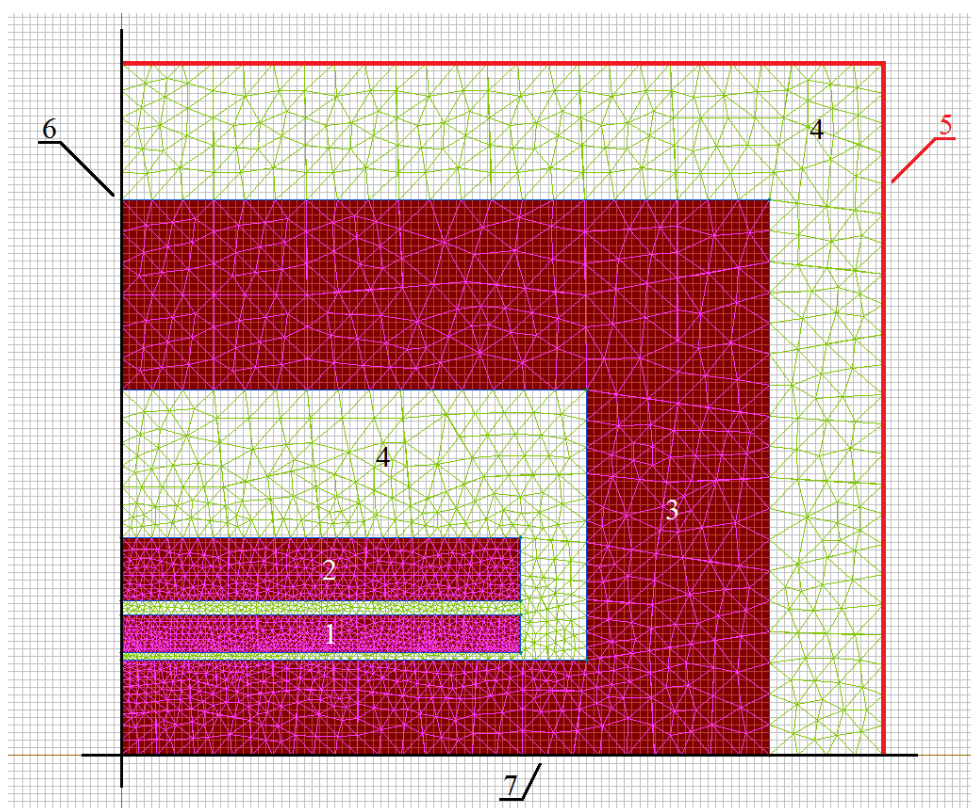


Рис. 1. Упрощенная расчетная модель

1) обмотка НН; 2) обмотка ВН; 3) магнитная система; 4) трансформаторное масло; 5) внешняя граница; 6) плоскость оси симметрии; 7) ось симметрии

В данной задаче для вычисления энергии магнитного поля достаточно магнитоэлектростатической постановки. В данном случае источниками поля являются постоянные токи, задаваемые как ампер-витки, протекающие по соответственным концентраторам в опыте КЗ. С учетом выше указанной плоской симметрии, для каждого концентратора задается половина ампер-витков.

Для упрощенной модели, задаваемые ампер-витки составляют:

$$I_{w_нн} = (I_{нн} \cdot w_{нн}) / 2 = (230,94 \cdot 56) / 2 = 6466,3 \text{ А};$$

$$I_{w_вн} = (I_{вн} \cdot w_{вн}) / 2 = (5,33 \cdot 2428) / 2 = 6470,6 \text{ А}.$$

Для фактической модели, задаваемые ампер-витки составляют:

$$I_{w_нн} = (I_{нн} \cdot w_{нн}) / 2 = (230,94 \cdot 56) / 2 = 6466,3 \text{ А};$$

$$I_{w_вн} = (I_{вн} \cdot w_{вн}) / 4 = (5,33 \cdot 2428) / 4 = 3235,3 \text{ А},$$

где $I_{нн}$ и $I_{вн}$ – номинальные фазные токи соответствующих обмоток; $w_{нн}$ и $w_{вн}$ – номинальные витки соответствующих обмоток.

Диалоговое окно описания параметров концентратора приведено на рис.2.

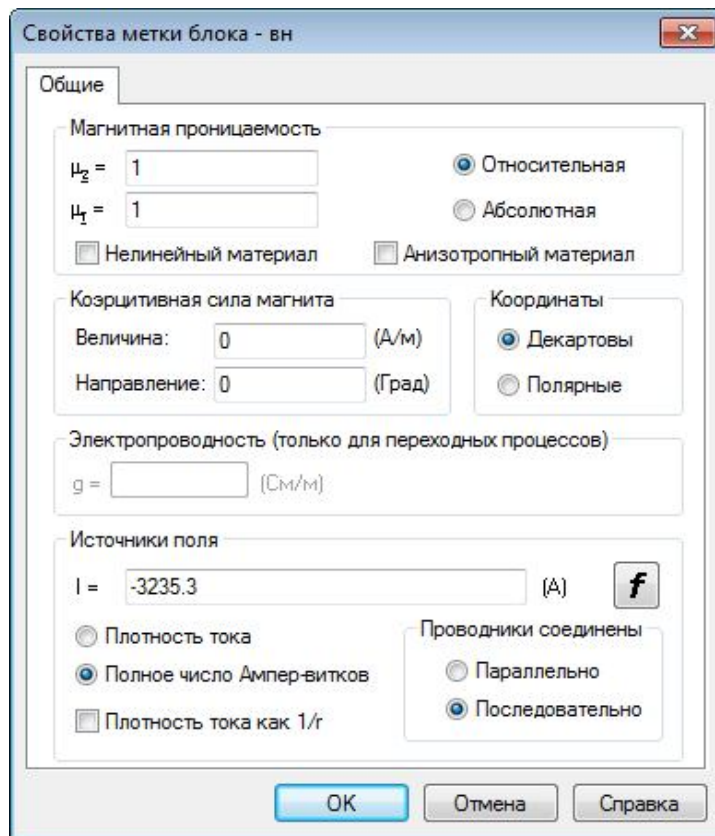


Рис. 2. Диалоговое окно описания параметров обмотки ВН для фактической модели

На рис. 3 и 4 представлены картины магнитного поля в опыте короткого замыкания для упрощенной и фактической модели со шкалой магнитной индукции.

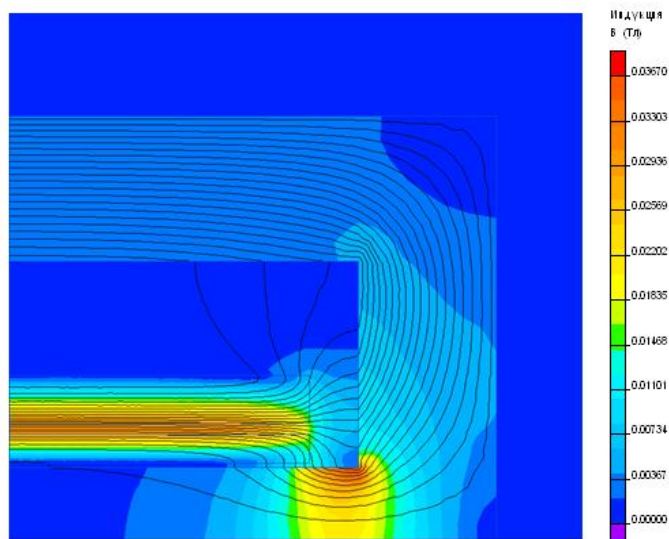


Рис. 3. Картина магнитного поля в опыте короткого замыкания для упрощенной модели

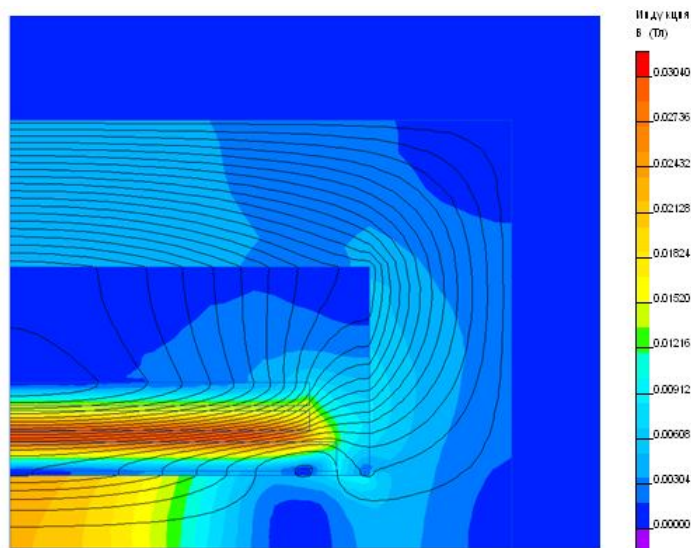


Рис. 4. Картина магнитного поля в опыте короткого замыкания для фактической модели

Энергия магнитного поля в упрощенной и фактической модели – $W_m = 1,8694$ Дж и $W_m = 1,8055$ Дж соответственно.

С учетом того, что моделировалась только половина активной части, полученная энергия магнитного поля должна быть увеличена вдвое при определении сопротивления короткого замыкания.

Сопротивление короткого замыкания:

$$x_k = \omega \cdot L_{об} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot 2 \cdot (2 \cdot W_m) / I_{вн}^2,$$

где $L_{об}$ – индуктивность короткого замыкания одной из обмоток.

Для упрощенной модели, напряжение короткого замыкания составляет:

$$U_{кз} = ((x_k \cdot I_{ВН}) / U_{ном.ВН}) \cdot 100\% = 4,407 \%$$

Для фактической модели, напряжение короткого замыкания составляет:

$$U_{кз} = ((x_k \cdot I_{ВН}) / U_{ном.ВН}) \cdot 100\% = 4,257 \%$$

В результате отклонение напряжения короткого замыкания упрощенной модели от фактической модели составило 3,5%, а отклонение напряжения короткого замыкания упрощенной модели, посчитанного в программе MathCad, от фактической модели – в программе Elcut составило -5,7%. Полученное отклонение лежит в допуске $\pm 10\%$, установленным государственным стандартом [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика расчета силового масляного трансформатора предприятия ЗАО «Группа «СВЭЛ».
2. Васютинский С.Б. Вопросы теории и расчета трансформаторов. – Л.: Энергия, 1970. – 432 с.
3. ГОСТ 52719–2007 «Трансформаторы силовые

ЗАМЕНА ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ В БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕМ КОНТАКТОРЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА БК-78Т

Кулибаба М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

В настоящее время известны недостатки электропневматических контакторов по сравнению с электромагнитными. К ним относят: невысокое время срабатывания, необходимость в подаче сжатого газа для работы пневматики контактора (т.е. необходимо наличие больших по размеру баллонов со сжатым газом), высокие разбросы по времени срабатывания контактора. Эти недостатки отсутствуют у

электромагнитных контакторов. Именно поэтому актуальна модернизация электропневматического контактора БК-78Т, заменой электропневматического привода на электромагнитный.

При выполнении выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

1) Разработан технологический процесс производства пружин контактора БК-78Т;

2) Сделан анализ технологичности конструкции;

3) Разработан технологический процесс сборки;

4) Составлена маршрутная карта производства пружин для данного контактора;

5) Произведён расчёт токоведущих частей контактора: коэффициента теплоотдачи, мощности потери в шине и допустимое превышение температуры в ней; определено контактное сопротивление, сила нажатия контактов, значения предельного тока и тока плавления при аварийных перегрузках. На основании полученных данных были спроектированы и выбраны пружины сжатия ГОСТ 137-86 и ГОСТ 13771-86. Также был произведен расчёт электромагнита, построены тяговые характеристики, полностью удовлетворяющие требованиям задания;

6) Получены экспериментальные данные с реального экземпляра контактора БК-78Т, а именно: время срабатывания и время отпускания; сопротивление отключающей катушки; ток включения и выключения;

7) Произведена замена электропневматической системы контактора на электромагнитную.

Основные области применения контакторов БК-78Т: Контактторы быстродействующие типа БК предназначены для защиты тяговых двигателей от токов короткого замыкания в режиме рекуперации электровозов постоянного тока.

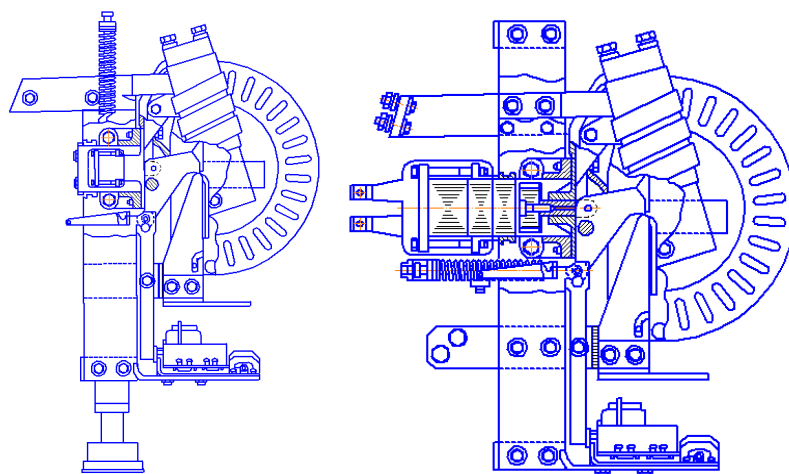


Рис. 1. Устройство быстродействующего контактора постоянного тока БК-78Т

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.В., Адоньев Н.М. Справочник по расчёту и конструированию контактных частей силовых электрических аппаратов: Под ред. Афанасьева В.В.. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. – 384 с.; ил.
2. Литовченко В.В., Чуматов А.И. Тяговые электрические аппараты: Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Электрооборудование электроподвижного состава», раздел «Тяговые электрические аппараты». – М.: МИИТ, 2003. – 63 с.
3. Сахаров П.В. Проектирование электрических аппаратов (Общие вопросы проектирования). Учебное пособие для студентов электротехнических вузов. -М., «Энергия», 1971. – 560 с.; ил.
4. Гордон А.В. Электромагниты постоянного тока. – М.: Госэнергоиздат, 1960.
5. Сливинская А.Г. Электромагниты и постоянные магниты. – М.: Энергия, 1972.
6. Чунихин А.А. Электрические аппараты. – М.: Энергия, 1982.
7. «Электровозы ВЛ10 и ВЛ11». Руководство по эксплуатации. Москва. Транспорт. 1981.
8. Озембловский Ч.С., Красковская С.В., Ридель Э.Р. «Деповский ремонт электровоза постоянного тока». Москва, Транспорт, 1971.
9. Крисанов А.М., Мазо С.М. «Испытание и регулировка аппаратуры электроподвижного состава», Москва, Транспорт, 1972.
10. Технологичность конструкции изделия: Справочник. /Под общ. ред. Амирова Ю.Д. – М.: Машиностроение, 1990. –768 с.

ДИНАМИКА ПЛАЗМЕННОЙ СТРУКТУРЫ В УСКОРИТЕЛЬНОМ КАНАЛЕ КОАКСИАЛЬНОГО МАГНИТОПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ

Шарипов Р.Р., Сайгаш А.С., Привезенцев С.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Свойства покрытий, получаемые при обработке поверхностей высокоскоростным потоком электроразрядной плазмы, сформированным в коаксиальном магнитоплазменном ускорителе (КМПУ) [1] определяются его динамическими характеристиками. Исследование динамики процессов ускорения проводилось с использованием стволы из нержавеющей стали марки 12Х18Н9Т. Динамика ускорения плазменной структуры и струйного

течения в свободном пространстве изучалась с помощью съемки на ВФУ-1 в срез ствола (рис. 1) и в профиль.

На рис. 1 представлена фотограмма процесса ускорения плазмы в ускорительном канале (УК) КМПУ, полученная с помощью съемки в срез ствола. На нулевом кадре показано исходное перспективное изображение, где большая окружность 1 – срез ствола УК, маленькая окружность 2 – торец изолятора центрального электрода в начале ствола, кольцо между окружностями 3 – цилиндрическая поверхность УК, 4 – электровзрывающиеся проводники. Электровзрыв проводников соответствует кадру 1. На последующих кадрах видно увеличение диаметра светящегося диска – фронта плазменной перемычки, свидетельствующее о ее перемещении к срезу УК.

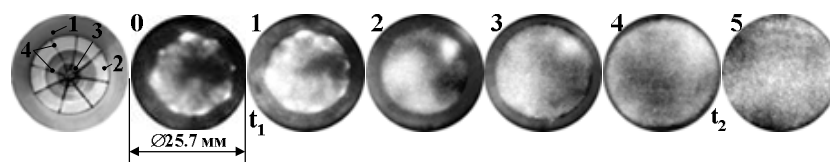


Рис. 1. Фотограмма движения фронта сильноточного разряда по УК. Время между кадрами $\Delta t_{\text{к}} = 10.8$ мкс. t_1 -момент электровзрыва проводников, t_2 - момент выхода плазмы из ствола

Путем измерения перемещения фронта на последовательных кадрах фотограмм были получены кривые закона движения, а после их дифференцирования - кривые изменения скорости фронта (рис. 2). видно, что скорость фронта плазменной структуры не возрастает монотонно по длине ствола, а носит явно выраженный колебательный характер. Волновая неустойчивость скорости по длине УК получена в большом числе экспериментов при различных условиях.

Анализ полученных данных позволил сделать предположение, что в УК КМПУ при первом прохождении по нему плазменной структуры сильноточного разряда формируется квазистационарный режим гиперзвукового течения с “бочкообразной” ударно-волновой структурой, с одним или несколькими скачками уплотнения (диски Маха) в которых происходит торможение вещества струи с последующим повторным ускорением. Данное предположение полностью соответствует газодинамическим закономерностям сверхзвуковых течений в каналах и соплах [2] и подтверждается съемкой в профиль (рис. 3). На представленном кадре, соответствующем времени ~ 132 мкс с момента выхода из ствола, отчетливо видна ударно-волновая структура сформировавшегося квазистационарного режима: 1 – срез УК; 2 – косой скачок уплотнения, ограничивающий зону течения в УК; 3 – висячий

скачок; 4 – граница струи, ограничивающая первую “бочку”; 5 – центральный скачок, “диск Маха”; 6 – граница второй “бочки”; 7 – головная ударная волна за центральным скачком.

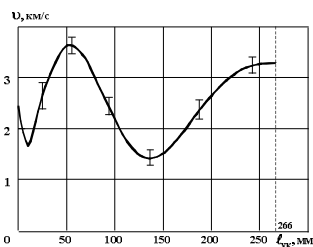


Рис. 2. Изменение скорости фронта плазменной структуры по длине УК

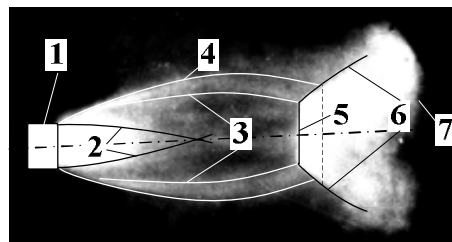


Рис. 3. Ударно-волновая структура гиперзвуковой плазменной струи

Таким образом, можно утверждать, что изменение скорости фронта плазменной структуры в УК КМПУ носит колебательный характер, обусловленный формированием квазистационарного режима гиперзвукового течения с характерной “бочкообразной” ударно-волновой структурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Сивков. Гибридная электромагнитная система метания твердых тел. Прикладная механика и техническая физика. 2001 г. Т. 42. № 1, с. 3-12
2. Пирумов У. Г., Росляков Г. С. Газовая динамика сопел. - М.: Наука, 1990.- 368 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Клюковский С.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Одной из проблем современных тяговых электродвигателей (ТЭД) постоянного тока является пробой изоляции якорной обмотки в результате возникновения импульсных перенапряжений, которые превышают номинальные значения в десятки раз. Такие перенапряжения формируются контакторами в схеме управления ТЭД.

В настоящее время применяются две схемы устранения импульсных перенапряжений. Первая, используется гасящий резистор, сопротивление которого в 4-5 раза больше обмотки возбуждения. Вторая, за счет удлинения времени горения дуги. Однако ни одна из этих схем не решает проблему импульсных перенапряжений полностью.

Целью работы является исследование изменений величины импульсных перенапряжений возникающих в якорной обмотке ТЭД постоянного тока от времени горения дуги на быстродействующем контакторе (БК), а так же от схемы включения ТЭД.

Составим модель силовой схемы управления ТЭД [1], в которой сделаны следующие допущения:

Цепь обмотки якоря и обмотки возбуждения гальванически не связаны.

Время горения дуги на БК заменяем временем изменения сопротивления контакта.

В результате получаем модель схемы силовой цепи управления ТЭД, представленную на рисунке 1.

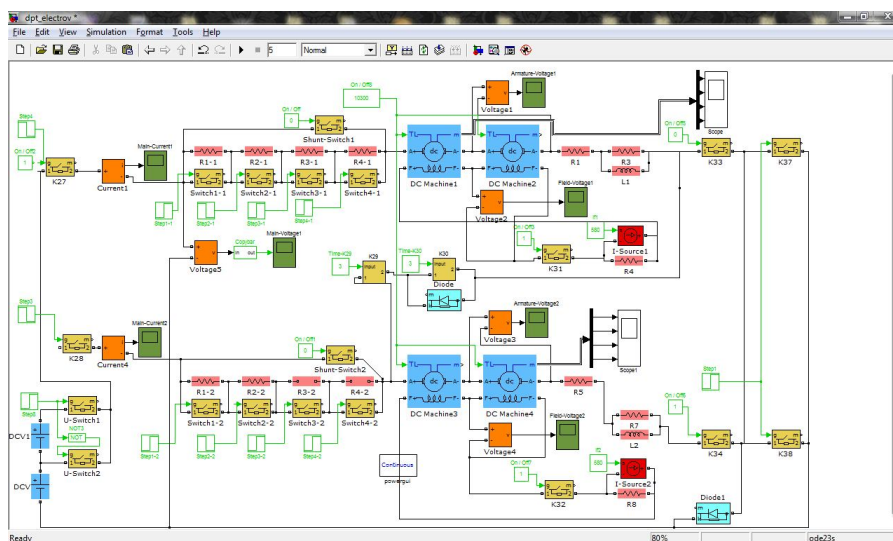


Рис. 1. Схема силовой цепи управления ТЭД

На схеме введены следующие обозначения:

DC Machine1- DC Machine4 – ТД постоянного тока; DCV, DCV1 – Источник питания; K27, K28 – Контактторы включения питания; R1-1- R4-2 – Пусковые реостаты; Switch 1-1 - Switch 4-2 – Контактторы включения пусковых реостатов; K29, K30 – Быстродействующие контакторы (БК); K31, K32 – Контактторы включения обмоток возбуждения; K33, K34 – Контактторы переключения схемы включения ТД; I-Source1, I-Source2 – Источник тока возбуждения; R4, R8 – шунтирующие сопротивления; Diod, Diod1 – Шунтирующие диоды; Scope, Scope1 – Осциллографы; Armature-

Voltage, Armature-Voltage1, Field-Voltage, Field-Voltage1, Main-Voltage1 – Вольтметры; Main-Current1- Амперметр.

Для исследования были рассчитаны параметры ТЭД по данным приведенным в Таблице 1.

Таблица 1.

Номинальные данные ТЭД

Рн, кВт	U, В	n, об/мин	Iя, А	Iв, А	КПД
810	1500	750	580	580	0,93

Входе расчета ТЭД постоянного тока [2], были определены необходимые параметры для модели ТЭД, данные приведены в Таблице 2.

Таблица 2.

Ря, Ом	Ля, Гн	Рв, Ом	Лв, Гн	М, Гн	J, кгм ²	Tf, Нм	Vm, Нмс
0,036	0,001	0,189	0,013	0,031	586	16,17	0,21

Исследования изменений величины импульсных перенапряжений от времени горения дуги.

Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Данные моделирования

t, с	0,000 75	0,0007 7	0,0008	0,0008 3	0,0008 6	0,0008 9	0,0009 2	0,0009 5
Uя, В	19900	18460	16500	14778	13284	12233	11257	10351
t, с	0,000 98	0,0011	0,0015	0,0018	0,0021	0,0021	0,0027	0,003
Uя, В	9508	6699	1580	1534	1502	1487	1482	1481

По данным таблицы 3 строим характеристику $U_{я} = f(t)$.

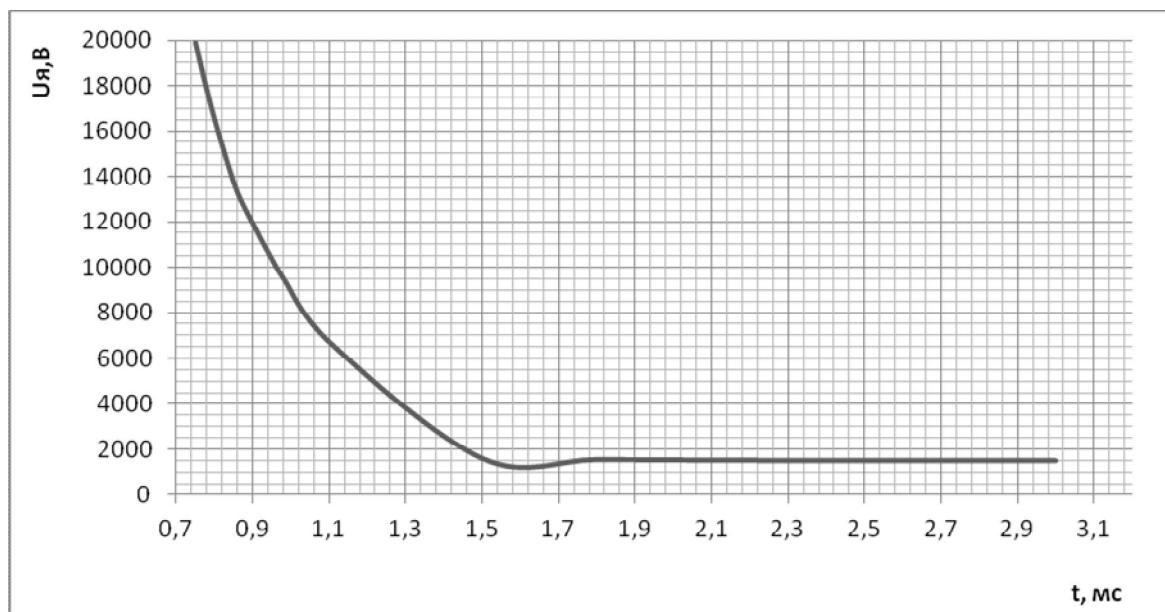


Рис. 2. Зависимость $U_{я} = f(t)$

Вывод: Исследование показало что, чем больше время изменения сопротивления БК, тем меньше импульсные перенапряжения, возникающие в якорной обмотке ТЭД.

Исследование изменений величины импульсных перенапряжений от схемы включения ТЭД постоянного тока.

Последовательное включение ТЭД.

Все ТЭД включены последовательно, имитируем срабатывание БК через 3с, время горения дуги 0,0015с.

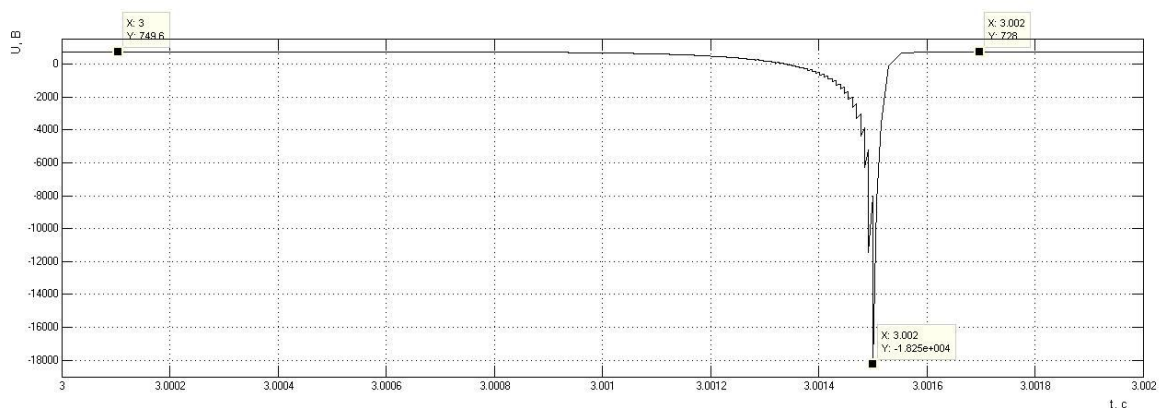


Рис. 3. Последовательное включение ТЭД

Параллельное включение ТЭД.

При этом включении, секции DC Machine1-DC Machine2 и DC Machine3- DC Machine4 включены параллельно. Имитируем срабатывание БК через 3с, время горения дуги 0,0015с. Результат представлен на рисунке 4.

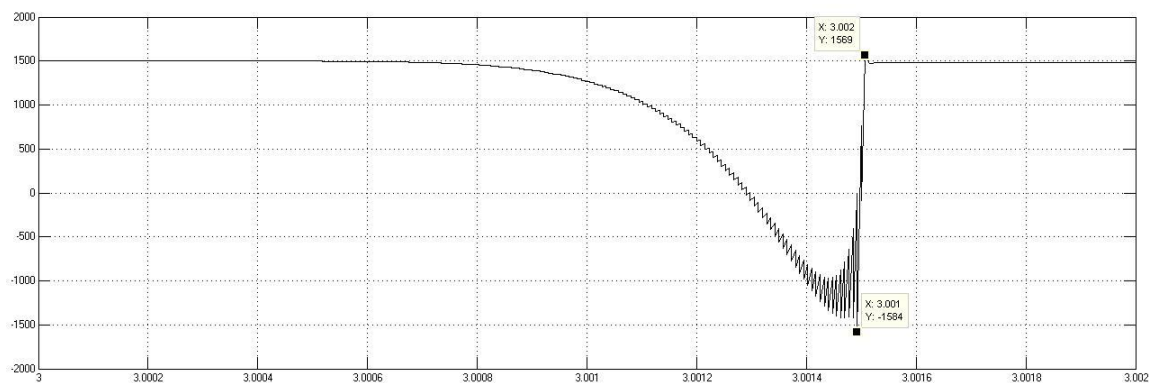


Рис. 4. Параллельное включение ТЭД

Вывод: Исследование показало что, в схеме при последовательном включении ТЭД импульсные перенапряжения в якорных обмотках ТЭД в 12 раз больше, чем при параллельном включении. Это говорит о том, что индуктивные сопротивления якорных обмоток всех четырех ТЭД суммируются, что и приводит к увеличению импульсных перенапряжений в них.

Заключение: В ходе проведенных исследований были выявлены следующие зависимости:

Наименьшее значение импульсного перенапряжения наблюдается при максимальном значении времени горения дуги. Но чрезмерное увеличение времени отключения БК ведет к другим проблемам связанными с аварийными отключениями при КЗ, которые требуют мгновенного отключения БК.

При параллельном и последовательном включении ТЭД в силовых цепях следует устанавливать разные БК с различным временем отключения. Так при последовательном включении ТЭД время отключения БК целесообразно увеличить в 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Терехин В.Б. “Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1)” Учебное пособие; Национально исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.- 292с.

2. Находкин М.Д. “Проектирование тяговых электрических машин” Учебное пособие для вузов. Изд. 2е, пер и доп. М., “Транспорт” 1976г - 624с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Клочихин Ю.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Силовые трансформаторы являются основными технологическими элементами подстанций и играют важную роль в процессе передачи и преобразования электрической энергии, а также целостности электроэнергетической системы в целом. Однако, все трансформаторы имеют свой эксплуатационный ресурс и в случае его превышения, особенно под воздействием неблагоприятных условий, трансформаторному оборудованию могут быть нанесены тяжелые повреждения, что, в свою очередь, может повлечь частичное или полное нарушение электроснабжения потребителей.

Для поддержания требуемой эксплуатационной надежности трансформаторов необходимо своевременное проведение капитальных ремонтов по результатам диагностического контроля. При этом, необоснованное решение о проведении капитального ремонта или отказе от его проведения приводит к неоправданным финансовым затратам в первом случае, или к снижению надежности, срока службы и даже отказам, а в итоге - к значительным материальным потерям.

Замена всех трансформаторов со сверхнормативным сроком службы, учи-тывая реальную экономическую ситуа-цию, представляется невыполнимой за-дачей.

Продлить срок эксплуатации трансформаторов, сохраняя требуемую эксплуатационную надежность, можно при наличии достоверного определения технического состояния, которое должно решать несколько важных задач, таких как:

- выявление наиболее вероятных мест повреждения трансформатора на основе анализа причин выхода из строя транс-форматоров аналогичного типа;
- оценка состояния твердой изоляции (увлажнение, загрязнение, деструкция);
- оценка состояния магнитной системы (прессовка, потери холостого хода, изо-ляция элементов от бака и т.п.);
- оценка механического состояния об-моток (прессовка, деформации);
- оценка качества трансформаторного масла;
- оценка систем охлаждения, очистки и защиты масла;
- оценка состояния вводов;

- оценка состояния регуляторов напряжения (РПН, ПБВ).

Надежность работы трансформаторного оборудования непосредственно связана с его сроком службы. От продолжительности эксплуатации трансформатора зависят допустимые значения воздействующих режимных факторов и их количество.

Повышение надежности и экономичности эксплуатируемого оборудования необходимо не только из-за растущей мощности энергопотребления, но и вследствие спада темпов ввода в эксплуатацию нового электрооборудования.

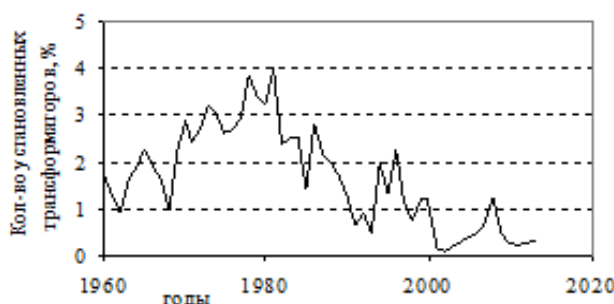


Рис. 1. Обновление парка трансформаторов в ОАО «Томскэнерго»

Определяющим снижением надёжности эксплуатируемых ЭУ является увеличение срока эксплуатации («возрастного состава»).

Важность решения задачи повышения эксплуатационных ресурсов СТ определяется в последнее время значительным ростом количества морально и физически устаревшего оборудования. Старение и износ трансформаторного электрооборудования ЭС и систем ЭСН вызваны сокращением объёмов финансирования текущих и капитальных ремонтов.

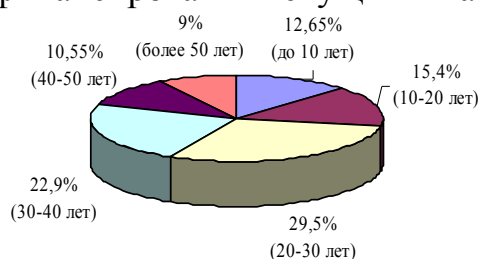


Рис.2. Распределение по срокам службы силовых трансформаторов ОАО «Томскэнерго»

На рис. 3 и 4 представлены гистограмма, аппроксимирующая плотность вероятности (3), эмпирическая и теоретическая функция распределения отказов почти четырёхсот силовых трансформаторов

$$f_I(t) = 0,069 \cdot t^{-0,002} \cdot e^{-0,1598 \cdot t^{0,998}}, \quad 0 \leq t < 12, \text{ лет}$$

$$f_{II}(t) = 0,0099, \quad 12 \leq t < 23, \text{ лет}$$

мощностью до 1000 кВА $f_{III}(t) = 0,165 \cdot 10^{-9} \cdot t^{5,5485} \cdot e^{-0,25 \cdot 10^{-10} \cdot t^{6,5485}}, \quad 23 \leq t \leq 40, \text{ лет}$

Получено, что для трёх интервалов ресурсов (I – приработочный, II – нормальной эксплуатации, III – деградационный) наработка на отказ СТ описывается распределением Вейбулла с параметрами $\alpha_1 = 0,1598$ и $\delta_1 = 0,998$ на интервале 0...12 лет, на интервале 23...40 лет – также распределением Вейбулла, с параметрами $\alpha_3 = 0,025 \cdot 10^{-9}$ и $\delta_3 = 6,5485$, а на промежуточном интервале 12...23 – равномерным законом распределения с коэффициентом $a = 0,0099$.

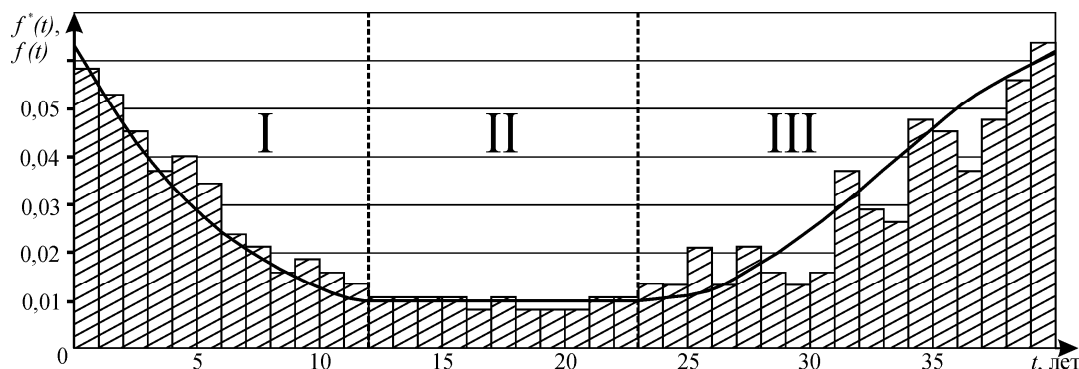


Рис. 3. Гистограмма и плотность вероятности распределения на отказ СТ до 1000 МВ·А

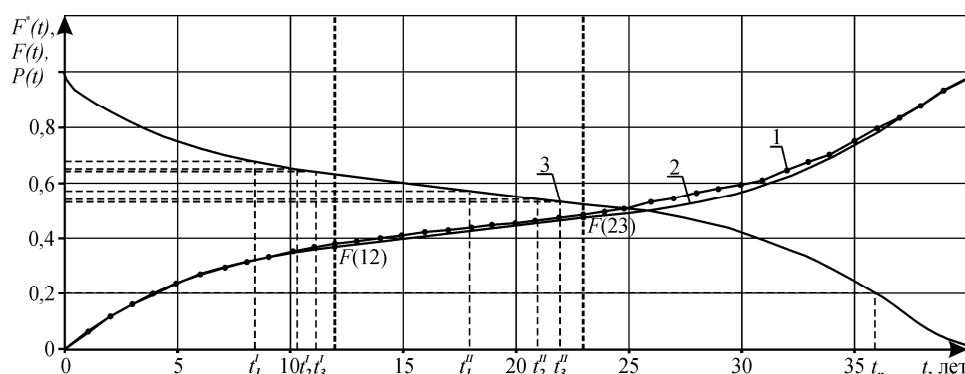


Рис. 4. Вероятностная функция распределения на отказ СТ до 1000 кВ·А (1 – эмпирическая кривая распределения вероятности отказов; 2 – теоретическая кривая распределения отказов; 3 – теоретическая кривая распределения вероятности безотказной работы СТ)

Среднее время безотказной работы СТ определено как математическое ожидание:

$$T = \int_{T=0}^{T_1=12} t \cdot 0,0692 \cdot t^{-0,002} \cdot e^{-(0,1598 t^{0,998})} dt + \int_{T_1=12}^{T_2=23} t \cdot 0,0099 dt + \int_{T_2=23}^{T_3=40} t \cdot 0,0165 \cdot 10^{-8} \cdot t^{5,5485} \cdot e^{-(0,02510^{-9} \cdot t^{6,5485})} dt = 21,34 \text{ года}$$

Вероятность безотказной работы найдем

$$P_I(t) = 1 - \left(\frac{n_I}{N} - \int_0^t 0,0692 \cdot t^{-0,002} \cdot e^{-(0,1598 \cdot t^{0,998})} dt \right);$$

$$P_I(t_i^I) = 1 - F(12) + E_x,$$

$$P_{II}(t) = 1 - \left(\frac{n_{II}}{N} - \int_0^t 0,0099 \cdot dt \right);$$

$$P_{II}(t_i^{II}) = 1 - F(23) + E_x,$$

$$P_{III}(t) = 1 - \left(\frac{n_{III}}{N} - \int_0^t 0,0165 \cdot 10^{-8} \cdot t^{5,5485} \cdot e^{-(0,025 \cdot 10^{-9} \cdot t^{6,5485})} dt \right);$$

как: $P_{III}(t_n) = E_x,$ где $P(t) = 1 - F(t)$ – вероятность безотказной работы, n_i – количество отказов на каждом из 3-х интервалов, N – общее число отказов.

Таблица 1.

Предельно допустимые нормы эксплуатационного ресурса СТ

Интервал	I			II			III
EX	0,05	0,02	0,01	0,05	0,02	0,01	0,2
t, лет	8,44	10,38	11,19	17,90	20,93	21,94	35,98

При анализе вероятностной характеристики интенсивности отказов СТ до 1000 кВ·А можно дать рекомендацию о ограничении эксплуатации СТ сроком, когда на интервале деградации интенсивность отказов не будет превышать интенсивность отказов периода приработки. Тогда максимальный срок эксплуатации СТ будет ограничен 30,97 годами с целью повышения надёжности работы и обновления эксплуатируемого парка трансформаторов.

Для поддержания силовых трансформаторов в работоспособном состоянии, предупреждения отказов и преждевременного износа требуется выполнение профилактических мероприятий по техническому обслуживанию, диагностированию, ремонту и по управлению режимами СТ

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Н.Л. Сборник задач по надёжности электрических машин: Учеб. пособие. – М.: Изд. Дом МЭИ, 2008. – 408 с
2. Кузнецов Н.Л. Надёжность электрических машин: Учеб. пособие для вузов/ Н.Л. Кузнецов. – М.: Изд. Дом МЭИ, 2006. – 408 с
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей : Учеб. для вузов. – 6-е изд. – М.: Высш. шк.1999. – 579 с.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ АСИНХРОННЫХ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ КЛАССИЧЕСКИМ МЕТОДОМ И ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ ELCUT

Аслаян Р.О.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Одной из основных проблем электроподвижного состава отечественных железных дорог является высокая повреждаемость тяговых электродвигателей из-за пробоя изоляции. Исследования показывают, что с течением времени эксплуатации пробивное напряжение становится меньше из-за старения изоляции. Главной причиной старения является температура нагрева изоляции как следствие тепловыделения в активной части машины при ее работе. Это проявляется как в ТЭД постоянного, так и в ТЭД переменного тока. Поэтому актуальным является контроль температуры активной части в процессе эксплуатации ТЭД, что позволит прогнозировать старение изоляции и предупреждать отказы.

Целью статьи является сравнение результатов теплового расчета и результатов моделирования теплового состояния тягового двигателя переменного тока, посредством программы ELCUT.

Был сделан электромагнитный расчет тягового двигателя переменного тока, на основе двигателя марки АД917УХЛ1. Информация о двигателе получена при прохождении научно-производственной практики в Томском Политехническом Университете.

В результате электромагнитного расчета превышение температуры меди обмотки статора над окружающим воздухом был определен по преобразованной применительно к данному случаю формуле А.Б. Иоффе [1].

$$Q_m = \frac{\sum \Delta P_m \cdot \left(1 + \frac{\alpha \cdot t_l}{\lambda_{из} \cdot p}\right) + \sum \Delta P_c \left(1 - \frac{\alpha \cdot t_l}{\lambda_{из} \cdot p} \cdot \frac{L_{л1}}{I_s}\right)}{\alpha \cdot (S_{кан} + S_{лоб1})} \cdot k' + Q_{возд} =$$
$$= \frac{\sum 16740 t_r \cdot \left(1 + \frac{0,068 \cdot 2,8}{0,011 \cdot 6,263}\right) + \sum 1530 \left(1 - \frac{0,068 \cdot 2,8}{0,011 \cdot 6,263} \cdot \frac{24,4}{45,5}\right)}{0,068 \cdot (9707 + 4898)} \cdot 0,91 + 20 = 112,27$$

$$t_r = 1,61 \text{ соответствует температуре нагрева } t_n = 112,37 + 25 = 137,37^{\circ} \text{C}$$

Моделирование теплового состояния тягового электродвигателя переменного тока проводилось в программной среде ELCUT.

На рис.1 показана модель четверти двигателя в ELCUT.

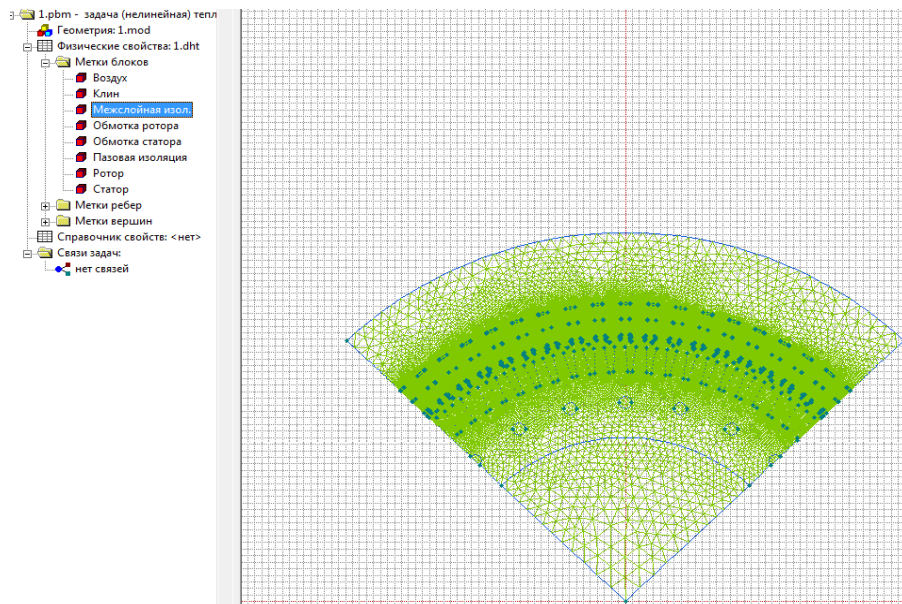


Рис. 1. Модель четверти двигателя

На рис.2 показана модель четверти двигателя в ELCUT с выделенной областью, на примере ротора.

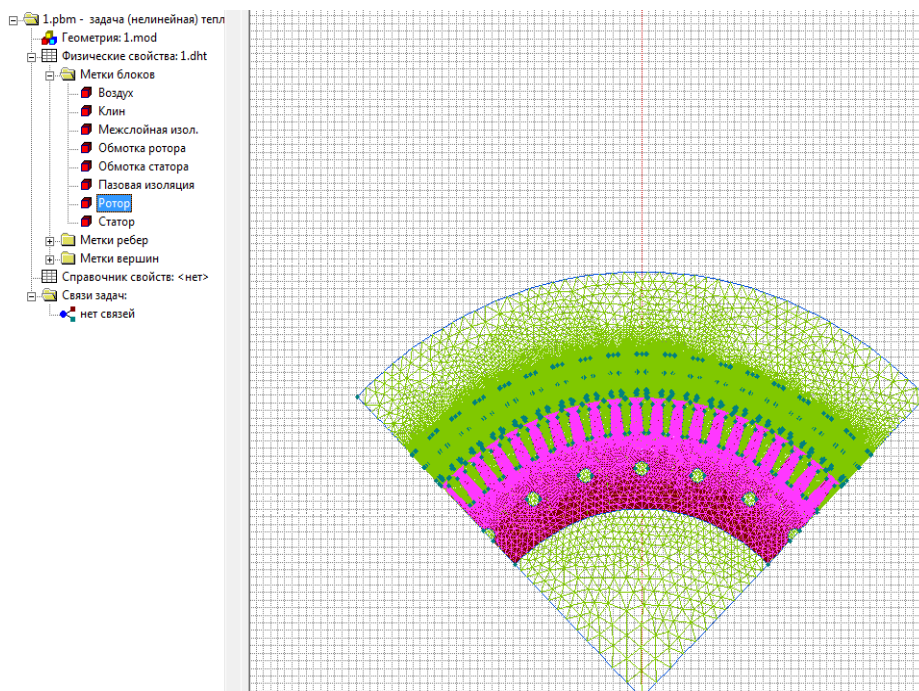


Рис. 2. Модель четверти двигателя с выделенной областью

В результате решения задачи на распределение температуры в двигателе, получили температурную картину поля тягового двигателя, представленную на рис.3.

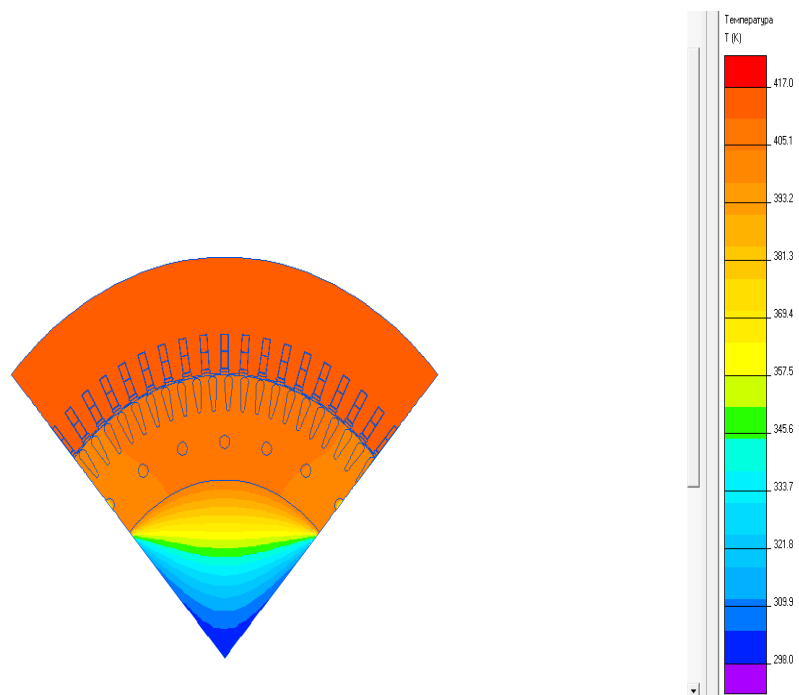


Рис. 3. Температурная картина поля тягового двигателя

В результате сравнения двух вариантов расчета получили одинаковые значения температур в двигателе, с расхождением результатов не более 5%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование тяговых электрических машин.: Учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / Под ред. М.Д. Находкина. - М.: Транспорт, 1967. – 536 с.
2. Алексеев А.Е. Тяговые электрические машины и преобразователи. - Л.: Энергия, 1977. - 445 с.
3. Проектирование электрических машин; Учеб. Пособие для вузов/ И.П.Копылов, Ф.А. Горяинов, Б.К. Клюков и др.; Под ред. И.П. Копылова М.; Энергия, 1980.- 496 с.,илл.
4. Сипайлов Г.А., Санников Д.И., Жадан В.А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах. Высшая школа, 1989 . – 239 с

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ШЕСТЕРЕНЧАТЫХ НАСОСОВ НА ПРИМЕРЕ НШН-600

Массон И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

При выборе насосного оборудования необходимо принять во внимание целый ряд факторов, в число которых входят цель использования насоса, объем перекачиваемой жидкости, физические и химические свойства перекачиваемой жидкости и условия эксплуатации насоса. Для решения этих задач существует множество разновидностей насосов с различными техническими характеристиками. Самое главное — правильно подобрать насос для своих целей. В рамках данной работы был рассмотрен шестеренчатый насос с внутренним зацеплением зубьев.

Свое название шестеренчатые насосы получили по той причине, что его неотъемлемыми органами являются шестерни, в основном эвольвентного зацепления с косыми, прямыми и шевронными зубьями. Шестерни установлены на ведущем и ведомом валах, соединенных муфтой с электродвигателем. Шестеренные насосы НШН и насосы НМШ бывают с внутренним или внешним зацеплением шестерен.

Принцип действия шестеренного насоса с внешним зацеплением состоит в следующем. Ведущая шестерня находится в постоянном зацеплении с ведомой и приводит её во вращательное движение. При вращении шестерён насоса в противоположные стороны в полости всасывания зубья, выходя из зацепления, образуют разрежение (вакуум). За счёт этого из гидробака в полость всасывания поступает рабочая жидкость, которая, заполняя впадины между зубьями обеих шестерён, перемещается зубьями вдоль цилиндрических стенок колодцев в корпусе и переносится из полости всасывания в полость нагнетания, где зубья шестерён, входя в зацепление, выталкивают жидкость из впадин в нагнетательный трубопровод. При этом между зубьями образуется плотный контакт, вследствие чего обратный перенос жидкости из полости нагнетания в полость всасывания ничтожен. Смазка движущихся элементов насоса производится перекачиваемой жидкостью (масло, расплав полимера и др.), для поступления смазывающей жидкости к зонам трения конструкцией насоса предусматриваются специальные каналы в корпусных деталях насоса.

Область применения шестеренчатых насосов необычайно широка. Они отлично зарекомендовали себя как для перекачки низковязких жидкостей, так и высоковязких, от шоколада до топлива и масла. Шестеренчатые насосы имеют прочную конструкцию для обеспечения

долгого срока эксплуатации. В рамках нефтехимической отрасли шестеренчатые насосы имеют весьма широкое применение в областях, связанных с продуктами нефтехимической промышленности.

Высокопроизводительные насосы можно использовать для загрузки и разгрузки цистерн, для транспортировки минерального масла, асфальта, асфальтовой эмульсии. Насосы с меньшей производительностью могут работать при перекачке этих жидкостей между емкостями. Основные преимущества шестеренчатых насосов заключаются в простоте их конструкции, в их способности работать при высокой частоте вращения, в их высокой надежности при работе. Также они обеспечивают равномерную подачу жидкости. Основные недостатки шестеренчатых насосов заключаются в нерегулируемости рабочего объема, в высоких требованиях к качеству изготовления шестерен и пластин, образующих корпус. Также, стоит принять во внимание тот факт, что стоимость насоса резко повышается, если необходимо обеспечить надежность работы насоса при давлениях свыше 30 МПа. Для обеспечения работы при высоких давлениях необходимо использовать дорогостоящие материалы для изготовления шестерен и валов.

Анализ надежности работы шестеренчатых насосов был проведен на примере насоса НШН-600, хорошо зарекомендовавшего себя при тушении пожаров. НШН-600 предназначен для подачи пресной воды с содержанием твердых включений не более 0,5% по массе при тушении пожаров и для иных хозяйственных нужд. НШН-600 способен обеспечивать не только подачу пресной воды, но и различных водных растворов на основе реагентов или полимеров, смягчающих воду и образующих пену. Это позволяет не только потушить пожар, но и защитить от открытого пламени близлежащие объекты. Шестеренный навесной насос НШН-600 предназначен для установки на бампер автомобиля или трактора и в основном крепится к пожарной технике. Насос НШН может быть установлен на бамперах шасси таких автомобилей, как ГАЗ-51, ЗИЛ-130, ГАЗ-53, а также трактора Т-40. В действие оборудование приводит храповик коленчатого вала двигателя транспортного средства.

Основные технические характеристики насоса, размеры его элементов и масса представлены в табл.

Таблица. 1.

Наименование	НШН-600
Производительность, об/мин, не менее	600
Наибольшая геометрическая высота всасывания, м	6,5
Внутренний диаметр всасывающего патрубка, мм	74
Внутренний диаметр напорного патрубка, мм	62
Рабочее давление, МПа	0,45
Масса, кг	30
Габаритные размеры, мм	350x310x240

Насос состоит из следующих составных элементов (Рис. 1):

- Напорный патрубок.
- Корпус насоса.
- Соединительный канал.
- Заглушка.
- Предохранительный клапан.
- Шестерня.
- Всасывающий патрубок.
- Основание.
- Крышка.
- Ведомый вал.

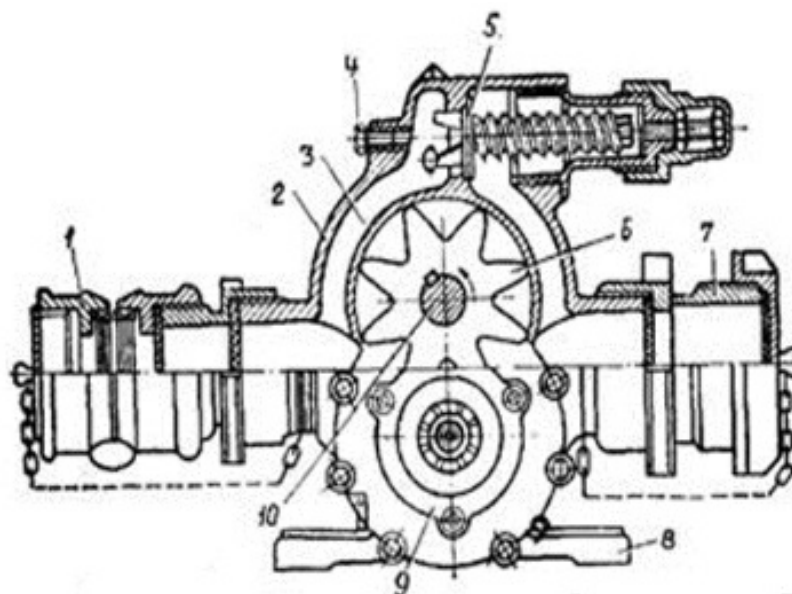


Рис. 1. Схема насоса НШН-600

Корпус насоса НШН-600 отлит из чугуна, имеет две внутренние цилиндрические расточки, всасывающий и напорный патрубки с соединительным каналом, основа с лапами отверстиями. В цилиндрических расточках размещаются две стальные шестерни с одинаковым числом зубьев эвольвентного профиля. Шестерни крепятся на ведущем и ведомом валах, опорами которых есть шарикоподшипники. Соединительный канал всасывающего и напорного патрубков запирается предохранительным клапаном, при повышении напора (в случае залома рукавной линии или перекрытия крана в стволе) открывается и обеспечивает переток воды из напорной полости насоса во всасывающую. В верхней части корпуса насоса НШН-600 имеются два резьбовых отверстия, одно из которых сообщается с напорной полостью насоса и в него может быть ввернут манометр, другое - с всасывающей полостью, и его можно использовать для установки мановакуумметра или для заливки воды в полость насоса и всасывающий рукав. Корпус насоса с обеих сторон закрывается крышками, в которых имеются гнезда для шарикоподшипников и армированных резиновых сальников. Сальники сохраняют подшипники от попадания в них воды из корпуса насоса. Смазка подшипников осуществляется через две пресс-масленки, установленные на крышках насоса. Соединение корпуса насоса с крышками бесшовное, герметичность обеспечивается затягиванием гаек и шпилек. Зазор в пределах от 0,08 до 0,18 мм между торцами шестерен и крышкой корпуса дает возможность получить достаточно высокий вакуум для подсоса воды.

В заключении можно сделать вывод, что шестеренчатые насосы обеспечивают очень высокую надежность и качество выполнения работы при применении по своему прямому назначению – перекачке низко- и высоковязких жидкостей с содержанием примесей не более 0,5% из одного резервуара в другой, а также при использовании их для тушения пожаров.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСЕВЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Пушкарев И.И., Ильченко И.С.

Открытое акционерное общество «Томский электромеханический завод
им. В.В. Вахрушева», г. Томск

Целью проведения испытаний вентиляторов является подтверждение их расчетных характеристик. Испытания являются единственным надежным средством определения аэродинамических характеристик

вентиляторов. В зависимости от условий проведения различают лабораторные и промышленные испытания. Лабораторным испытаниям подвергают вентиляторы небольших размеров и геометрически подобные модели крупных вентиляторов. Лабораторные испытания являются не только средством получения характеристик, но и служат необходимым этапом в процессе «доводки» модели, т.е. доведения параметров модели до требуемых значений путем доработки конструкции.

При проведении лабораторных испытаний создаются условия, позволяющие определить характеристику модели с максимальной возможной точностью. Измерения проводятся при установившемся режиме работы вентилятора.

При испытаниях определяют подачу, полное давление воздуха, потребляемую мощность, полный коэффициент полезного действия.

Испытания вентиляторов проводят на специальных стендах.

Рассмотрим стенд, состоящий из испытуемого вентилятора, присоединенного к нему нагнетательного трубопровода, диаметр которого должен быть равен диаметру выходного отверстия вентилятора, а длина не менее пяти его диаметров. Вентилятор забирает воздух из помещения и подает его в нагнетательный воздухопровод. В нагнетательном воздухопроводе установлены приемники статического давления и производительности вентилятора, а также дросселирующее устройство с рассредоточенным сопротивлением для изменения сопротивления сети. В качестве расходомерного устройства в данном испытательном стенде служит сопло Вентури со встроенным приемником полного давления (трубкой Пито) и приемниками давления в количестве не менее четырех с радиальными отверстиями диаметром от 3 до 5 мм. Для измерения статического давления на стенках трубопровода стенда устанавливают не менее четырех приемников в виде круглых отверстий диаметром от 2 до 5 мм, расположенных равномерно по сечению трубопровода и соединенных между собой каналом связи, площадь сечения которого не менее суммы площадей отверстий. Допускается соединение отдельных приемников давления в единый коллектор трубками одинакового сечения и длины. Перед измерительными сечениями, в которых расположены приемники давления, устанавливаются спрямляющие и выравнивающие поток устройства – струевыпрямители, что выравнивает поле скоростей воздушного потока и позволяет получить стабильные параметры. Состояние потока в измерительных сечениях стенда определяется путем измерения динамических и статических (полных) давлений не менее чем в пяти точках измерительного сечения. Координаты точек измерения должны соответствовать центрам равновеликих элементарных площадей, на которые условно разделяют измерительное сечение. Разность давлений

в отдельных точках измерительного сечения не должна превышать 30 Па. При неудовлетворительных результатах проверки необходимо увеличить длину трубопровода либо изменить конструкцию струевыпрямителя.

После измерения перепада давления в расходомере, статического давления в трубопроводе, мощности, потребляемой электродвигателем вентилятора из сети, производится расчет следующих величин: подачи воздуха, полного и динамического давления, полного коэффициента полезного действия, мощности на валу электродвигателя.

Аэродинамические характеристики, полученные в результате испытаний, изображаются графически с целью получения следующих зависимостей: мощности на валу электродвигателя от подачи, коэффициента полезного действия от подачи, полного давления от подачи.

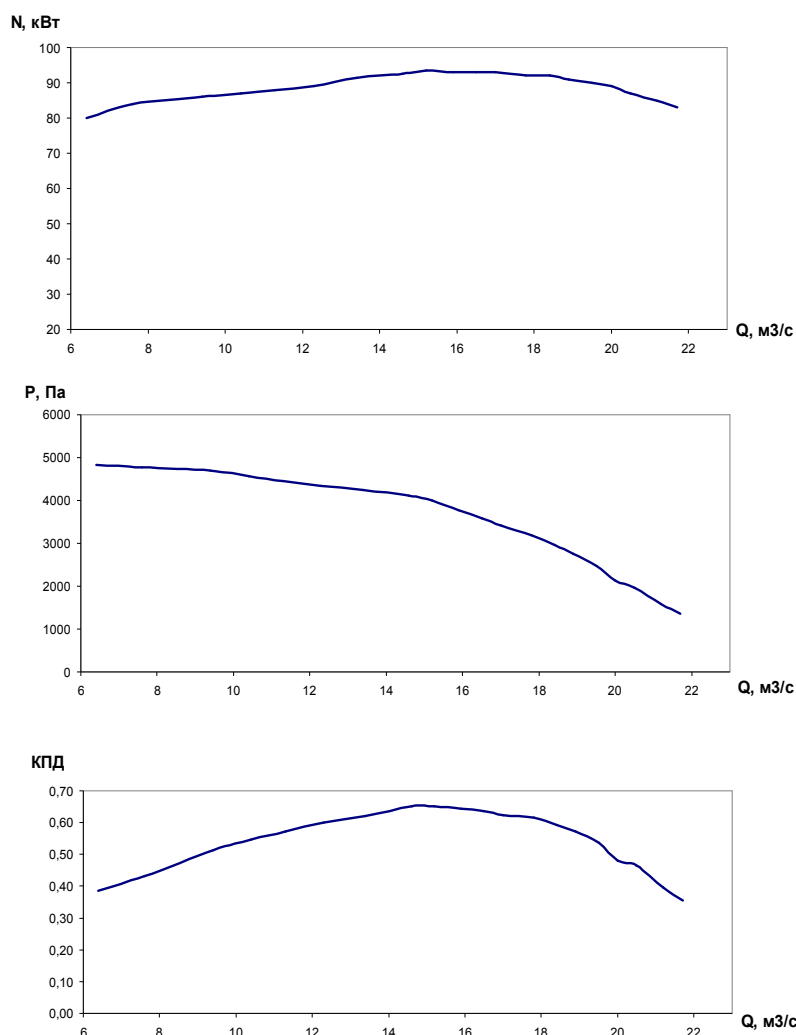


Рис. 1. Аэродинамические характеристики вентилятора

Для вентиляторов, имеющих устройства для регулирования, строятся семейство кривых, каждая из которых соответствует определенному положению регулирующего устройства. Каждая из приведенных кривых строится по числу точек, соответствующих не менее 10 режимам работы вентилятора.

Таким образом, по полученным кривым потребитель имеет возможность провести подбор вентилятора под требуемые параметры с учетом сопротивления сети воздухопровода и требуемого количества воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 10921-90 Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний.
2. ГОСТ 8.586.1-2005 Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования.
3. ГОСТ 6625-85 Вентиляторы шахтные местного проветривания. Технические условия.
4. Вентиляторы и дымососы/ А.Н. Шерстюк - Москва, Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1957 – 184 с.

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ ТРОЛЛЕЙБУСОВ

Фисюнова Е.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

На настоящий момент доля перевозок пассажиров транспортом повышенной пассажироместимости в России составляет 60 %, что предопределяет повышенные требования к надёжности несущих конструкций и электрооборудования. Проблема надёжности технических систем значительно обострилась, что вызвано их усложнением, ужесточением условий эксплуатации, увеличением числа возлагаемых на системы функций и их ответственности, повышением требований к точности и качеству выпускаемой продукции.

Технические решения при разработке новой модели должны приниматься по критерию более полного соответствия конструкции требованиям потребителей. На сегодняшний день обеспечение надёжности городского транспорта с высокими экономическими и эксплуатационными показателями становится актуальным. В случае отказа троллейбуса

каждый случай вызывает огромные убытки. Причем убытки связаны не только с тем, что значительное время оборудование простаивает в ремонте и поэтому имеет место недовыработка соответствующей прибыли, а также и с тем, что к восстановлению привлекается значительное количество ремонтного персонала высокой квалификации, требующей соответствующей оплаты за свой труд. Отказы оборудования в приводят не только к экономическим, но также к экологическим и социальным потерям.

Цель работы – исследование причин отказов, моделирование эксплуатационной надежности при эксплуатации городского транспорта в различных климатических условиях.

Томский троллейбус начал работать в Томске 5 ноября 1967 года. В настоящее время в городе имеется 8 маршрутов, на которых по состоянию на июнь 2011 года эксплуатируется 105 троллейбусов из них: ЗиУ-682 — 24, АКСМ-101 — 8, ЛиАЗ-5280 — 8, ЛиАЗ-52803 — 2, Тролза-5275.05М "Оптима" — 15, АКСМ-321 — 48. Длина всех линий составляет 93,4 км.

Эксплуатирует троллейбус Томское городское унитарное муниципальное предприятие «Трамвайно-троллейбусное управление». Весь парк обслуживает одно троллейбусное депо. Трамвайно-троллейбусное управление (ТГУ МП «ТТУ») — муниципальное предприятие в г. Томске, занимающееся эксплуатацией электротранспорта.

Троллейбус марки Trolza-527505M были введены в эксплуатацию в 2008 г. Данный троллейбус был специально спроектирован для сибирских условий. Троллейбус марки АКСМ-321 были введены в эксплуатацию в 2010 г. АКСМ-321 — белорусский низкопольный троллейбус большой вместимости для внутригородских пассажирских перевозок, производящийся с 2001 на Белкоммунмаше. Относится к третьему поколению троллейбусов, разработанных заводом. Модель троллейбуса используется во многих городах России, а также в Беларуси, Кыргызстане, Латвии, Молдавии, Сербии и на Украине.

Основные типичные виды отказов:

- показывает ток утечки;
 - выходят из строя герконы токоуловителя;
 - не размагничиваются катушки токоприемников;
 - электроника выдает ошибки;
 - зимой промерзают трубки компрессора;
 - зимой промерзают гидравлические трубки открывания дверей.
- Причины отказов:
- плохая сборка;
 - плохие силовые контакторы;
 - сильная подверженность влиянию погодных условий.

Исследование технического состояния и отказов электрооборудования (ЭО) троллейбусов произведено по данным в различных климатических условиях в период их нормальной эксплуатации, полученным во время прохождения научно-исследовательской практики в ТГУ МП «ТТУ». Исследование показало, что наиболее характерные неисправности электрооборудования троллейбусов:

- контакторы, реле;
- тяговый двигатель;
- эл. тормоз;
- прочее в/в оборудование;
- прочее н/в оборудование.

Исследование эксплуатационной надежности является одной из самых актуальных задач современной техники. Эта задача решается с применением методом теории надежности на всех этапах жизненного цикла электрических аппаратах – при проектировании, изготовлении и эксплуатации. На основе анализа эксплуатационной надежности можно разработать мероприятия по повышению безотказности и долговечности электрических аппаратов, сформулировать требования к заданным условиям эксплуатации и решить многие другие не менее важные задачи.

С помощью математического моделирования определим надежность ЭО троллейбуса. Построение математических моделей является достаточно сложным процессом и осуществляется по этапам. Основой для построения математических моделей являются физические законы, определяющие принципы функционирования технических объектов [3].

В качестве исходных параметров математической модели приняты:

- абсолютная частота отказов $n(\Delta s_i)$ - количество наработок на отказ;
- границы интервалов Δs_i км;
- количество интервалов m .

В качестве выходных параметров математической модели приняты следующие величины:

- Вероятность безотказной работы $P(s)$;
- Интенсивность отказов λ .

В качестве ограничения математической модели приняты следующие величины:

- Критерий Пирсона $\chi^2 < 9,4$.

На рис.1. представлена математическая модель эксплуатационной надежности электрооборудования троллейбуса.

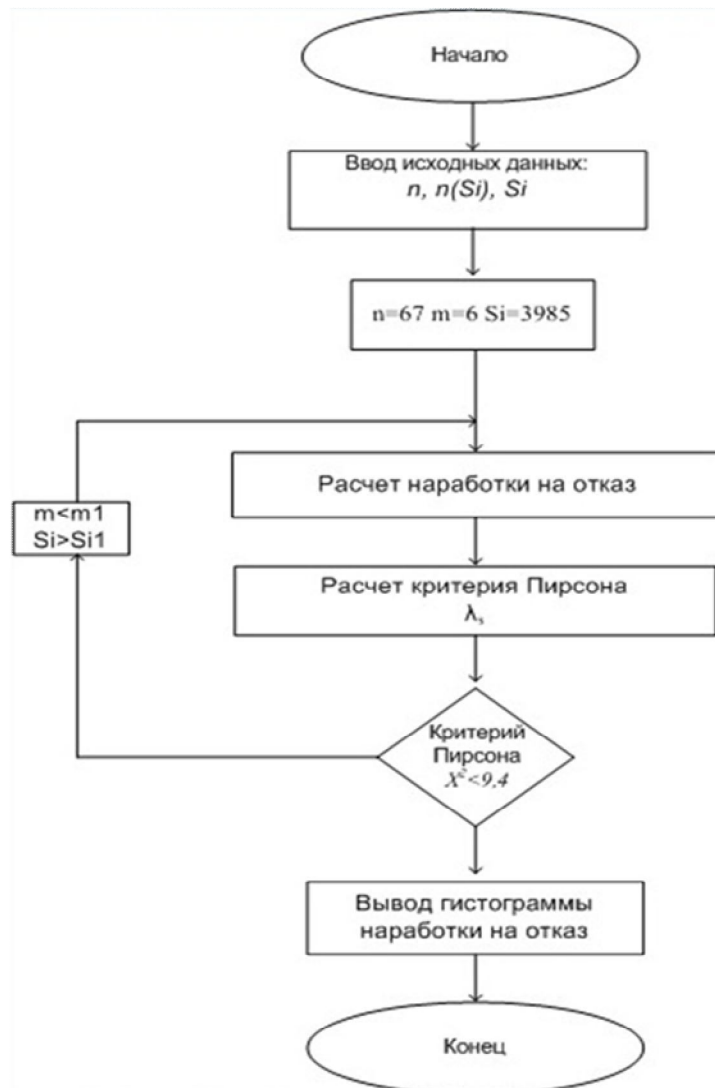


Рис.1. Математическая модель эксплуатационной надежности электрооборудования троллейбуса

Из полученных результатов, построим гистограмму наработки на отказ. На рис.2. изображена гистограмма наработки на отказ контакторов.

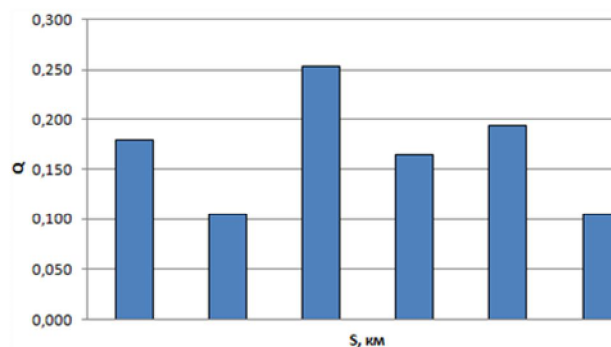


Рис.2. Гистограмма наработки на отказ контакторов

По виду гистограммы можно предположить, что случайная величина распределена по нормальному закону. Исходя из предложения о нормальном законе распределения, определим теоретические частоты. По полученным данным на рис.3. строим эмпирическое и теоретическое распределение отказов по степени выполнения норм.

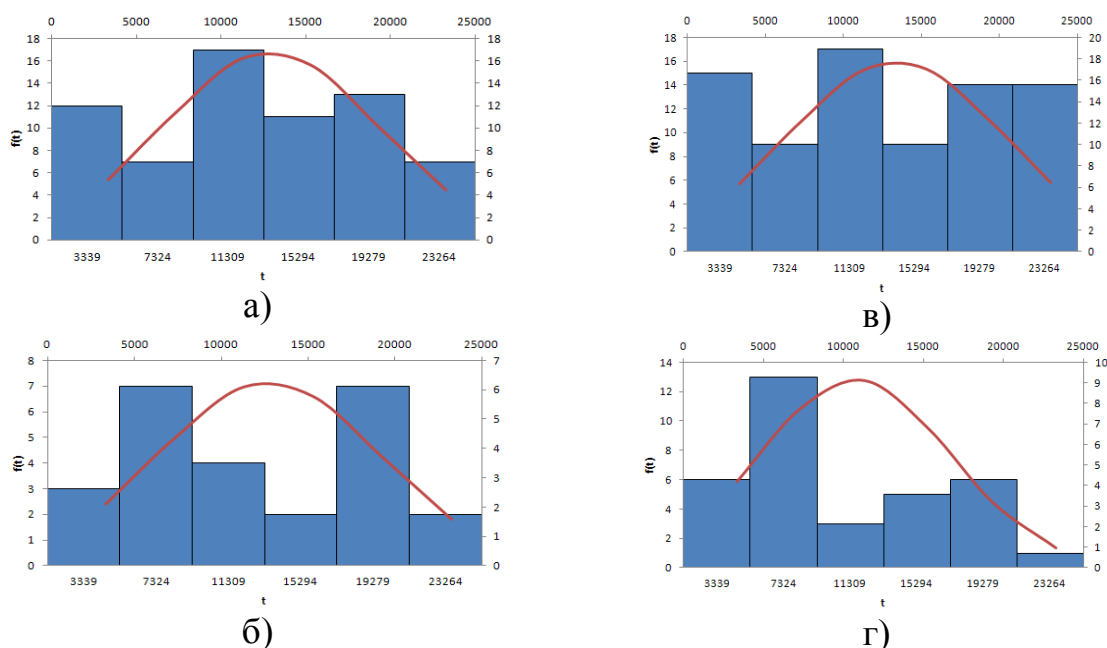


Рис.3. Эмпирическое и теоретическое распределение отказов по степени выполнения норм: а) контакторы; б) эл. тормоз; в) в/в оборудование; г) н/в оборудование

Таким образом, в результате данного расчета получены теоретические значения наработки на отказ электрооборудования троллейбусов. По данным эксплуатации рассчитана надежность по нормальному закону распределения отказов электрооборудования, который был принят после его проверки по критерию Пирсона, т.к. он является наиболее обобщенным и дает более глубокую информацию о состоянии ЭО. Предложенный принцип учета эксплуатационных данных является важным звеном в системе расчета эксплуатационной надежности, что позволяет обеспечить эффективность функционирования ЭО троллейбусов. Разработанный математический аппарат имеет практическую ценность, т.к. может быть легко внедрен для анализа надежности и оценки работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котельнец Н.Ф. Испытания, эксплуатация и ремонт электрических машин: Учебник.- М.: Академия, 2003.- 342 с.

2. Кузнецов Н. Л. Надежность электрических машин: учеб. пособие для вузов / Н. Л. Кузнецов – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. -432с.

3. Назарычев А.Н., Андреев Д.А. Методы и математические модели комплексной оценки технического состояния электрооборудования.- Иваново: Иван. гос. энерг. ун-т, 2005.-224 с.

4. Сборник задач по надежности электрических машин: учебное пособие / Н. Л. Кузнецов. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 408 с.: ил.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭРОЗИЯ ПОВЕРХНОСТИ УСКОРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА КООКСИАЛЬНОГО МАГНИТОПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ

Великосельский В.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Характерной особенностью электродинамических ускорителей с плазменным поршнем является сильная электрическая эрозия поверхности электродов. Для ускорителей макротел это явление носит негативный характер. Оно препятствует получению высоких кинетических параметров метания и исключает повторное использование ствола. С другой стороны это явление лежит в основе технологического использования ускорителей, получения порошкообразных материалов и нанесения функциональных металлических и композиционных покрытий. К этому типу относится рассматриваемый в настоящей работе гибридный коаксиальный магнитоплазменный ускоритель (КМПУ) [1]. В режиме ускорения электроразрядной плазмы КМПУ обеспечивает электроэрозионную наработку материала гиперзвуковых плазменных струй для нанесения покрытий. В связи с этим исследование электроэрозионного процесса наработки и выноса эродированной массы является актуальной задачей как с позиции определения наиболее значимых факторов и характера их влияния, так и поиска возможностей его подавления.

Устройство и принцип действия КМПУ в режиме ускорения электроразрядной плазмы при электропитании от емкостного накопителя энергии C показаны в [2]. Исследования проведены с использованием электродов – стволов из нержавеющей стали с диаметром от 16 мм до 24 мм. Этот материал наиболее приемлем для ствола ускорителя макротел. Актуальной является и задача нанесения покрытий состава нержавеющей стали на металлические поверхности.

Таблица 1.

Экспериментальные данные

№ опыта		1	2	3	4	5
Диаметр ускорительного канала, d	мм	16	16	16	19	24
Длина ускорительного канала, l	мм	271	272	272	270	274
Зарядное напряжение, U0	кВ	4	4	3	3	3
Емкость накопителя энергии, С	мФ	12	12	48	48	48
Максимальный ток, Im	кА	139	139	159	140	140
Напряжение дуги, Ud	кВ	1,80	1,78	1,80	2,08	2,19
Подведенная энергия, W	кДж	30,0	50,0	117,4	140,0	152,7
Эродированная масса, mэ	г	1,10	3,47	37,05	34,40	26,60
Скорость струи на срезе ствола, v	км/с	6,0	6,0	7,5	7,0	5,8
Заряд, q0	Кл	20	42	94	92	109
Время ускорения, t	мкс	75	72	60	66	80

В момент времени $t = 0$ по КМПУ начинает протекать ток $i(t)$, что видно на осциллограммах (рис.1). при достижении током некоторого уровня в момент t_1 происходит электровзрыв проводников, плазма разряда получает начальное ускорение. Затем подключается электротермический механизм, обеспечивающий ускорение плазмы за счет расширения газообразных продуктов термического разложения газогенерирующего вещества (технического вазелина). Дальнейший высокоэффективный разгон происходит с участием электродинамических сил.

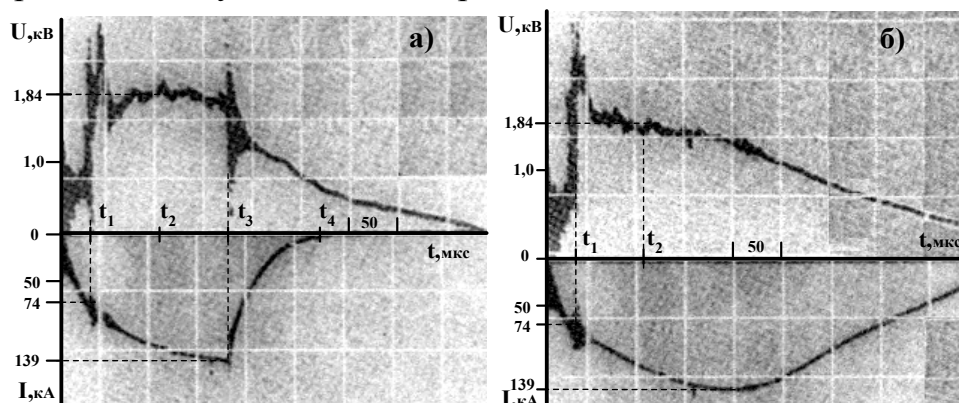


Рис.1. Осциллограммы рабочего тока $i(t)$ и напряжения $U(t)$ на электродах КМПУ: а) в режиме шунтирования с отсечкой хвостовой части импульса тока, б) в режиме полного импульса тока

Эрозия поверхности ствола происходит как за счет её разогрева и плавления металла в движущихся опорных пятнах плазменной перемычки, так и за счет излучения плазменного жгута. Подверженная эрозии поверхность состоит из многочисленных продольных треков, что говорит о том, что круговая плазменная перемычка представляет собой не сплошной проводящий диск, а несколько дискретных радиальных каналов. Причем трековая структура эродированной поверхности наблюдается как при однократном прохождении плазменной структуры ускорительного канала, так и при полном импульсе рабочего тока. Осциллограммы на рис.1 иллюстрируют режим с отсечкой хвостовой части импульса тока и режим полного импульса при прочих равных условиях (опыты 1 и 2 в табл.1). Из анализа данных таблицы 1 и эпюр на рис.2 следует, что с увеличением подводимой энергии W возрастает масса металла, эродированная и унесенная с поверхности ускорительного канала. А увеличение его

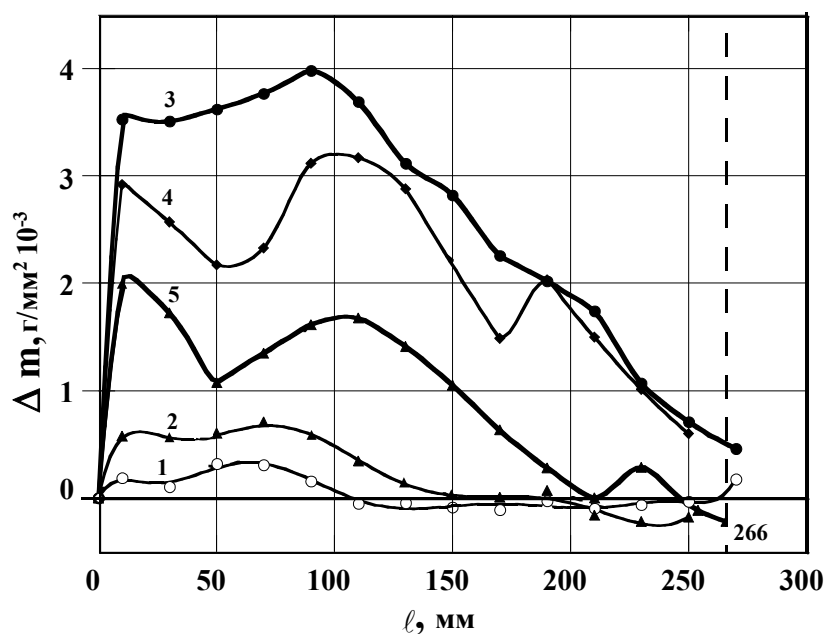


Рис.2. Эпюры дифференциальной эрозии по длине ускорительного канала. Номера кривых соответствуют номерам опытов в таблице 1, кривые 1 и 2 соответствуют осциллограммам а) и б) рис. 1

диаметра приводит к снижению эрозии даже при возрастании W . характер эрозии по длине ускорительного канала имеет общие закономерности. Высокий уровень на начальном участке обусловлен близостью канала у вершины центрального электрода, очага максимальной диссипации энергии. Далее, на участке (40÷70) мм эрозия уменьшается по мере удаления от центрального электрода. На большем удалении эрозия вновь увеличивается до некоторого максимума, в равных условиях

пропорционального W . Положение этого максимума смещается вправо с ростом W и увеличением диаметра ствола d , но не далее 150 мм. С дальнейшим увеличением расстояния эрозия плавно снижается. При относительно низкой энергии $W=(40\div 50)$ кДж на длине более (100÷180) мм эрозия отсутствует и имеет место наложение ранее эродированного металла. При энергии $W=(100\div 150)$ кДж эрозия происходит на длине (270÷280) мм. Наиболее равномерный износ ствола и наработка (80÷90) % эродированной массы обеспечиваются на длине (170÷190) мм.

Наличие второго максимума эрозии является следствием ударно-волнового процесса в плазменной струе. Установленный экспериментально волновой характер изменения скорости плазменной структуры по всей вероятности обусловлен газодинамическими закономерностями сверхзвуковых течений в каналах и соплах [3]. Динамика движения разряда дает основания предположить, что в ускорительном канале формируется квазистационарный режим сверхзвукового течения с бочкообразной ударно-волновой структурой, с одним или несколькими скачками уплотнения. В них имеет место снижение числа Маха (скорости), и, следовательно, увеличение давления, плотности и температуры. Таким образом, проведенные экспериментальные исследования позволили определить наиболее значимые факторы, влияющие на величину электрической эрозии ускорительного канала КМПУ и установить основные закономерности его электроэрозионного износа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивков А.А. Гибридная электромагнитная система метания твердых тел // ПМТФ. 2001. Т.42. № 1. с. 3-12
2. Сивков А.А., Корольков Л.В., Сайгаш А.С. Нанесение медного покрытия на алюминиевые контактные поверхности с помощью магнитоплазменного ускорителя // Электротехника. 2003. №8. с.41-46.
3. Пирумов У. Г., Росляков Г. С. Газовая динамика сопел. М.: Наука, 1990.

СТАЦИОНАРНОЕ ВРАЩЕНИЕ НЕУРАВНОВЕШЕННОГО РОТОРА, ЧАСТИЧНО ЗАПОЛНЕННОГО ЖИДКОСТЬЮ ПРИ ДЕЙСТВИИ СИЛ ВНЕШНЕГО ТРЕНИЯ

Пономарёв А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Введение

В данной статье, в рамках плоской модели, изучается вращение ротора со слоем жидкости на стенке камеры при вязкоупругом действии вала. Предполагается, что границей свободной поверхности жидкости является окружность с центром на оси вращения, а сама она вращается вместе с ротором, как твердое тело.

Материал и методы исследования

Исследование жидкостных автоматических балансирных устройств (АБУ) сводится к задаче о движении вращающихся тел с полостями, частично заполненными жидкостью [1]. Эта задача сопряжена с математическими трудностями, т.к. требует рассмотрения совместного движения твердого тела и жидкости. Известно ограниченное количество работ, в которых решается указанная задача применительно к АБУ. Так в [2] рассмотрена устойчивость стационарного вращения ротора, частично заполненного жидкостью со свободной поверхностью. Изгибные колебания вала с неуравновешенным диском на нем изучены в [5]. В [3] показано влияние жидкости во вращающемся роторе на автоматическую балансировку механической системы без учета сил сопротивления. Ниже рассматривается установившееся движение неуравновешенного ротора с жидкостью при наличии внешнего сопротивления.

Результаты исследования и их обсуждение

Пусть ротор 1 (рис. 1), содержит камеру 2 частично заполненную однородной несжимаемой жидкостью 3, симметрично закреплен на гибком вертикальном валу, проходящем через геометрический центр O_1 . Центр масс ротора (точка P) смещен от O_1 на расстояние $O_1P=e$. При вращении ротора вал смещается на величину $O_2O_1=a$, а несжимаемая однородная жидкость, плотностью ρ , перетекает в сторону прогиба вала. При установившемся движении жидкость во вращающемся роторе занимает цилиндрический слой высотой h , свободной поверхностью которого является окружность радиуса r_2 с центром на оси вращения AB (точка O_2) и вращается с угловой скоростью $\omega = \dot{\beta}(t) = const$ [4]. Отсюда центр масс слоя жидкости находится на линии центров O_2O_1 в точке G , а движение ротора является плоским.

Введем в плоскости движения точек O_1 , G , P две системы координат с общим началом в точке O_2 на линии AB : неподвижную систему $O_2\xi\eta$ и подвижную O_2xy , ось x которой параллельна отрезку O_1P . Угловые скорости вращения ротора и системы O_2xy одинаковые, следовательно, ротор в подвижной системе координат неподвижен. За обобщенные координаты возьмем координаты точки O_1 в подвижной системе O_2xy – x, y .

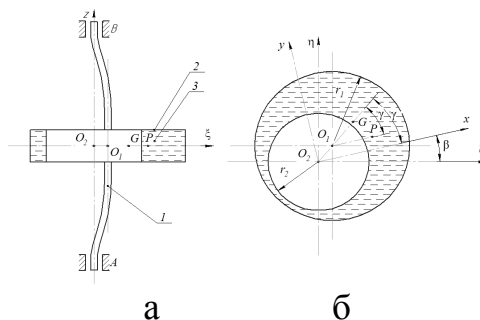


Рис.1. а – Схема закрепления ротора; б – Сечение ротора с жидкостью

На ротор со стороны вала действует сила упругости $\overline{F}_c = -c \overline{O_2O_1}$ и сила внешнего трения, приложенная в точке O_1 , пропорциональная абсолютной скорости \overline{V}_{O_1} этой точки, $\overline{F}_\chi = -\chi \overline{V}_{O_1}$. Где c и χ коэффициенты упругости и внешнего трения. Природа этих сил подробно изложена в [5]. Так, силы внешнего трения вызваны вязким сопротивлением внешней среды, опор, специальных демпферов и зависят от скоростей абсолютных перемещений точек ротора и вала; силы внутреннего трения порождаются сопротивлением частиц материала и в первом приближении принимаются пропорциональными скорости деформации вала. Согласно принципу Даламбера имеем уравнение равновесия главных векторов внешних сил и сил инерции:

$$-c \overline{O_2O_1} - \chi \overline{V}_{O_1} - m_1 \overline{a}_P^e - m_2 \overline{a}_G^e = 0 \quad (1)$$

Здесь m_1 и m_2 – массы ротора и жидкости, \overline{a}_P^e и \overline{a}_G^e – переносные ускорения точек P и G соответственно. Координаты этих точек определяются выражениями (2):

$$x_P = x + e, \quad y_P = y, \quad x_G = rx, \quad y_G = ry,$$

где $r = r_1^2 / (r_1^2 - r_2^2)$ – коэффициент, характеризующий наполнение камеры; r_1 – радиус камеры, r_2 – радиус внутренней поверхности жидкости.

Проецируя (1) на оси x, y и используя (2) для вычисления \overline{V}_{O_1} , \overline{a}_P^e и \overline{a}_G^e , получаем уравнения стационарного движения системы:

$$\begin{aligned} cx - \chi\omega y - m\omega^2 x &= m_1 e \omega^2; \\ cy + \chi\omega x - m\omega^2 y &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь $m = m_1 + r m_2$, m_1 – масса ротора, m_2 – масса жидкости.

Из уравнения равновесия моментов всех сил относительно оси АВ, можно определить вращающий момент, приложенный к валу со стороны двигателя. Считаем, что двигатель развивает усилие, обеспечивающее заданное вращение ротора.

Решение уравнений (3) имеет вид:

$$\begin{aligned} x &= \frac{m_1 e \omega^2 (c - m\omega^2)}{(c - m\omega^2)^2 + \chi^2 \omega^2}; \\ y &= -\frac{m_1 e \chi \omega^3}{(c - m\omega^2)^2 + \chi^2 \omega^2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Полагая в (4) $\chi=0$, получаем решение для однокамерного АБУ без внешнего сопротивления, рассмотренное в [9]. По формулам (4), (2) вычисляется прогиб вала $a = \sqrt{x^2 + y^2}$ и отклонение центра масс системы

от оси АВ $r_c = \frac{\sqrt{(x_P m_1 + x_G m_2)^2 + (y_P m_1 + y_G m_2)^2}}{(m_1 + m_2)}$, которые в безразмерных переменных принимают вид (5):

$$\begin{aligned} a^* &= \frac{a}{e} = \frac{z}{\sqrt{D}}; \quad r_c^* = \frac{r_c}{e} = \frac{\sqrt{1+nz}}{(1+\mu)\sqrt{D}}; \\ D &= [1 - (1+r\mu)z]^2 + nz, \end{aligned}$$

где $z = m_1 \omega^2 / c$ – квадрат отношения частоты вращения к собственной частоте ротора, $n = \chi^2 / (c m_1)$ – безразмерный коэффициент сопротивления, $\mu = m_2 / m_1$ – отношение массы жидкости к массе ротора.

Угол сдвига фазы движения γ определяется формулой:

$$\operatorname{tg} \gamma = y/x = -\frac{\chi\omega}{c - m\omega^2}. \quad (6)$$

Это выражение соответствует отсутствию жидкости, т.е. при $m=m_1$.

Из выражений (4–6) следует, что при $\omega \rightarrow \infty$ ($z \rightarrow \infty$) $a \rightarrow m_1 e / m$, т.е. прогиб вала становится меньше неуравновешенности e , т.к. $m_1 / (m_1 + r m_2) < 1$; $r_c \rightarrow 0$, $\gamma \rightarrow \pi$, $x \rightarrow -m_1 e / m$, $y \rightarrow 0$; координаты центров масс ротора и слоя жидкости принимают значения: $x_P = r m_2 e / m$, $y_P = 0$; $x_G = -r m_1 e / m$, $y_G = 0$.

Таким образом, при больших угловых скоростях вращения ротора ω центр масс системы стремится занять положение на оси вращения АВ; происходит самоцентрирование системы.

Видно, что с увеличением массы жидкости в роторе происходит уменьшение критической скорости, при которой прогиб вала достигает

максимума (появляется резонанс) [6]. Дальнейший анализ расчетов показывает, что с увеличением внешнего сопротивления при неизменном μ критическая скорость и соответствующий ей прогиб уменьшаются, а самоцентрирование системы ($rc \rightarrow 0$) ускоряется.

При постоянном сопротивлении ($n = \text{const}$) увеличение массы жидкости (параметра μ) так же ускоряет самоцентрирование системы. Критическая частота вращения ротора при одних и тех же значениях n и μ уменьшается с ростом параметра r .

Заключение

Результаты проведенной работы показывают, что увеличение массы жидкости в роторе уменьшает его критическую скорость вращения. Внешнее трение ускоряет самоцентрирование системы. Полученные соотношения позволяют производить выбор конструктивных параметров жидкостного АБУ, работающего в заданном диапазоне угловых скоростей ротора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саруев Л.А., Пашков Е.Н., Мартюшев Н.В. Математическое моделирование гидроимпульсного механизма бурильных машин // В мире научных открытий. - 2010 - №. 6-3 (13) - С. 61-65.
2. Пашков Е.Н., Мартюшев Н.В., Кузнецов И.В. Исследование эффективности балансировки жидкостным автобалансирующими устройствами // Современные проблемы науки и образования – 2013. – № 1. – с. 2. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/107-7919>
3. Пашков Е.Н., Мартюшев Н.В., Кузнецов И.В. Влияние эллипсности и эксцентриситета резервуара на точность автоматической балансировки // Современные проблемы науки и образования – 2013. – № 2. – с. 8. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/108-8472>
4. Пашков Е.Н., Мартюшев Н.В., Зиякаев Г.Р., Кузнецов И.В. Стационарное вращение неуравновешенного ротора, частично заполненного жидкостью при действии сил внешнего трения // Современные проблемы науки и образования – 2012. – № 6. – с. 102. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/106-7825>
5. Мартюшев Н.В. Расчет параметров структуры материалов с помощью программных средств // В мире научных открытий. - 2011 - №. 1 (13) - С. 77-82.
6. Пашков Е.Н., Мартюшев Н.В. MATERIALS AND ENGINEERING SCIENCE (УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 2. – с. 126-127.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Кортенко А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Проблема энергосбережения на сегодняшний день является все более актуальна не только в России, но и в мировом аспекте. В нашей стране эта проблема особенно актуальна для экономики, поскольку у нас по общемировым показателям на много раз выше энергоемкость промышленного производства. Данная проблема все больше обостряется в связи с увеличением стоимости энергоносителей. Из-за этого конкурентоспособность российской продукции в большей степени зависит именно от экономного расходования электроэнергии. На данный момент проектирование энергоэффективных электрических машин в России является первоочередной задачей энергосбережения страны в целом. У нас в стране производителями проводится внушительный объем научных и технических мероприятий по развитию разработки и производства электрических машин. В них входит производство новых изоляционных материалов и обмоточных проводов, усовершенствование конструкции в целом, а также пазовых зон, проработки систем отвода тепла, введение новых технологий, в которых содержится большой коэффициент заполнения паза, пакетов статора и ротора сталью [1].

Целью работы является моделирование энергоэффективных АД.

Большинство энергоэффективных асинхронных двигателей имеют повышенный КПД за счет уменьшения потерь, благодаря применению более качественной стали, увеличению количества активного материала – железа, медь и алюминий. Кроме энергосбережения эти двигатели имеют: увеличенный срок службы подшипников и обмотки за счет меньшей температурной нагрузки, позволяют выдерживать большие перегрузки в номинальном режиме и производят меньше шума. Данные асинхронные двигатели более устойчивы к колебаниям напряжения и имеют выше коэффициент мощности. Производители этих двигателей часто предоставляют более длительный гарантийный срок, чем на стандартные электродвигатели.

Энергоэффективностью асинхронных двигателей характеризуется уровнем КПД. В Европейском сообществе и Российской Федерации одновременно в 2000 г. были приняты нормы на КПД АД. Эти нормы предусматривают три уровня КПД:

- нормальный;
- повышенный;

- высокий [2].

В работе были промоделированы энергоэффективные асинхронные двигатели. Моделирование было проведено на асинхронных двигателях серии АИР. Результаты моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты моделирования энергоэффективных АД

Электро- двигатель	Мощность кВт	КПД	МАl , кг	МСu , кг	МСт , кг	ΔМАl , %	ΔМСu , %	ΔМСт , %
АИР80В4	1,5	0.841	2.6	1.5	13.1	49.8	88.1	68.1
АИР112М4	5,5	0.886	5.6	3.6	35.6	36.6	70.4	78.8
АИР132М4	11	0.905	7.6	6.1	63.2	80.3	84.4	65.2

Обозначения в таблице 1: МАl – масса потраченного алюминия, МСu – масса потраченной меди, МСт – масса потраченной стали, ΔМАl – возрастание количества алюминия, ΔМСu – возрастание количества меди, ΔМСт – возрастание количества стали.

Исходные значения для электродвигателей АИР80В4, АИР112М4 и АИР132М4 находятся на нормальном уровне. В результате моделирования увеличился расход активных материалов и при этом КПД соответствует высокому уровню. Расход алюминия возрос на 36,6-80,3%, меди на 70,4-88,1% и расход стали возрос на 65,2-78,8%. Поэтому, моделирование энергоэффективных асинхронных двигателей показывает, что переход КПД с нормального уровня на высокий уровень связан с большими затратами активных материалов такие как: алюминия, меди и стали. В дальнейшем будет проведено экономическое исследование для оценки эффективности применения энергоэффективных асинхронных двигателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия России на период до 2020 г. // ТЭК. – 2003. – № 2. – С. 5–37.
2. Кравчик А.Э., Лазарев М.В., Русаковский А.М. Перспективы разработки и производства стандартных АД. // Электротехника. -2005. -N5. -С.3- 8.
3. Проектирование электрических машин. И.П. Копылов; Под ред. И.П. Копылова— М.: Высш. шк., 2005

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Гулин А.О.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Температура как физическая величина является одним из определяющих параметров состояния, позволяющих контролировать протекание самых различных производственных процессов. Измерение температуры – важнейший источник информации о ходе физических явлений и об изменении состояния вещества. Поскольку из всех термодинамических функций состояния вещества температура наиболее изучена в метрологическом отношении, ее практически оказывается полезным измерять взамен прямого измерения ряда характеристик объекта, зависящих от его состояния и непосредственно интересующих технолога. К таким характеристикам относятся энергия вещества, его химическая активность, вязкость, твердость, изменение его химического или фазового равновесия, скорость изменения структуры, тепловое расширение, изменение электрических и магнитных свойств и т.д [1].

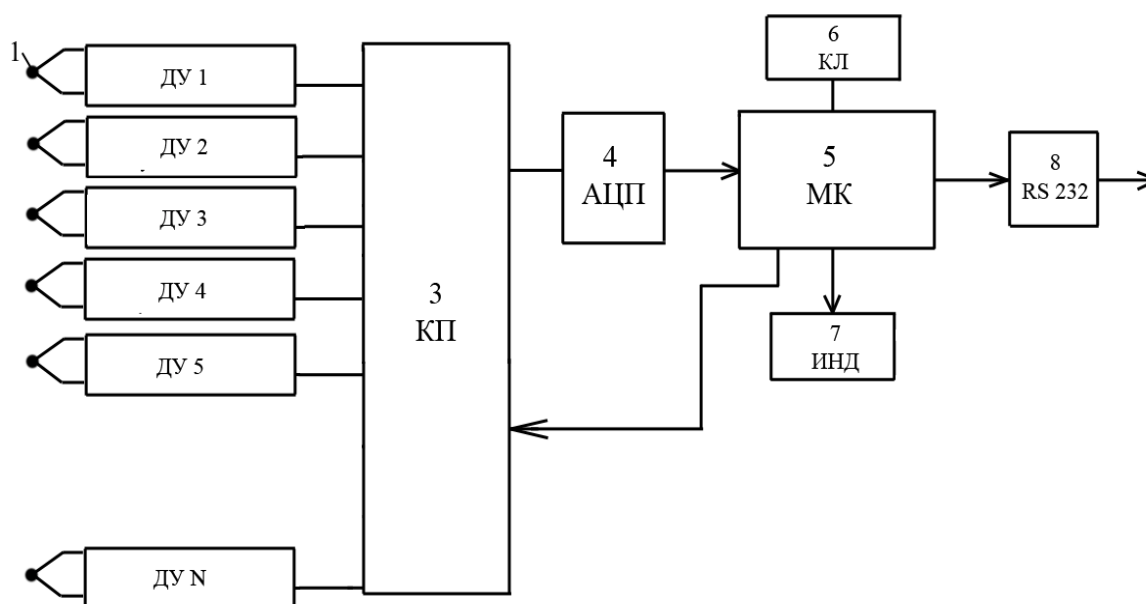


Рис. 1. Принципиальная схема устройства для измерения температуры

В то же время измерению температуры контактными методами с помощью термометров, приводимых в тепловой контакт с объектом измерения, присущи специфические трудности, резко возрастающие по мере повышения температуры. Эти трудности связаны с выбором материала для чувствительного элемента, которые бы обеспечивали стабильность показаний и минимальное воздействие на объект измерений,

с выбором изоляционных материалов для электрических термометров. Погрешности, связанные при контактных измерениях с несовершенством теплового равновесия между термометром и объектом, с плохим тепловым контактом и посторонними тепловыми влияниями могут быть значительными. Для реализации специфических исследовательских задач на кафедрах МТМ и ПМЭ был изобретен прибор для автоматической фиксации точных значений температуры в течении времени в нескольких точках [2]. Изобретение относится к технике измерения физической температуры объекта с помощью термопары. Перед проектированием устройства был произведен поиск уже существующих аналогов и анализ их особенностей. Первым было найдено устройство для измерения температуры, патент РФ №2437068 от 2010.06.30 – пирометр, включающий первый и второй каналы, каждый из которых содержит оптоэлектронный преобразователь и синхронный детектор. Пирометр содержит оптически связанный с первым и вторым каналами модулятор излучения, оптически связанный со вторым каналом источник опорного излучения и соединенный с выходами каналов процессор, подключенный к регистратору [3]. Пирометр содержит источник шумового излучения, который подключен к процессору, и блок управления, подключенный к источнику шумового излучения и синхронным детекторам обоих каналов.

Недостатком данного изобретения является то, что оно позволяет измерить лишь температуру поверхности объекта. Температуру внутренних слоев объекта измерения с помощью этого прибора измерить нельзя.

Следующим найденным прибором было устройство для измерения температуры, АС №839370 от 2005.05.27, содержащее термочувствительный элемент, соединенный с ядерно-квадрупольным резонансным детектором, усилитель, генератор линейно изменяющегося напряжения, две цепи перестройки резонансной частоты, коммутирующий ключ, пороговый блок, вход которого подключен к выходу усилителя, а один из выходов блока к блокирующему входу генератора линейно изменяющегося напряжения; второй выход - инверсный - к управляющему входу коммутирующего ключа, и включенного в цепь информационного высокочастотного выхода ядерно-квадрупольного детектора, аналоговый выход которого подключен через усилитель к одной из цепей перестройки резонансной частоты, а вторая цепь перестройки резонансной частоты подключена к выходу мостовой схемы [4]. В устройство введены датчик температуры и мостовая схема измерения его сигнала. В устройстве пороговый блок выполнен в виде триггера Шмидта.

Недостатком устройства является то, что оно позволяет измерять температуру лишь в одной точке и достаточно сложно в изготовлении из-за большого количества элементов.

Наиболее близким к предъявляемым требованиям стало устройство для измерения температуры с непосредственным отсчетом (патент РФ №2017088). Изобретение относится к температурным измерениям с использованием термопары, датчика температуры, первого и второго дифференциального усилителя, источника опорного напряжения [5].

Недостатком данного изобретения является его неспособность измерять одновременно температуру в нескольких точках, кроме того данный прибор не может осуществлять запись значений измерений для последующей обработки.

В итоге задача разработчиков стало создание измерителя, одновременно снимающего показания в интервале температур в нескольких точках исследуемого объекта и сохраняющего их для дальнейшей обработки.

Спроектированное устройство для измерения температуры, содержит термопары, дифференциальные усилители. Каждая из термопар подключена к входу своего дифференциального усилителя, выход которого подключен к входу общего компаратора. Компаратор подключен к входу аналогово-цифрового преобразователя, выход которого подключен к входу микроконтроллера и соединенного первой шиной обмена данных с клавиатурой, второй шиной обмена данных с портом связи с компьютером RS232, первый выход которого соединен с входом цифрового индикатора и вторым выходом с входом компаратора для образования обратной связи.

Микроконтроллер сохраняет данные и при необходимости выводит их на персональный компьютер для дальнейшей обработки. С помощью обратной связи микроконтроллер может управлять работой компаратора, задавая границы принимаемого сигнала с термопар [6].

На рис. 1 изображена принципиальная схема работы заявляемого устройства для измерения температуры.

Технический результат, получаемый при изготовлении устройства, заключается в следующем. В результате включения в схему работы компаратора 3 и микроконтроллера 5 появляется возможность получать данные в интервале температур с нескольких термопар 1-N одновременно, сохранять их и передавать для дальнейшей обработки. На пути движения сигнала от термопар 1-N, соединенных с дифференциальными усилителями ДУ1, ДУ2, ..., ДУ N к микроконтроллеру 5 расположен компаратор 3. Компаратор 3 отсекает непопадающие в интервал температур значения, затем сигнал с помощью АЦП 4 преобразуется в цифровую форму и уже нужные данные попадают для обработки на

микроконтроллер 5. Причем, наличие компаратора 3 между микроконтроллером 5 и термопарой 1 дает возможность одновременно принимать сигнал с нескольких термопар 1-N сразу. Микроконтроллер 5 имеет возможность через обратную связь управлять работой компаратора 3, настраивать рабочие интервалы температур, воспринимаемые компаратором 3. Также микроконтроллер 5 выводит получаемые данные на индикатор 7, выводит данные через порт RS232 8 на компьютер. Управление работой микроконтроллера 5 и устройства в целом осуществляют через клавиатуру 6.

Результаты исследование представленные в настоящей работе выполнены при поддержке гранты Президента РФ МК-6661.2013.8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Егоров Ю.П. Производство поршневых колец компрессоров высокого давления // Литейное производство. – 2008. – № 8. – С. 24-26.
2. Мартюшев Н.В., Семенов И.В. Структура и свойства бронзовых отливок при различных скоростях охлаждения // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 1-1.
3. Мартюшев Н.В. Влияние условий кристаллизации на структуру и свойства бронз, содержащих свинец // Металлургия машиностроения. – 2010. – № 4. – С. 32-36.
4. Мартюшев Н.В. Параметры дендритной структуры медных сплавов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2011. – № 11-3 (54). – С. 229-232.
5. Мартюшев Н.В. Влияние условий кристаллизации на свойства отливок из бронзы брос 10-10 // Литейное производство. – 2011. – № 6. – С. 11-13.
6. Мартюшев Н.В. Программные средства для автоматического металлографического анализа // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – С. 79-79.

БЕСКОНТАКТНОЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ КОММУТАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО

Номоконова Ю.А., Розаев И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

В последние годы бурный рост исследований в области электротехники предъявляет все больше требований к современным коммутирующим устройствам. Подобные устройства находят применение в погружных насосах нефтяных скважин, на станциях перекачки и сепарирования нефти, в приводах станков-качалок, в металлургической промышленности при прокате проволоки и др. Очевидно, что приоритетной становится необходимость создания коммутационной аппаратуры большей мощности без существенного увеличения габаритов, с большими возможностями по защите и отказоустойчивости. Это предопределяет повышенные требования к надёжности несущих конструкций и электрооборудования.

Достоинства бесконтактных аппаратов по сравнению с обычными пускателями и контакторами:

- не образуется электрическая дуга, оказывающая разрушительное воздействие на детали аппарата;
- небольшое время срабатывания, поэтому допускается большая частота срабатываний;
- нет механического износа элементов устройства;
- высокая надёжность и простота эксплуатации;
- бесконтактная и бесшумная коммутация;
- безопасность при работе во взрывоопасных средах;
- небольшое потребление электрической энергии в цепях управления [1].

Проведенный системный анализ различных схем тиристорных пускателей с прямым и реверсивным пуском для управления наиболее распространёнными в промышленности асинхронными двигателями выявил, что в схеме тиристорного пускателя серии ПТ (рис.1) меньше элементов управления в сравнении с аналогами, что ведёт к уменьшению стоимости и увеличению надёжности пускателя. Уменьшение веса и габаритов достигается выбором элементов (транзистор, конденсатор, диодов) с минимальными массогабаритными показателями при сохранении функциональности.

Основным показателем успешного проектирования является рассчитанное время безотказной работы пускателя, которое должно быть

больше минимального допустимого (5000 часов). Надежность характеризуется средним

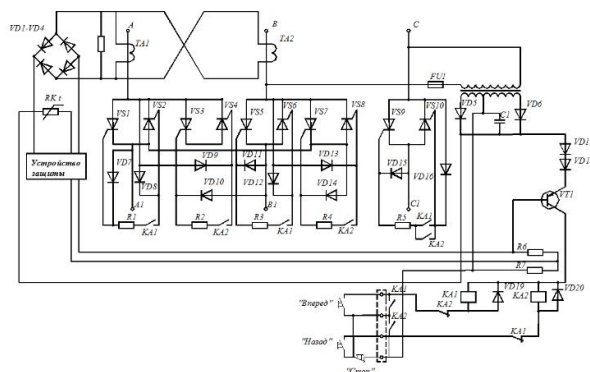


Рис. 1. Принципиальная схема тиристорного пускателя серии ПТ

временем безотказной работы $\tau = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}}$, которая, в свою очередь, зависит от интенсивности отказов λ . Для пускателя опасность отказов

определяется по формуле: $\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \lambda_i$. В таблице 1 приведены отказы и вероятность отказов элементов, составляющих схему.

Минимальная опасность отказов схемы находится по формуле:

$$\lambda_{\min} = (5,13 \cdot 10 + 0,3 \cdot 20 + 3 \cdot 7 + 10 \cdot 2 + 7 \cdot 1 + 1,4 \cdot 1 + 4 \cdot 1) \cdot 10^{-6} = 11,07 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{час}}$$

Максимальное время безотказной работы вычисляется по формуле:

Максимальная опасность отказов схемы определяется по формуле:

$$\lambda_{\max} = (5,13 \cdot 10 + 4 \cdot 20 + 13 \cdot 7 + 27 \cdot 2 + 40 \cdot 1 + 18 \cdot 1 + 6 \cdot 1) \cdot 10^{-6} = 3,4 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{час}}$$

Таблица 1.

Опасность отказов элементов схемы

Наименование элементов	Количество	Опасность отказов, λ_i , 1/час
Тиристоры	10	$5,13 \cdot 10^{-6}$
Диоды	20	$(0,03 \div 0,4) \cdot 10^{-5}$
Резисторы	7	$(0,003 \div 0,013) \cdot 10^{-3}$
Реле	2	$(1 \div 2,7) \cdot 10^{-5}$
Транзисторы	1	$(0,7 \div 4) \cdot 10^{-5}$
Конденсаторы	1	$(0,0014 \div 0,018) \cdot 10^{-3}$
Трансформаторы	1	$(0,4 \div 0,6) \cdot 10^{-5}$

Рассчитанное время безотказной работы больше минимального допустимого (5000 часов), следовательно, схема достаточно надежна. Надёжность схемы объясняется простотой устройства, широким применением полупроводниковых приборов, имеющих большой ресурс и надёжность. Небольшое число используемых элементов также повышает надёжность тиристорного пускателя [2].

Данный быстродействующий реверсивный тиристорный пускатель выполнен с защитой от максимальных токов и перегрузок, которая основана на цепи защиты пускателя с транзистором, включенным по схеме с общим эмиттером (рис. 2).

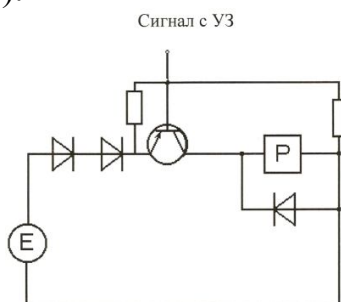


Рис. 2. Цепь защиты пускателя с транзистором

Для обеспечения режима отсечки при однополупериодном входном сигнале, поступающем в устройства защиты (УЗ) в эмиттерной цепи транзистора, включены диоды. Зная параметры обмотки, для управления реле (КА) выбираем транзистор и определяем ток, и напряжение базы трансформатора (E), при которых он работает в ключевом режиме [1].

Для уменьшения габаритов стандартной печатной платы и автоматизации процесса она была спроектирована с использованием программы SprintLayout. Трассировка вручную позволила создать печатную плату с меньшим числом перемычек и меньшей длиной проводников [3]. Спроектированная печатная плата управления быстродействующим тиристорным пускателем представлена на рис. 3.



Рис. 3. Готовая печатная плата

Тематика исследования связана с возможностью практического использования тиристорных пускателей в различных отраслях промышленности, в частности, нефтегазодобывающей отрасли в качестве регулирующего и защитного оборудования (при работке станков-качалок и для управления задвижками в нефтепроводах). Представленный тиристорный пускатель может выполняться с различными вариантами защит. Работа по разработке тиристорного пускателя (электрические расчеты, выбор схемы защиты и схемы управления, проектирование печатной платы, расчет надежности) проводилась по заданию компании «ЭлеСи» (г. Томск).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шопен Л.В. Бесконтактные электрические аппараты автоматики: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.:ил.
2. Боровиков С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности : учеб. для студ. инж. – тех. спец. вузов / С. М. Боровиков. – Минск: Дизайн ПРО, 1990. – 336 с.
3. Богданов Е.П. Проектирование плат управления электрическими аппаратами в программе SprintLayout: методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Бесконтактные электрические аппараты» для студентов магистерской программы 140600.02 «Технология проектирования и производства электромеханических преобразователей энергии» / Е.П. Богданов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 28 с.

РАСЧЕТ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭМА С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ(МКЭ), РЕАЛИЗОВАННОМ В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ ELCUT И ANSYS

Серов А.Б.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Благодаря высоким технико-экономическим показателям, надежности, увеличению производства и снижению стоимости высококоэрцитивных магнитов магнитоэлектрические машины находят широкое применение во многих отраслях народного хозяйства. Среди прочих можно отметить авиа -, ракето - и автомобилестроение,

нефтегазовый комплекс и ветроэнергетику. Под магнитоэлектрической машиной понимается электрическая машина постоянного или переменного тока, в которой магнитный поток возбуждения создается постоянными магнитами (ПМ) (вращающимися или неподвижными). Примерами таких машин являются тяговые двигатели, стартер-генераторы, электроусилители рулевого управления (ЭУР), двигатели устройств автоматики и др.

Одной из главных задач проектирования магнитоэлектрических машин, является задача изучения характера распределения магнитного поля по объему активной зоны машины, так как данный характер определяет массоэнергетические показатели разрабатываемой машины. Поэтому, расчет магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом и обмоткой якоря, является основой математической модели, описывающей электромагнитные процессы в электрических машинах [1].

Для расчета магнитного поля магнитоэлектрических машин могут быть использованы графоаналитические, аналитические и численные методы расчета [2].

Численные методы расчета магнитных полей, получившие в последние годы широкое признание, в значительной мере обязаны прогрессу быстродействующих цифровых вычислительных машин, которые позволили исследователям решать с высокой степенью точности задачи по определению различных физических полей. Без использования электронной вычислительной машины (ЭВМ) такие расчеты были бы чрезвычайно трудоемки или вообще невозможны [5].

Среди численных методов расчета наибольшее распространение получил метод конечных элементов (МКЭ). Суть метода следует из его названия. Область, в которой ищется решение дифференциальных уравнений, разбивается на конечное количество подобластей (элементов). В каждом из элементов произвольно выбирается вид аппроксимирующей функции. В простейшем случае это полином первой степени. Вне своего элемента аппроксимирующая функция равна нулю. Значения функций на границах элементов (узлах) являются решением задачи и заранее неизвестны. Коэффициенты аппроксимирующих функций обычно ищутся из условия равенства значения соседних функций на границах между элементами (в узлах). Затем эти коэффициенты выражаются через значения функций в узлах элементов. Составляется система линейных алгебраических уравнений. Количество уравнений равно количеству неизвестных значений в узлах, на которых ищется решение исходной системы, прямо пропорционально количеству элементов и ограничивается только возможностями ЭВМ. Так как каждый из элементов связан с ограниченным количеством соседних, система

линейных алгебраических уравнений имеет разреженный вид, что существенно упрощает её решение. С точки зрения вычислительной математики, идея метода конечных элементов заключается в том, что минимизация функционала вариационной задачи осуществляется на совокупности функций, каждая из которых определена на своей подобласти, для численного анализа системы позволяет рассматривать его как одну из конкретных ветвей диакоптики — общего метода исследования систем путём их расчленения.

Данный метод расчета реализован в программных комплексах ELCUT и ANSYS.

Первоначальным этапом стал расчет магнитного поля вентильного двигателя (ЭУР) в программной среде ELCUT с использованием типа решения «Магнитостатика». Результатом расчетов в среде ELCUT стало распределение магнитного поля в поперечном разрезе. Результат решения представлен на рисунке 1.

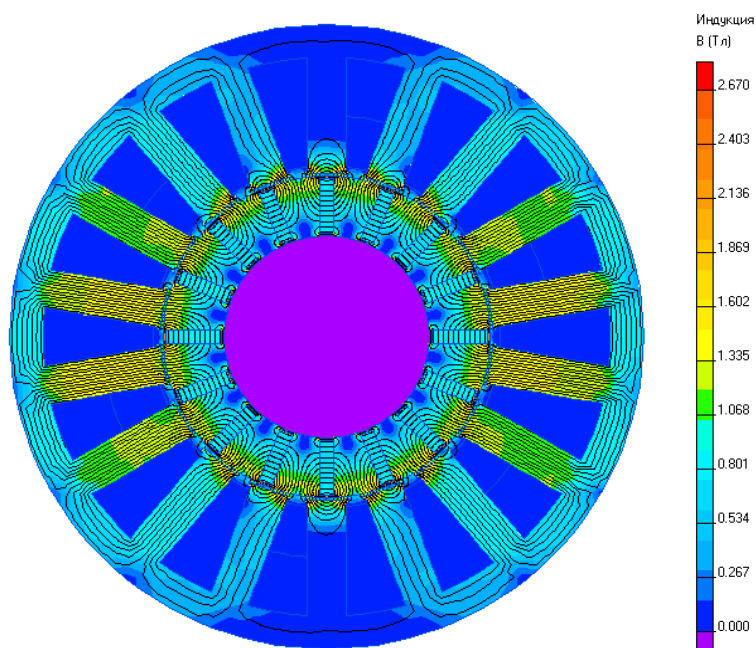


Рис. 1. Распределение магнитного поля в поперечном разрезе вентильного двигателя

Полученные локальные превышения значений индукции являются особенностью данного двигателя и не несут принципиальный характер.

Далее был проведен аналогичный расчет в программной среде ANSYS Maxwell 2D. Результат решения представлен на рисунке 2.:

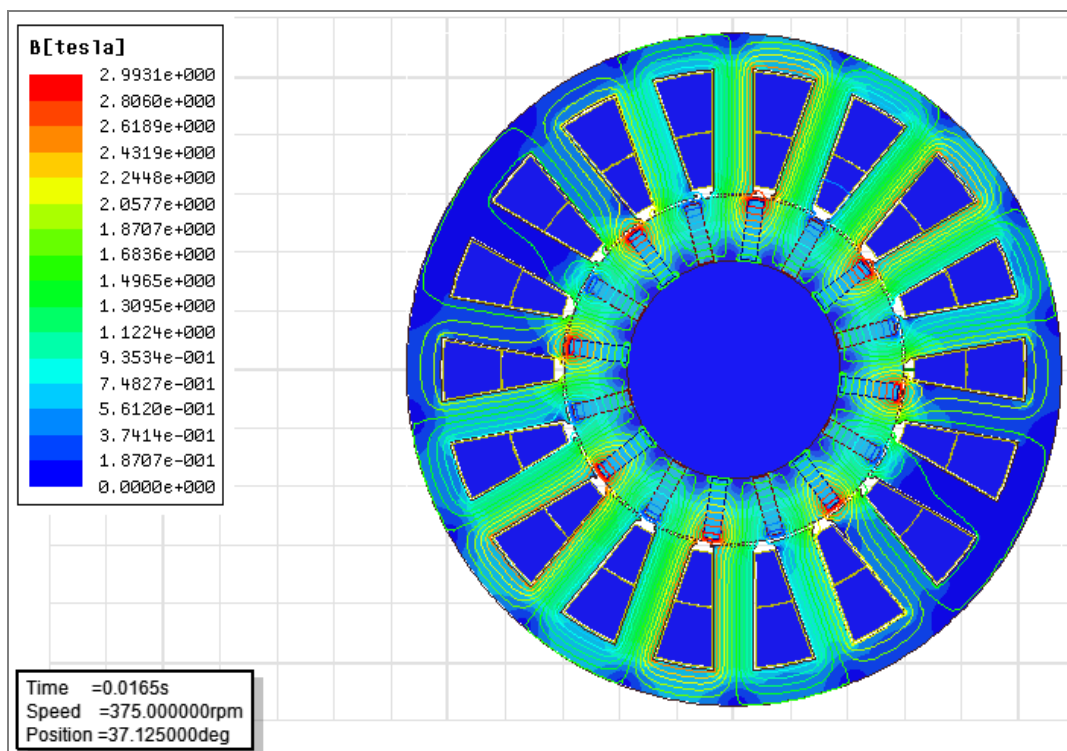


Рис. 2. Распределение магнитного поля в поперечном разрезе вентильного двигателя

Конечная реализация всей схемы моделирования выполнена в среде Simplorer. Блок модели магнитоэлектрического двигателя посредством импортирования из среды Maxwell помещен в среду Simplorer.

Функциональная схема исследуемого вентильного привода представлена на рисунке 3.

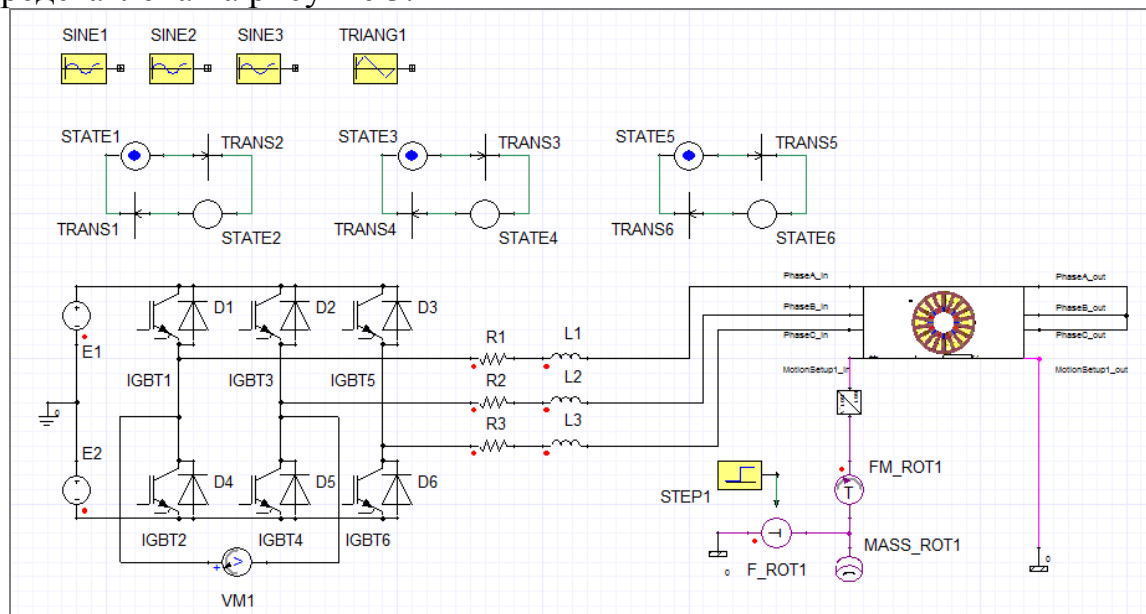


Рис. 3. Схема вентильного привода

Моделирование данной схемы позволяет получить следующие результаты:

- напряжение и ток фазных обмоток;
- электромагнитный момент;
- электрические и магнитные потери;
- текущую позицию вращающихся элементов системы

На рисунке 4 представлены графики напряжений и токов фазных обмоток

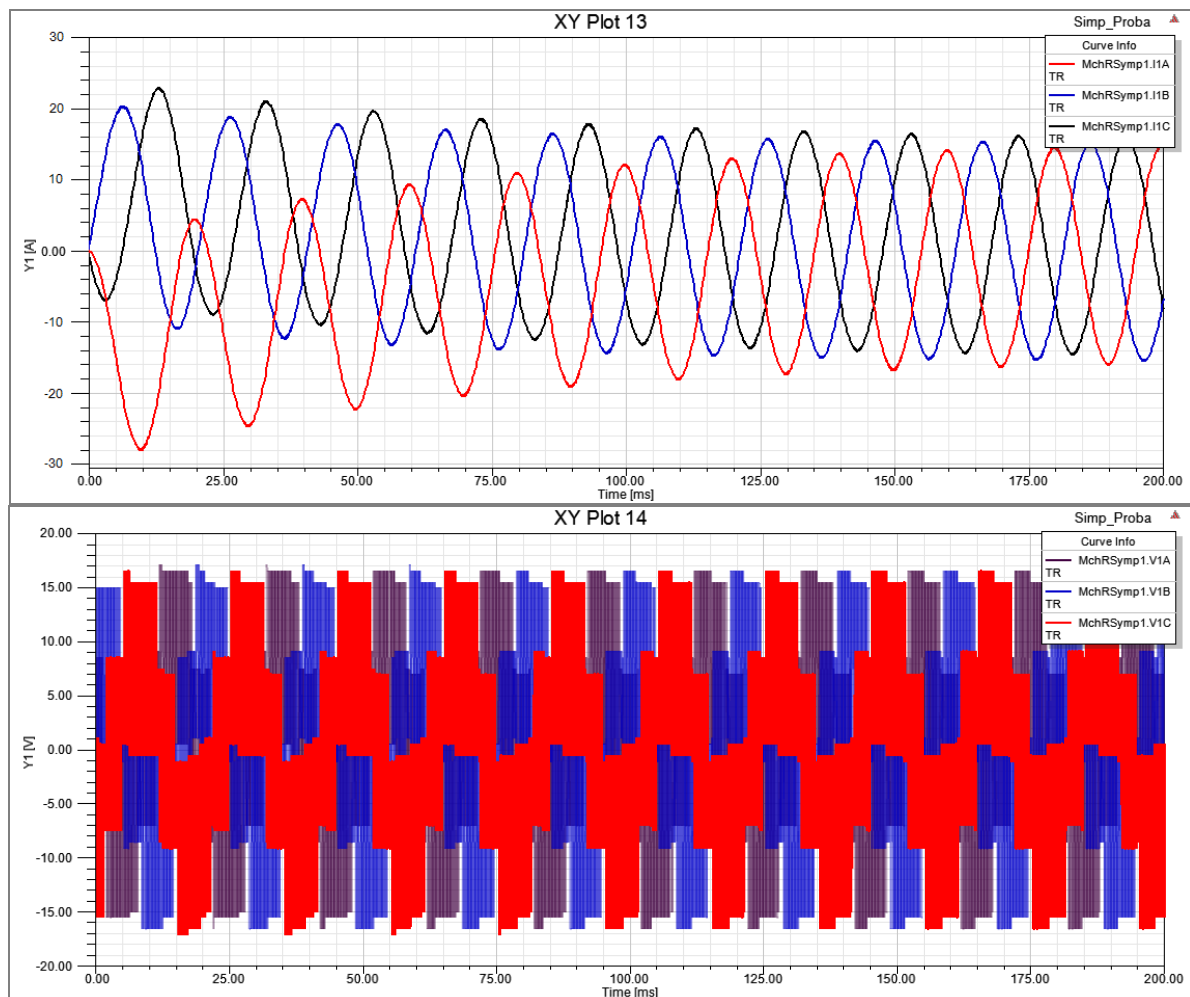


Рис. 4. Графики напряжений и токов фазных обмоток

ЛИТЕРАТУРА

1. Ледовский, А. Н. Электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами / А. Н. Ледовский. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 168 с.; ил.

2. Волченков, В. И. Использование электрического моделирования для анализа состояния магнитной цепи электрических машин с

постоянными магнитами. / В. И. Волченков // Электронный научно-технический журнал Инженерный вестник. – 2012. - №9. – С. 1-11.

3. Фисенко, В. Г. Численные расчеты электромагнитных полей в электрических машинах на основе метода конечных элементов : учебное пособие по курсу «Электромагнитные расчеты», по направлению «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» / В. Г. Фисенко. – Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Изд-во МЭИ, 2002. – 44 с.

ВОПРОСЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Володин С.С.

Поволжский Государственный Университет Сервиса, Россия, г. Тольятти

Сегодня ни одна область человеческой деятельности не обходится без применения электричества. При выработке, передаче, распределении и использовании электроэнергии в быту и промышленности необходимы разные уровни напряжения электрического тока. Получение требуемых значений напряжения и его изменение на всех указанных этапах осуществляется с помощью силовых трансформаторов.

Силовые трансформаторы имеют различные конструкции, назначения и требования в эксплуатации, а, следовательно, и характеристики.

Единственными техническими критериями конкурентоспособности в трансформаторостроении являются эксплуатационные и массогабаритные характеристики, на основании которых уже складываются цена трансформатора и стоимость его владения.

В настоящее время для силовых трансформаторов установлены две категории качества. К высшей категории относятся трансформаторы, технико-экономические показатели которых находятся на уровне лучших мировых достижений или превосходят их; к первой категории – трансформаторы, технико-экономические показатели которых находятся на уровне современных требований энергетики и отвечают нормативно-техническим документам. В качестве основных критериев для отнесения трансформаторов к той или иной категории служат: значения потерь холостого хода и короткого замыкания, тока холостого хода, масса трансформатора, отнесенная к единице мощности, и другие показатели.

Одной из важных задач при проектировании трансформаторного оборудования является повышение эффективности использования материальных ресурсов, а именно материалов и энергии. Эта задача

решается в сложном комплексе мероприятий, направленных на экономию активных, изоляционных и конструкционных материалов и на уменьшение габаритов трансформаторного оборудования.

Электрическая прочность изоляции является одной из ключевых характеристик трансформаторов, определяющая его надежность и срок службы в эксплуатации. Размеры и параметры внутренней изоляции существенно влияют на вес и габариты трансформаторов, в связи с этим, наибольший интерес у проектантов высоковольтных трансформаторов вызывают вопросы обеспечения достаточной электрической прочности изоляции, оптимальной ее координацией во внутреннем пространстве, а также расчет параметров перенапряжений различной природы (атмосферных и коммутационных).

Изоляция силовых трансформаторов представляет собой сложную систему, состоящую из различных по назначению и конструкции элементов и узлов. Следует различать внешнюю и внутреннюю изоляцию трансформаторов. К внешней изоляции относится, например, изоляция вводов, соприкасающаяся с атмосферой, воздушные изоляционные промежутки между вводами разных фаз и до заземлённых частей. Внутренняя изоляция трансформаторов разделяется на главную и продольную изоляцию обмоток, изоляцию установки вводов, изоляцию отводов, переключающих устройств и т.д.

Продольная изоляция обмоток – это изоляция между различными точками одной обмотки, между витками, слоями, катушками.

Главная изоляция обмоток – это изоляция от обмотки до магнитопровода, стенок бака и других обмоток (в том числе других фаз).

В настоящее время главная изоляция силовых трансформаторов преимущественно выполняется маслобарьерной. Она заключается в пропитке трансформаторным маслом бумажной изоляции обмотки, электроизоляционного картона и заполнении маслом изоляционных промежутков между элементами обмоток, остовом и баком.

Достоинством маслобарьерной изоляции является более простая технология изготовления обмоток, изоляции, сборки активной части, ее сушки и пропитки маслом. Этими свойствами и обусловлено широкое применение маслобарьерной изоляции. Конструктивно главная изоляция представляет собой комбинацию масляных промежутков с барьерами в виде цилиндров и угловых шайб из электрокартона или кабельной бумаги.

Изоляция трансформаторов в процессе эксплуатации подвергается неограниченно длительному воздействию рабочего напряжения промышленной частоты и кратковременным перенапряжениям различной природы: грозовым (импульсы, длительностью от единиц до десятка микросекунд), коммутационным (импульсы с большим затуханием,

длительностью до нескольких тысяч микросекунд). Поэтому очень важно на этапе проектирования заложить необходимый запас как электрической, так и импульсной прочности внутренней изоляции трансформатора. Также, наряду с необходимым запасом электрической и импульсной прочности, существует потребность в умелом и рациональном использовании материалов, используемых при проектировании, что в целом отражает оптимизацию параметров главной изоляции силовых трансформаторов.

Основной принцип при проектировании внутренней изоляции трансформаторного оборудования высокого напряжения это сравнение расчетных значений с результатами натурных испытаний электрической прочности изоляции, что позволяет уменьшать или увеличивать изоляционные промежутки в зависимости от класса напряжения силового трансформатора.

Расчет параметров изоляции осуществляется поэтапно:

1 Этап. Предварительное определение размеров расчетной модели по параметрам допустимой напряженности в масляных промежутках по данным производителей изоляции.

2 Этап. Создание расчетной модели с точными геометрическими размерами в САД-системе. После чего модель экспортируется в расчетную программу, использующую МКЭ (метод конечных элементов), где задаются параметры свойства материалов изоляционных деталей распределение напряжения по катушкам для каждой из обмоток.

3 Этап. Определение «значимого» вида испытательного напряжения – полный грозовой импульс (ПГИ), срезанный грозовой импульс (СГИ), коммутационный импульс (КИ), одноминутное напряжение промышленной частоты (ОПЧ). Для этого составляются схемы соединения обмоток и катушек по режимам. Для сравнения импульсных воздействий все напряжения приводятся к одноминутному испытательному напряжению промышленной частоты с помощью коэффициентов приведения: КИ=1,9; ПГИ=2,5; СГИ=2,75.

4 Этап. Расчет параметров перенапряжений выполняется на основании ГОСТ 1516.1, ГОСТ 1516.2, ГОСТ 1516.3. Производится уточненный расчет распределения напряжений различной природы по всем обмоткам.

5 Этап. Моделирование электростатического поля в программах МКЭ. Уточненный расчет напряженностей электрического поля в масляных промежутках.

6 Этап. Оценка и анализ результатов расчета. После расчета и моделирования наиболее опасных режимов и участков изоляции выполняется оценка результатов расчета по известным критериям:

коэффициент запаса электрической прочности главной изоляции должен быть не менее 1,15; для расчета прочности продольной изоляции обмоток коэффициент запаса составляет 1,2; коэффициент запаса электрической прочности витковой изоляции должен быть не менее 1,0. При выполнении этих условий запас импульсной и электрической прочности расчетной модели обеспечен.

7 Этап. Внесение коррективов в строение главной изоляции. На данном этапе принимается решение о внесении конструктивных изменений в строение конкретных узлов изоляции, при условии, что это необходимо.

8 Этап. Заключительный этап. Обобщенный анализ результатов расчета параметров изоляции трансформатора проводится для всех расчетных участков и расчетных режимов.

На рисунке 1 представлен алгоритм расчета параметров изоляции силового масляного трансформатора.

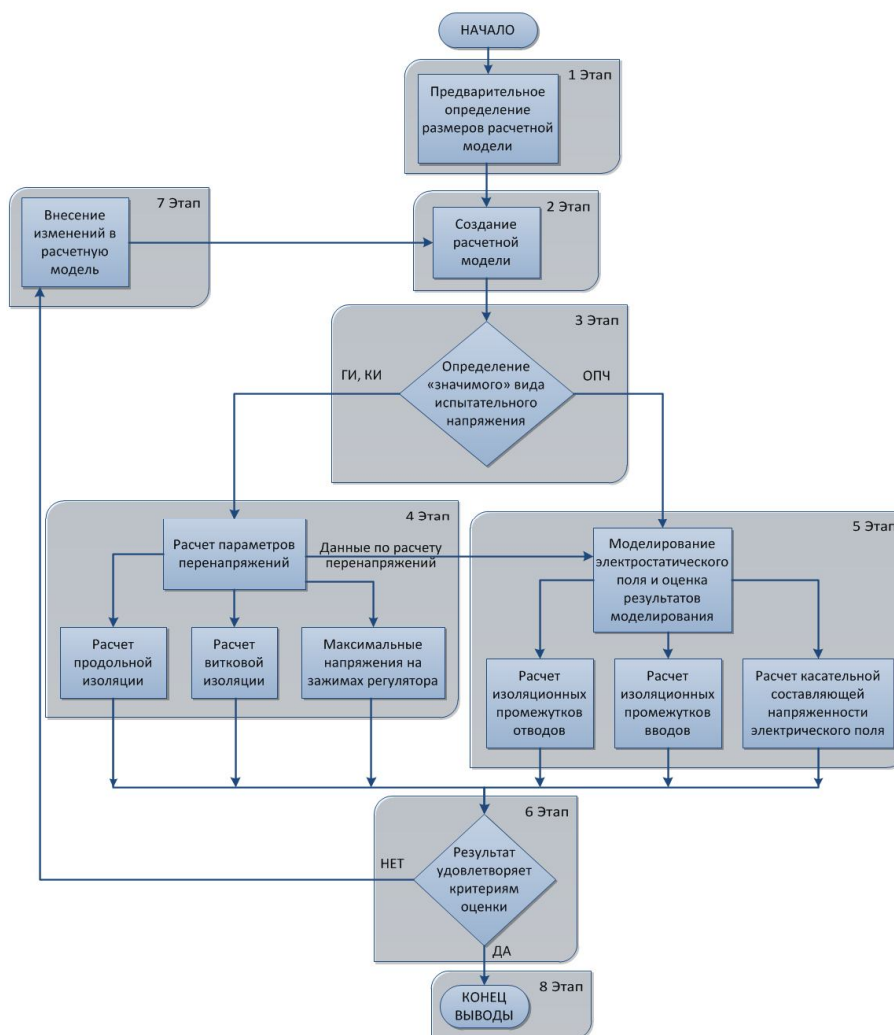


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета параметров изоляции

При расчете параметров изоляции основную сложность вызывают составления схем замещений, в которых учитываются электромагнитные связи между витками, катушками, обмотками при распределении испытательных импульсов различной формы и частоты.

Основных успехов в области расчета и проектирования параметров изоляции и в получении результатов исследований при высоковольтных испытаниях добились ПАО «ВИТ» (Запорожье, Украина), ФГУП ВЭИ (Москва, Россия), Siemens (Германия), Weidmann (Швейцария).

Существующие методики и программы позволяют рассчитывать параметры перенапряжений с учётом детализации схем замещения по катушкам вплоть до витков, что, несомненно, повышает точность проводимого расчета. Однако учёт современных технических решений при расчетах односторонен и не всегда пригоден для анализа принятых нововведений, что в свою очередь сказывается на правильности оценки электрической прочности и последующей корректировке узлов разрабатываемой конструкции силового трансформатора.

Возникает острая необходимость в создании расчетного комплекса, направленного на адаптивный расчет параметров изоляции и схем замещения с возможностью быстро проводить анализ без потери точности расчета, и с возможностью оптимизировать конструкцию на основании полученных результатов.

Такой комплекс существенно облегчит работу проектировщиков-расчетчиков, а также позволит улучшить строение главной и продольной изоляции трансформатора с экономией активных материалов.

Создание расчетного комплекса – ответственная, трудоемкая и крайне важная задача, которая стоит перед автором статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tschudi D.J., “AC Insulation Design. Paper-Oil Insulation Systems”. High Voltage Insulation, WICOR Insulation Conference, Switzerland, Rapperswil, 1996.

2. Желонин В.А., Тарчуткин А.Л., Черноготский В.М., канд.техн.наук. Основные характеристики программно-методического обеспечения по расчету внутренней изоляции силовых трансформаторов и шунтирующих реакторов, ОАО «ВИТ», Украина.

3. Ларин В.С. Исследование и разработка эффективного метода расчета электрической прочности внутренней изоляции силовых трансформаторов // Дис. канд. тех. наук. - Москва: 2007, 145 с.

4. Силовые трансформаторы. Справочная книга / Под ред. С.Д. Лизунова, А.К. Лоханина. М.: Энергоиздат, 2004. – 616 с.

5. Шнейдер Г.Я. Электрическая изоляция трансформаторов высокого напряжения. – М.: «Знак». 2009. 160. Ил.

ВЫБОР ПРОТОТИПА МАГНИТНОГО ПУСКАТЕЛЯ

Ринчино Ж.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

При выборе прототипа необходимо учитывать технические характеристики выбираемого аппарата, такие как ток, напряжение, режим работы и габариты.

В виду большей экономичности, принимаем в качестве прототипа близкие по параметрам пускатели, т.е. серийные магнитные пускатели, выпущенные на номинальный ток 10А, это магнитные пускатели серии ПМ12, ПМЛ и ПМЕ.

Для принятия решения необходимо рассмотреть параметры магнитных пускателей в отдельности. Определяющим фактором при выборе прототипа является цена и габариты.

Магнитный пускатель серии ПМ12 производится на «Кашинском заводе электроаппаратуры», г. Кашин.

Таблица 1.

Технические характеристики пускателя ПМ12 - 010100

Напряжение, В	220/380
Номинальный ток, А	10
Коммутационная износостойкость, млн. циклов	А – 0.32; Б – 0.1; В – 0,03
Габариты, мм	L=39; H=56; B=104

Преимущества магнитного пускателя ПМ12:

- малые габариты в сравнении с другими отечественными пускателями;

- монтаж под винт или на DIN-рейку;

- длительный ресурс работы;

- возможность увеличения дополнительных контактов;

- защита от прикосновения руками;

- соответствие контакторов и проектируемого магнитного пускателя и КМД:

1. Контактторы и пускатели серии КМД имеют идентичные габаритно установочные размеры с проектируемым магнитным пускателем, поэтому при замене изделий на объектах у потребителей не возникает проблем с установкой;

2. Изделия имеют идентичные установочные размеры для подключения силовой нагрузки, т.е размеры силовых шин, межосевые расстояния, диаметры отверстий в шинах полностью совпадают

3. Пускатели и контакторы за счет идентичных конструкций магнитных систем «прямоходовая ш-образная система», идентичного сечения токоведущих шин, аналогичного способа дугогашения, способны коммутировать одинаковые мощности электродвигателей.

Магнитный пускатель ПМЛ производится на заводе Электроконтактор, г. Москва.

Таблица 2.

Технические характеристики пускателя ПМЛ - 1100

Напряжение, В	220/380
Номинальный ток, А	10
Коммутационная износостойкость, млн. циклов	А – 3; Б – 1.5; В – 0,3
Габариты, мм	L=88; H=92 B=116

Преимущества пускателей ПМЛ:

- наличие единой линейки пускателей и тепловых реле в широком диапазоне токов от 10 до 100 А (в будущем до 400 А);

- наличие самых современных тепловых биметаллических реле на базе единого исполнительного механизма для различных величин (до 93 А) и электронных реле на токи свыше 100 А;

- высокие технические характеристики, подтвержденные результатами испытаний, проведенных в сертификационном центре АНО «Магнит» и ООО «ВНИИР-Прогресс», г. Чебоксары;

- улучшенный дизайн, единая цветовая гамма на всю линейку;

- выгодное сочетание цена-качество;

- в отличие от пускателей старых серий ПМЛ и ПМ12: пускатели ПМЛ устойчивы к воздействию импульсного напряжения, равного 8 кВ, и в комбинации с аппаратом защиты от коротких замыканий (АЗКЗ) выдерживают воздействие ожидаемого испытательного тока короткого замыкания до 1 кА, обеспечивают координацию типа 1 по ГОСТ Р 50030.4.1-2002;

- пускатели ПМЛ имеют привлекательный внешний вид и современный дизайн, а также отвечают перспективному уровню мирового электроаппаратостроения, соответствуют всем требованиям новых

стандартов и способны конкурировать на рынке с аналогичными образцами как отечественного, так и зарубежного производства.

Магнитный пускатель ПМЕ производится на заводе «УралЭлектроКонтактор», г. Медногорск.

Таблица 3.

Технические характеристики пускателя ПМЕ - 211

Напряжение, В	220/380
Номинальный ток, А	10
Коммутационная износостойкость, млн. циклов	А – 2; Б – 1; В – 0,3
Габариты, мм	L=78; H=74; B=64

Преимущества:

- малые габариты в сравнении с другими отечественными пускателями

- монтаж под винт или на DIN-рейку

- длительный ресурс работы

- возможность увеличения дополнительных контактов

- наличие тепловой защиты (от токовых перегрузок недопустимой продолжительности).

Сведем все данные (габариты, цена и коммутационные способности) магнитных пускателей в таблицу 4.

Таблица 4.

Данные магнитных пускателей

Пускатель	Коммутационные способности, млн. циклов			Габариты, мм			Цена, руб.
	А	Б	В	В	L	H	
ПМ12-010100	0.32	0.1	0.03	39	56	104	238
ПМЛ 1100	3	1,5	0,3	88	92	116	245
ПМЕ 211	2	1	0,3	64	78	74	450

Вывод: исходя из критериев выбора, по габаритам и по цене магнитного пускателя, выбираем в качестве прототипа магнитный пускатель серии ПМ12.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт <http://www.energocom.net>. - ООО «Энергетическая промышленная компания»

2. Сайт <http://www.expoelectro.ru> – ООО «Экспонента»

3. Сайт <http://www.elektrostyl.ru> – ООО «Электростиль»

4. Сайт <http://www.elektro.ru> – Электротехнический Холдинг
«ЭлектроКомплектСервис»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Кунулеков Д.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Повышение эксплуатационной надежности силовых трансформаторов приобретает все большую актуальность в связи со старением парка трансформаторов и выработкой определенного стандартами минимального (25лет) срока их службы.

Поэтому одной из актуальных задач повышения надежности и качества функционирования электрических систем является оценка эксплуатационной надежности для учета ее при проектировании и совершенствовании системы технического обслуживания и ремонта трансформаторов.

Появление и внедрение системы планово-предупредительного ремонта (ППР) электрооборудования исторически увязывается с усложнением конструкции оборудования. Это объективная реальность. Усложняется оборудование – повышаются эксплуатационные требования производителя, которые, в свою очередь, повышают нагрузку на ремонтные службы. Отличительной особенностью нашей системы ППР является формальный учет времени работы оборудования, которое принимается за основу при формировании ремонтного цикла, что создает обманчивое впечатление относительно истинного состояния по износу оборудования в процессе эксплуатации. Оценка технического состояния оборудования в процессе эксплуатации производится с упором на благополучие механической составляющей, которая лишь одна из составляющих частей конструкции, особенно для силовых трансформаторов. В современных условиях эксплуатации поддержание работоспособности силовых трансформаторов обеспечивается только с помощью ППР, которая не учитывает конкретных условий эксплуатации, нет увязки ремонтных циклов с показателями надежности, и имеет сравнительно высокую трудоемкость технического обслуживания. К настоящему времени в области эксплуатации силовых трансформаторов сложилась ситуация, характеризующаяся тем, что разработки, связанные с повышением надежности не полностью оправдывают себя, не достигнут

требуемый уровень безотказности, а применяемые мероприятия не дают должного эффекта. Одна часть деталей и сборочных единиц трансформатора отказывают до наступления плановых сроков ремонта, другая часть, оказавшаяся в более благоприятных условиях и полностью работоспособная, направляется на ремонт преждевременно, в соответствии с планом. Все это приводит к дополнительным тратам.

Решение обозначенных проблем является актуальным и представляет научный и практический интерес.

Для моделирования эксплуатационной надежности силовых трансформаторов необходимо решить следующие задачи:

Изучение дефектов влияющих на надежную работу трансформатора;
Анализ аварийных отключений и анализ повреждаемости трансформаторов;

Разработка алгоритма математической модели оценки надежности;

Расчет эксплуатационной надежности силовых трансформаторов.

В табл. 1 приведены усредненные данные, собранные в ходе прохождения практики на ТЭЦ-3 АО «Павлодарэнерго» и ТЭЦ-1 ОАО «АЛЮМИНИЙ КАЗАХСТАНА», г. Павлодар за значительный промежуток времени. Эти данные свидетельствуют о том, что недостаточна витковая изоляция и электродинамическая стойкость обмоток (плохая расклиновка), часто повреждаются переключатели отводов и вводы.

Таблица 1.

Наиболее слабые и часто повреждаемые узлы

Поврежденный узел	Число повреждений, %
Междуфазная изоляция	4,45
Обмотки и изоляция (из-за динамических усилий)	15,55
Витковая изоляция	22,23
Переключатели ответвлений	13,33
Активная сталь	2,23
Вводы	17,77
Отводы	2,23
Токоведущие части	6,66
Бак	6,66
Радиаторы	2,23
Прочие	6,66
Итого	100

Одним из важных способов получения информации о надежности технических изделий являются сбор и статистическая обработка данных об износе и отказах, происшедших в процессе эксплуатации. Решаются следующие задачи:

Определения вида функции плотности распределения или интегральной функции распределения.

Вычисление параметров полученного распределения.

Установление с помощью критериев согласия степени совпадения эмпирического с предполагаемым теоретическим распределением.

Законы распределения случайных величин практически могут быть получены: путем аналитического исследования и путем обработки данных эксперимента.

Процедура нахождения математической модели закона состоит из двух этапов: выдвижение гипотез и проверки соответствия выдвинутых гипотез имеющимся данным.

Наиболее распространенными теоретическими распределениями являются нормальное распределение, экспоненциальное, логарифмически-нормальное, Вейбулла и гамма-распределение.

Для подбора вида теоретического распределения, совпадающего в наибольшей степени с полученным эмпирическим, чаще всего применяется метод максимума правдоподобия или метод наименьших квадратов, причем последний применяется для определения параметров распределения при полных выборках.

Для оценки степени совпадения эмпирической и теоретической кривых распределения применяются так называемые критерии согласия: критерий Пирсона или критерий Колмогорова. В критерии Колмогорова исходные данные представляются в виде упорядоченной статистической совокупности. Мерой близости сопоставляемых распределений является величина максимального расхождения гипотетической и статистической интегральных функций.

Оценка по критерию Пирсона (аналитический метод). Процесс аналитической оценки закона распределения разбивается на два этапа: построения гистограмм и кумулятивных кривых и проверку допустимости принятого закона распределения отказов по критериям согласия.

Гистограмма, составленная из прямоугольников, аппроксимируется кривой, по виду которой предварительно устанавливается закон распределения отказов путем визуального сравнения с теоретическими кривыми.

График накопленных частот и соответствующая ему кумулятивная кривая строятся по данным таблицы, которую необходимо заполнить по данным отказа трансформатора. Накопленные частоты получаются в

результате последовательного сложения следующих друг за другом частот. Кумулятивная кривая имеет более плавный характер, чем гистограмма.

Далее проверяются совпадения эмпирической кривой распределения выбранной теоретической по критерию Пирсона. Полученные значения критерия сравниваются с табличными значениями для соответствующей доверительной вероятности и числа степеней свободы. Если рассчитанное значение меньше табличного, то гипотеза об идентичности эмпирического и теоретического законов принимается, в обратном случае гипотеза отвергается и проверяется иной закон.

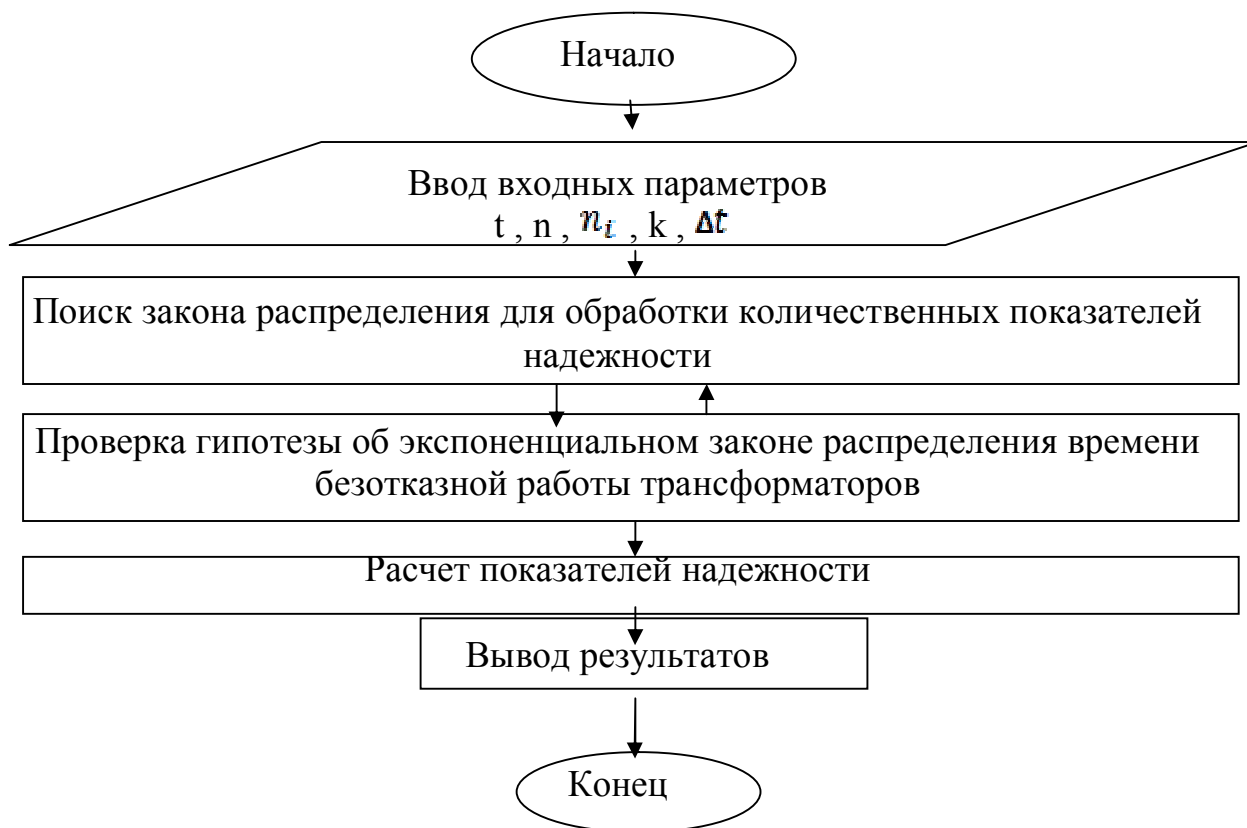


Рис. 1. Алгоритма математической модели оценки надежности

Данный алгоритм был реализован и получены данные наработки на отказ. Полученные результаты будут использованы при проектировании, изготовлении и эксплуатации трансформаторов, а также для принятия решения при работе с оборудованием, исчерпавшим свой нормативный ресурс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Н. Л. Сборник задач по надежности электрических машин: учеб. Пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 407 с.

2. Цирель Я. А., Поляков В. С. Эксплуатация силовых трансформаторов на электростанциях и в электросетях. – Электроатомиздат, 1985. – 264с.

3. РД 153-34, 0-46, 302-00 «Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования».

4. Лапин А.Н. Основы автоматического проектирования электрических устройств: учебное пособие. – Иваново, 1994. – 251 с.

ПРИБОР ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ОХЛАЖДЕНИЯ И МЕТОДИКА ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Файзуллин Р. Р.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

В настоящее время в машиностроении большое количество деталей изготавливается из медных сплавов - бронз. Там где от таких сплавов требуются повышенные прочностные характеристики, применяется никелевая бронза. Однако из-за её высокой дороговизны количество применяемых в промышленности марок никелевых бронзы крайне ограничено, а сами никелевые бронзы слабо исследованы. Вместе с тем высокий предел прочности на разрыв и хорошие триботехнические характеристики делают эти сплавы в ряде случаев просто незаменимыми.

Сотрудниками кафедры МТМ ТПУ проводятся экспериментальные работы по выявлению закономерностей влияния условий кристаллизации на структуру и свойства таких никелевых бронз. В ходе проводимых исследований, было показано, что скорость охлаждения влияет на структуру и свойства таких бронз. Кроме того, скорость охлаждения не постоянна по всему сечению отливки, что дает различную структуру по сечению. Уже имеющиеся данные в литературе содержат лишь качественные данные об этом. В результате появилась задача количественной оценки влияния скорости охлаждения.

Для решения поставленной задачи сотрудниками кафедр ПМЭ и МТМ ТПУ был создан прибор для построения зависимостей температуры охлаждаемой отливки от времени – «Термограф» (Рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид прибора «Термограф»

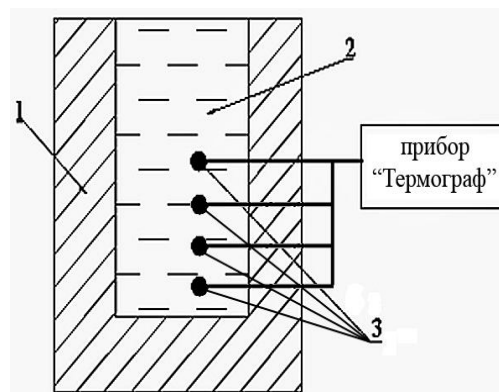


Рис. 2. Схема проведения испытаний, 1 – литейная форма; 2 - расплав; 3 - хромель-алюмелевые термопары

Прибор имеет 8 хромель-алюмелевых термопар. Регистрация значений термо-э.д.с. термопар ведется с помощью высокоскоростного прибора «Термограф». Значение термо-э.д.с. преобразуется с помощью аналогово-цифрового преобразователя и записывается в память прибора. Прибор способен регистрировать до 40 значений термо-э.д.с. в секунду. Далее обработка результатов и построение графических зависимостей осуществляется на персональном компьютере при помощи программы «ТермоХр».

Таким образом, в данной работе изучалось неравномерность охлаждения отливок, а так же определялись скорости охлаждения материала в различных сечениях отливки. Исследуемые бронзы выплавляли в высокочастотной индукционной тигельной печи ВЧГ2-100/0,66 из технически чистых компонентов в тигле из графита. Состав шихты исследуемой бронзы приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Марка бронзы	Содержание элементов, % масс			
	Sn	Ni	Cu	Раскислитель
БрОН1 0-20	10	20	69.5	0,5

Раскисление проводилось фосфористой медью перед закладкой никеля и олова в расплав. Температуру заливки исследуемой бронзы составляла 1170°C и контролировалась быстродействующим оптическим пирометром ТПТ-90 с лазерным наведением по графитовой таблетке на поверхности расплава.

Бронзу БрОН10-20 заливали в графитовую литейную форму с соотношением массы отливки к массе формы 1:2,5. После заливки в холодные графитовые формы при температуре 25°C , они охлаждались на воздухе. Отливка представляла собой цилиндр с диаметром 18 мм и высотой 70 мм.

При построении кривых, хромель-алюмелевые термопары (с диаметром проволок 0,3 мм) располагали на расстоянии 6 мм от стенки формы (рис. 2.) в соответствии с рекомендациями, данными в работе [1]. По высоте термопары располагались – первая на расстоянии 3 мм от дна отливки, остальные на расстоянии 3 мм друг от друга (рис. 2) Погрешность при измерении и преобразовании сигнала в цифровой вид, при использовании хромель-алюмелевых термопар составляет при температурах выше 500°C менее 1°C [2]

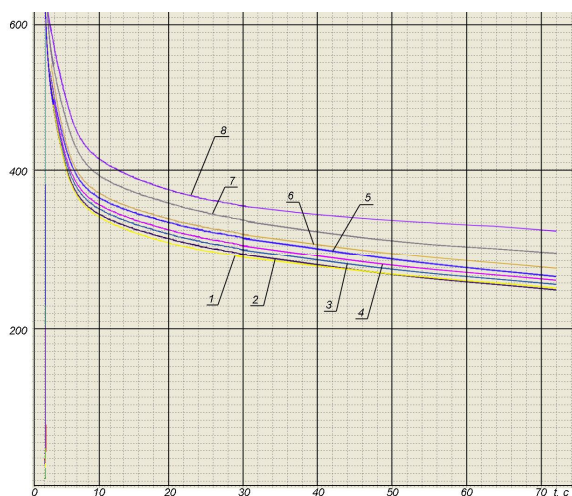


Рис.3. Зависимости температуры отливки от времени

На рис. 3 представлены кривые охлаждения никелевой бронзы при отливке в графитовый кокиль, построенные с помощью прибора «Термограф» и компьютерной программы «ТермоХр». Номер кривых указывает на их удаленность от дна отливки (рис. 2). Так кривая 1 соответствует положению термопары на расстоянии 3мм от дна, кривая 2 – 6 мм, кривая 3 – 9мм и так далее.

По построенным зависимостям в интервале от температуры заливки (1170°C) до 800°C , (включающем кристаллизацию), определили среднюю

скорость охлаждения (табл. 2). Такой выбор интервала обусловлен близкой к линейной зависимостью температуры отливки от времени в нем.

Анализируя полученные результаты можно увидеть, что удаление от края отливки в осевом направлении, в соответствии с классическими представлениями о кристаллизации слитка, приводит к падению скорости охлаждения. Из таблицы 2 видно, что в приповерхностной зоне скорость охлаждения максимальна и составляет $160^{\circ}\text{C}/\text{с}$. С удалением от донной части отливки скорость снижается.

Таблица 2.

Скорости охлаждения отливки в различных её сечениях

Номер термопары	Удаление от нижней части отливки, мм	Скорость охлаждения, $^{\circ}\text{C}/\text{с}$
1	3	160
2	9	158
3	12	154
4	15	150
5	18	146
6	21	143
7	24	138
8	27	134

По итогам проделанной работы можно сделать следующие выводы и заключения:

1. Отработана методика определения скоростей охлаждения сплавов с использованием разработанного прибора. Показано что для никелевых бронз оптимальным является измерение скорости охлаждения в интервале от температуры заливки ($50-70^{\circ}\text{C}$) выше линии ликвидуса до 800°C .

2. Определены численные значения скоростей охлаждения в различных сечениях отливки из никелевой бронзы при литье в графитовую литейную форму. Показано, что разность скоростей охлаждения в приповерхностных и центральных слоях в данном случае может достигать 15-17%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барановский Э. Ф., П. В. Севастьянов, Идентификация теплообмена при литье металлов и сплавов. – Физико-технический институт АН БССР. — Минск: Наука и техника, 1989. — 189 с.

2. Граменицкий Е.Н., Котельников А.Р., Батанова А.М., Щекина Т.И., Плечов П.Ю., Экспериментальная и техническая петрология. — М.: Научный Мир, 2000. - 416 с.

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА ДИСКОВЫХ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ЗАДАННЫМ БЫСТРОДЕЙСТВИЕМ

Шараевский А.А., Баранов П.Р.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Асинхронные двигатели со встроенными дисковыми тормозными устройствами, выполненные в виде единой конструкции (их еще называют «тормозные двигатели»), широко используются в подъемно-транспортном машиностроении, станкостроении и т.д. Основным достоинством таких двигателей является компактность и малый вес по сравнению с комплексами, содержащими отдельно двигатель и механический тормоз. В обозначении данной конструктивной модификации серийных двигателей, содержащих нормально замкнутый (закрытый) дисковый тормоз, содержится буква «Е» [1, 3, 6].

В связи с объединением в единую конструкцию двух противоположных по назначению технических объектов – «двигатель» и «тормоз», логично предположить, что чем продолжительнее наложение по времени рабочих циклов этих объектов, тем хуже технико-экономические показатели всего устройства. Например, в момент включения двигателя фрикционные поверхности тормоза какое-то время еще остаются замкнутыми, то затягиваются пусковые токи двигателя, фрикционные поверхности тормоза подвергаются повышенному износу. Это приводит к снижению допустимого числа пусков в единицу времени, более частому обслуживанию тормоза. С другой стороны, если между окончанием рабочего цикла одного объекта и началом рабочего цикла другого объекта пройдет достаточно большой промежуток времени, то это также влечет ухудшение технических показателей устройства. Например, запаздывание тормоза после отключения двигателя может привести к относительно длительному выбегу вала электропривода, т.е. недопустимой просадке груза в электротали, либо усугубление аварийной ситуации в обрабатываемом центре и т.д.

Поэтому идеальным тормозным двигателем, с точки зрения его эксплуатации, следует считать такой, в котором момент подачи напряжения на двигатель совпадает с началом размыкания фрикционной поверхности тормоза, а момент отключения – с моментом начала торможения. Приблизить реальный двигатель с тормозом к показателям идеального может только электромагнитный привод с гарантированным быстродействием.

Целью данной работы является разработка методики расчета электромагнитного привода, в которой параметры растормаживающего электромагнита увязаны с заданным быстродействием (временем трогания).

При выводе основных соотношений воспользуемся следующими известными допущениями [2, 3, 5]: противодействующее усилие якоря постоянно на протяжении всего рабочего хода; распределение индукции в воздушном зазоре равномерно; потоки рассеяния и выпучивания отсутствуют. Погрешность от введения таких допущений будет незначительна, так как растормаживающий электромагнит выполняется короткоходовым, величина воздушного рабочего зазора δ обычно изменяется в диапазоне от 0,5 до 1,5 мм, а наружный диаметр магнитопровода превышает 100 мм.

При подключении постоянного напряжения к обмотке электромагнита, при условии ненасыщенной магнитной системы, уравнение электрической цепи будет выглядеть:

$$U = Ri + L \frac{di}{dt}, \quad (1)$$

где U – напряжение сети постоянного тока;

R – активное сопротивление обмотки;

L – индуктивность обмотки при номинальном рабочем зазоре δ ;

i – переходное значение тока.

Решим уравнение относительно тока при нулевых начальных условиях:

$$i(t) = \frac{U}{R} (1 - e^{-t/T}), \quad (2)$$

где T – постоянная времени электромагнита при номинальном рабочем зазоре δ , которую можно определить по формуле:

$$T = L/R. \quad (3)$$

При заданном быстродействии, либо значении времени трогания ($t_{тр}$) и минимальном напряжении сети величину тока трогания (при этом токе сила электромагнитного притяжения равна противодействующей силе возвратных пружин электромагнита) можно определить:

$$I_{\delta\delta} = \frac{k_c U}{R} (1 - e^{-t_{\delta\delta}/T}). \quad (4)$$

Тогда величина магнитодвижущей силы (МДС) определится по аналогии:

$$F_{\delta\delta} = \frac{k_c U w}{R} (1 - e^{-t_{\delta\delta}/T}), \quad (5)$$

где w – число витков обмотки электромагнита.

Известно, что сопротивление обмотки можно определить по формуле:

$$R = \rho_{\theta} l w / \text{спр} , \quad (6)$$

где ρ_{θ} – удельное сопротивление материала обмоточного провода при рабочей температуре θ ;

l – средняя длина витка обмотки;

спр – сечение обмоточного провода.

Тогда с учетом (5) и (6) можно получить:

$$F_{\dot{\alpha}\alpha} = \frac{k_c U s_{i\dot{\alpha}}}{\rho_{\theta} l} (1 - e^{-i\dot{\alpha}\alpha / T}) \quad (7)$$

В полученной формуле необходимо определить сечение проводника спр , обеспечивающую заданное быстродействие при известном противодействующем усилии. Для этого необходимо получить выражения для значений l , T , $F_{\text{тр}}$.

Рассмотрим конструкцию растормаживающего электромагнита (рис. 1). Как и электродвигатель, он имеет цилиндрическую форму, бронированную конструкцию, два полюса. В радиальном направлении электромагнит ограничен лишь габаритами электродвигателя, а в осевом направлении размеры жестко ограничены условиями охлаждения. Для равномерного распределения тягового усилия и индукции в полюсах площади наружного и внутреннего полюса принимаются одинаковыми (обозначения геометрических размеров соответствуют аналогичным на рис. 1):

$$S_i = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_a^2) = \frac{\pi}{4} (D_i^2 - D^2) \quad (8)$$

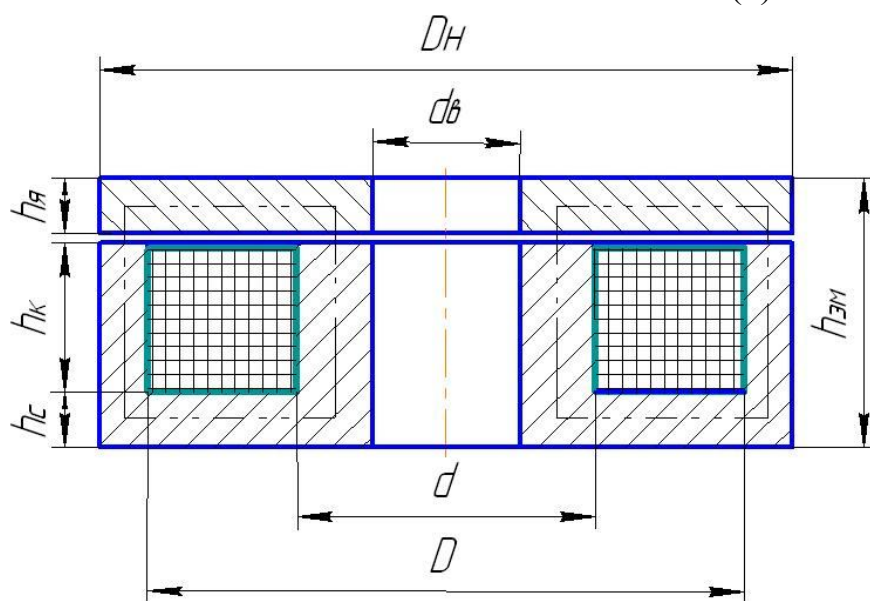


Рис. 1. Эскиз растормаживающего электромагнита в разрезе

Площадь одного полюса можно получить с помощью известной формулы максвелла [3,4]

$$S\Pi = Q_{\text{пр}}\mu_0 / B\delta^2, \quad (9)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – противодействующее усилие пружин электромагнита;
 μ_0 – магнитная проницаемость вакуума;
 $B\delta^2$ – магнитная индукция в воздушном зазоре.

Габаритные размеры DH , $dв$, $hэм$ определяются после конструкторской проработки базового асинхронного двигателя. Кроме того, определяется диапазон предпочтительных значений токов в номинальном режиме, которые определяют габариты и стоимость схемы управления и выпрямления. Тогда неизвестные размеры под катушку определяются по формуле:

$$d = \sqrt{d_a^2 + 4S_I / \pi}, \quad D = \sqrt{D_i^2 - 4S_I / \pi}. \quad (10)$$

При отсутствии потоков рассеяния, из известной формулы для потокосцепления с учетом выражений (3) и (6) можно получить соотношения для постоянной времени обмотки через электромагнитные параметры магнитной цепи:

$$T = \frac{B_\delta S_I s_{\text{я}} w}{F_{\delta\delta} \rho_\theta l}. \quad (11)$$

В полученной формуле (11) присутствуют три неизвестные искомые величины: МДС трогания ($F_{\text{тр}}$), параметры обмотки – сечение провода ($s_{\text{пр}}$), число витков обмотки (w). Величину МДС при рабочем зазоре δ можно определить с помощью расчета магнитной цепи при известном материале сердечника и якоря электромагнита, известных геометрических размерах и индукции в воздушном зазоре (рис. 1). Схема замещения магнитной цепи представлена на рис. 2.

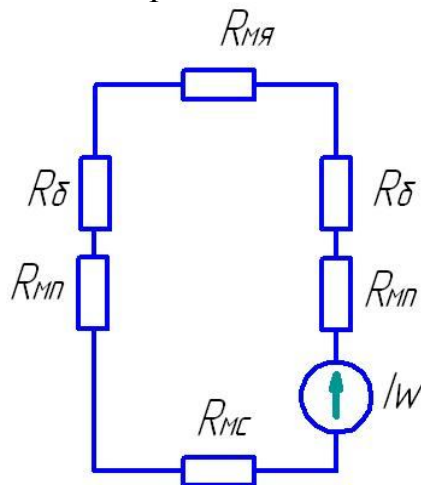


Рис. 2. Схема замещения растормаживающего электромагнита при расчете магнитной цепи

Обозначение участков магнитной цепи на рис. 2 соответствуют аналогичным обозначениям участков на рис. 1.

Число витков обмотки можно определить по величине МДС удержания, необходимой для удержания якоря в притянутом положении якоря с остаточным зазором δ_0 . Схема замещения магнитной цепи аналогична, только величина воздушного зазора значительно уменьшилась. Считаем, что в номинальном режиме к обмотке приложено такое напряжение, достаточное для удержания якоря в притянутом положении. Тогда число витков равно:

$$w = F_y / I_y, \quad (12)$$

где I_y – ток в обмотке в номинальном режиме.

Получим выражение для постоянной времени электромагнита, используя выражения (11), (12), а также (8) соответственно:

$$T = \frac{B_\delta S_I F_\delta s_{\delta 0}}{\rho_\theta l F_{\delta 0} I_\delta}. \quad (13)$$

Решим, полученную ранее формулу (7) относительно времени трогания T и приравняем полученное выражение с выражением (11):

$$\frac{B_\delta S_I F_\delta s_{\delta 0}}{\rho_\theta l F_{\delta 0} I_\delta} = \frac{t_{\delta 0}}{\ln\left(\frac{k_c U s_{\delta 0}}{k_c U s_{\delta 0} - F_{\delta 0} \rho_\theta l}\right)}. \quad (14)$$

Уравнение (14) содержит одно неизвестное $s_{\delta 0}$ и относится к разряду трансцендентных, которые, как известно [7], решений в общем виде не имеет. Предлагается два способа решения уравнения (14): графический метод, либо метод применения специальных программ для компьютера, определяющих неизвестное значение численным методом.

При решении уравнения (14) следует определить область исходных данных, при которых с помощью указанного уравнения можно получить вещественные значения сечения провода обмотки:

$$s_{\delta 0} > \frac{F_{\delta 0} \rho_\theta l}{k_c U}.$$

После определения величин $s_{\delta 0}$ и T округляем сечение провода до ближайшего табличного значения ($s_{\delta 0 \text{пр}}$). Для уточнения числа витков получим соответствующую формулу с учетом (13) и (12):

$$w = \frac{T \rho_\theta l F_{\delta 0}}{\hat{A}_\delta S_I s_{\delta 0 \text{пр}}}.$$

Полученное значение числа витков и сечения провода обмотки обеспечит требуемое быстродействие электромагнита ($t_{\text{тр}}$). Рис. 3 иллюстрирует графическое решение, выполненного для расчета

обмоточных параметров электромагнитного привода асинхронного двигателя мощностью 15 кВт.

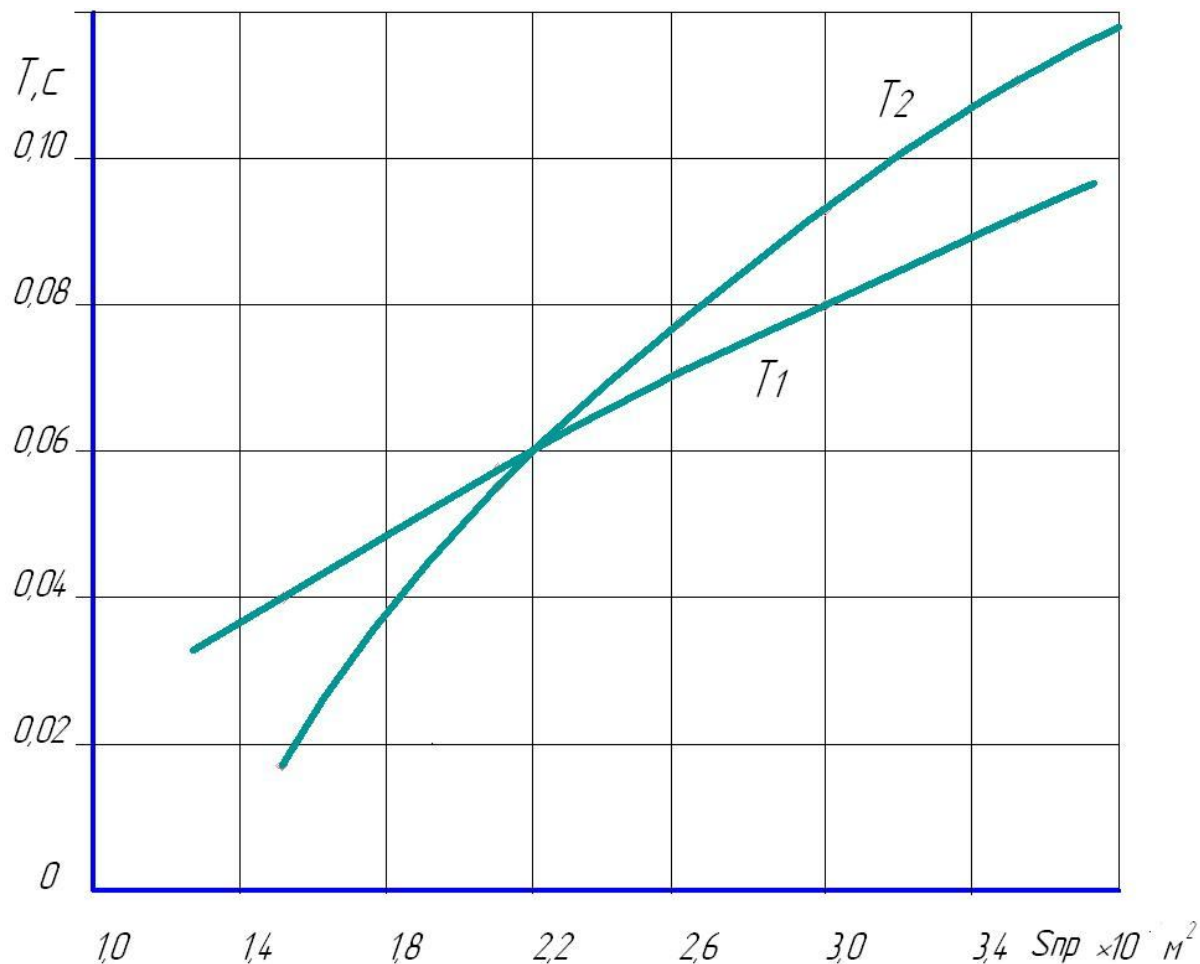


Рис. 3. Графическое определение сечения обмоточного провода электромагнита

Для наглядности, на рис. 3 представлены две зависимости $T_1 = f(s_{пр})$ и $T_2 = f(s_{пр})$, которые описывают левую и правую часть уравнения (14) соответственно. Пересечение этих кривых в точке с координатами: $T = 0,06$ с (постоянная времени), $s_{пр} = 2,2$ мм² (сечение провода), дает значение параметров электромагнита, обеспечивающие заданное быстродействие.

Более точное и оперативное решение таких уравнений обеспечивают программы MathCad, MatLab и другие прикладные программы.

После определения обмоточных параметров обмотки рассчитывается осевая высота катушки h_k (рис. 1). Для этого необходимо разместить витки в окне сердечника, учитывать технологические размеры в

радиальном и осевом направлении, который в электрических аппаратах имеет наименование «распушовка».

Рассчитанный вариант электромагнита необходимо проверить на нагрев. Методика такого расчета зависит от режима работы асинхронного двигателя с тормозным устройством.

Выводы.

1. Теоретическую основу предложенной методики расчета составляют выражения, полученные для расчета параметров растормаживающих электромагнитов и элементов схемы управления. Выражения получены с учетом специфики конструкции асинхронного двигателя со встроенным тормозом, заданного быстродействия электромагнитного привода.

2. Даны рекомендации и получены выражения для определения области исходных данных и независимых переменных при расчете электромагнитного привода, удовлетворяющих требованиям быстродействия и специфики конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиханян К.А. Проектирование асинхронных двигателей со встроенным электромагнитным тормозом // Электротехника. – 1984.- № 7. – С. 55-56.

2. Баранов П.Р., Гринберг В.С. Выбор схемы включения двухобмоточного электромагнита // Электричество. – 1986. - № 4. – С. 47-49.

3. Соленков В.В., Гринберг В.С., Гусельников Э.М. Расчет электромагнита с форсировкой для электродвигателей со встроенным тормозом // Электрооборудование автоматизированных установок. – Томск: Изд-во ТГУ, 1980. – С. 59-63.

4. Сливинская А.Г. Электромагниты и постоянные магниты. - М.: Энергия, 1972.- 247с.

5. Тер-Акопов А.К. Динамика быстродействующих электромагнитов. – М.–Л.: Энергия, 1965. – 168 с.

6. Унифицированная серия асинхронных двигателей Интерэлектро //Радин В.И., Лондин Й. , Розенкоп В.Д. и др.; Под ред. В.И. Радина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 416 с.

7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1986. – 544 с.

ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАМВАЕВ

Калугин В.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Трамвай является одним из распространенных средств общественного транспорта в городской транспортной системе России. Основная задача трамвая - это осуществление пассажироперевозок и обеспечение высокого уровня комфорта пассажиров. Отказы оборудования трамвая приводят не только к экономическим потерям. Также может произойти внезапная остановка на путях, что нарушит график перевозки пассажиров и может негативно повлиять на движение общественного транспорта, тем самым увеличивая количество транспортных заторов и создавая аварийную ситуацию. Поэтому необходимо обеспечить бесперебойную работу данного транспортного средства. В виду этого целесообразно обеспечить надежность трамвая и его основных узлов.

Исправное состояние и надежность трамвайных вагонов обеспечивается за счет своевременного и полного выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава. Причиной дополнительных затрат на ремонт и обслуживание отечественных трамваев является наличие существенных конструктивных недостатков трамваев. В связи с этим актуальна не только проблема повышения надежности, но и также, продления срока службы трамвайных вагонов и, как следствие, сокращения затрат на их ремонт.

Целью статьи является анализ основных неисправностей электрооборудования трамваев по данным эксплуатации.

Важным шагом для рассмотрения проблем, поставленных в статье, является сбор информации. Были проанализированы данные по неисправностям основных узлов трамвая 71-619 КТ (КТМ-19). Информация получена при прохождении научно-производственной практики в Томском трамвайно-троллейбусном управлении.

Надежность является сложным свойством и зависит от различных факторов. Эти факторы условно можно разделить на четыре группы: конструктивные, производственные, монтажные, эксплуатационные. Как показывает опыт эксплуатации, наибольшее влияние на надежность производят эксплуатационные и монтажные факторы [1].

Анализ полученных данных показал, что наибольшее количество неисправностей, вызванными факторами перечисленными выше, приходится на электрооборудование, тормозное оборудование и

механические части. Диаграмма отказов узлов трамвайного вагона представлена на рис. 1.



Рис. 1. Отказы основных узлов трамвайного вагона в %

Опыт эксплуатации трамваев показывает, что наиболее повреждаемыми узлами являются элементы электрооборудования, тормозного оборудования и механические части. Это подтверждается анализом данных по отказам трамвайных вагонов этой серии. Чаще всего неисправности происходят в электрооборудовании (доля отказов от общего числа составляет 50,34%), тормозном оборудовании (доля отказов от общего числа составляет 41,33%), механических частей (доля отказов от общего числа составляет 4,82%). Как видно, наиболее проблемными узлами являются тормозное оборудование и электрооборудование.

Рассмотрим подробнее отказы электрооборудования на примере на примере трамвая модели 71-619 КТ (КТМ-19). Проанализировав данные по отказам электрооборудования можно сделать вывод, что чаще всего отказы происходят из-за неисправностей тягового двигателя и пантографа. В качестве тягового электродвигателя на трамвае 71-619 КТ (КТМ-19), используется тяговый двигатель российского производства, марки ЭК-252. На рис. 2 показана динамика выхода из строя тягового электродвигателя в зависимости от времени года (месяца). Использовались данные по отказам двигателей в период с января 2012 года по декабрь 2012 года, где m-число отказов узла.



Рис. 2. Динамика выхода из строя тягового электродвигателя в зависимости от времени года

Суммарное количество отказов за данный период равняется 20. По данным отказов основных узлов в электродвигателе был проведен расчет статистической вероятности отказа. По результатам расчета статистической вероятности отказов узлов тягового электродвигателя, можно сделать вывод, что наиболее вероятным событием отказа является неисправность подшипника, якоря и катушек главных полюсов. Статистическая вероятность отказа подшипников равна $P^*_{п} = 0.65$, якоря $P^*_{я} = 0.10$ и катушек главных полюсов $P^*_{кглп} = 0.25$.

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что основными причинами выхода из строя являются неисправности подшипников, неисправности якоря и неисправности катушек главных полюсов. Была построена диаграмма на рис. 3. Из рис. 3 видно, что основная причина отказа это неисправности подшипников, которая составляет 65% от общего количества выходов из строя тягового двигателя. Как видно из рис. 2 основное количество отказов электродвигателя, а в частности, подшипников и катушек главных полюсов приходится на январь, февраль и март. Это можно объяснить низкой температурой и проникновением влаги из-за большого количества снега, лежащего на путях. Основными причинами отказа подшипников являются проникновение влаги или снега и ошибки при монтаже. Так же большая часть неисправностей подшипников происходит из-за низкого качества самого изделия. Кроме того стоит отметить, что из-за попадания влаги или снега внутрь электрооборудования резко уменьшается сопротивление изоляции, что приводит к пробое и корпусному замыканию.



Рис. 3. Отказы основных узлов тягового электродвигателя трамвая 71-619 КТ (КТМ-19) в %

По полученным данным можно сделать ряд рекомендаций для повышения надежности тягового двигателя. Основным внешним фактором, который является причиной отказов и неисправностей - это проникновение влаги. Для исключения попадания влаги в двигатель нужно тщательно уплотнить войлоком или губчатой резиной крышки коллекторных люков, выводы проводов и т. п.. Головки полюсных болтов, где это предусмотрено, заливают кабельной массой. Так же стоит уделить повышенное внимание очистке рельсовых путей от снега.

Таким образом, по полученным данным эксплуатации трамваев был выявлен отказ основных узлов, нарушающих работоспособность. Чаще всего неисправности происходят в электрооборудовании (доля отказов от общего числа составляет 50,34%), тормозном оборудовании (доля отказов составляет 41,33%), механических частях (доля отказов составляет 4,82%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бачурин Н.С. Методика оценки показателей надежности трамвайного вагона/Научно-технический журнал "Транспорт Урала".- №1(20).-2009.-93 с. Режим доступа: [<http://vagons.tramvaj.ru/>].
2. Костенко Н.А. Прогнозирование надежности транспортных машин//-Машиностроение.- 1989.- 240 с.
3. Зайнетдинов Р.И. Развитие методов оценки работоспособности несущих конструкций подвижного состава с использованием закономерностей самоорганизации/Дис. докт. техн. наук.- М.: МИИТ, 2000.- 435 с.
4. Копцев А. Л. Система диагностирования технического состояния цепей управления тягового электропривода трамвайного вагона : диссертация ... кандидата технических наук : 05.09.03.- Магнитогорск, 2006.- 151 с.: ил. РГБ ОД, 61 06-5/3717

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ ИТТРИЙ-БАРИЕВЫХ КУПРАТОВ

Степанов К.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г.Томск

В современном мире, как никогда, чувствуется острая необходимость в использовании большого количества электроэнергии. Существует два способа решения этого вопроса: непосредственно

увеличение количества электростанций, либо переход на сверхпроводящие проводники. Оба способа имеют место быть, но, все же, наиболее перспективным является второй путь, однако он упирается в проблему создания комнатотемпературных сверхпроводников. Решением этого вопроса занимаются во многих научно-производственных коллективах, в том числе и в лаборатории высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП) ЭНИН ТПУ. В лаборатории ВТСП развивается новый подход, связанный с применением высокоинтенсивных воздействий (разрядная плазма, магнитно-импульсное прессование, диспергирование порошков). В связи со сказанным, главная задача нашей темы состоит в разработке такой технологии синтеза материала, которая позволит получать продукт, обладающий сверхпроводящими свойствами при температурах окружающей среды. Наиболее перспективными в этом направлении, по нашему мнению, можно считать иттрий-бариевые купраты [3].

В данной работе разрабатывается способ плазмодинамического синтеза шихты для высокотемпературных сверхпроводников с использованием коаксиального магнитоплазменного ускорителя профессора Сивкова [4].

Установка представлена в виде цилиндрической трубы (рисунок 1), разделенной на две камеры: регистрирующую и рабочую. В регистрирующей камере имеется технологическое отверстие – окошко, через которое, при помощи сверхвысокочастотной камеры Photon FASTCAM SA1.1 проводится регистрация процессов, протекающие внутри установки.

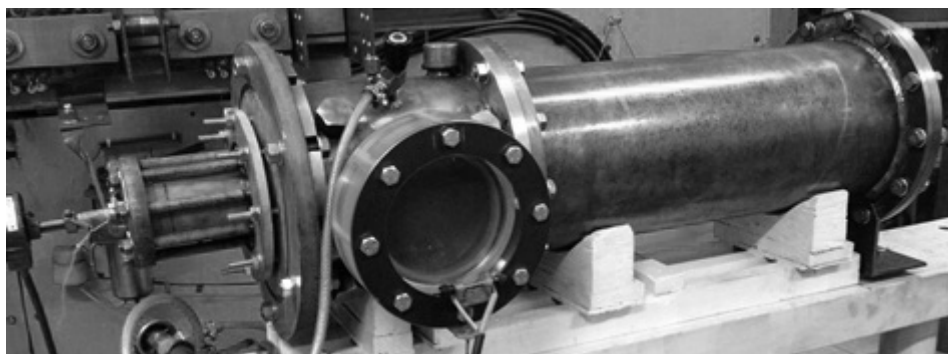


Рис. 1. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель

Главным элементом конструкции является коаксиальный ускоритель Сивкова [4], который крепится на фланце регистрирующей камеры. Ускоритель состоит из: медной трубки – ствола, внутри которого находится центральный электрод с изолятором, а также исходные оксидные порошки, являющиеся прекурсорами шихты. Сам ствол вворачивается в соленоид (ускоритель).

Работа установки заключается в следующем: при замыкании цепи импульсный ток протекает через центральный электрод и инициирует

плазменный разряд. Далее под действием выталкивающего магнитного поля индуктора, плазменный поток уносит вместе с собой частички порошковой шихты (прекурсоры), а так же продукты эрозии поверхности медного ствола. В плазме, под действием высоких температур, протекают реакции, в результате чего образуется однородный порошок. Конечный продукт реакции, с наноструктурным строением под давлением выбрасывается в регистрирующую, а затем и в рабочую камеры (рисунок 3). Длительность рабочего процесса составляет около 500 мкс. На рисунке 3 представлена динамика движения плазмы в камере установки.

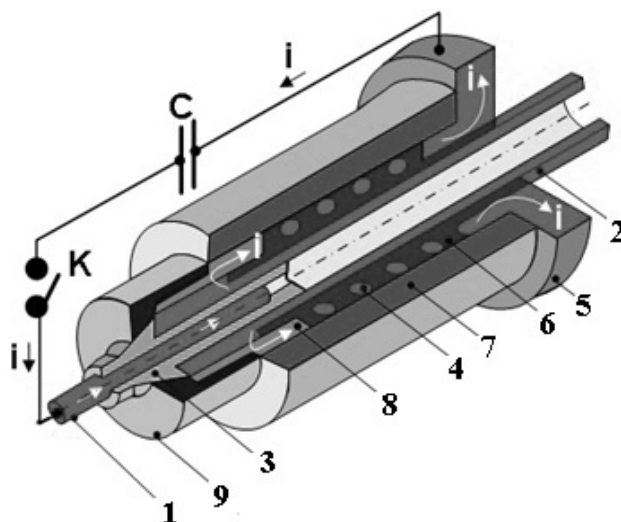


Рис. 2. Плазменный ускоритель: 1 – центральный электрод, 2 – электрод – ствол, 3 – изолятор центрального электрода, 4 – соленоид, 5 – контактный фланец, 6 – изоляция, 7 – корпус, 8 – контактный цилиндр, 9 – заглушка

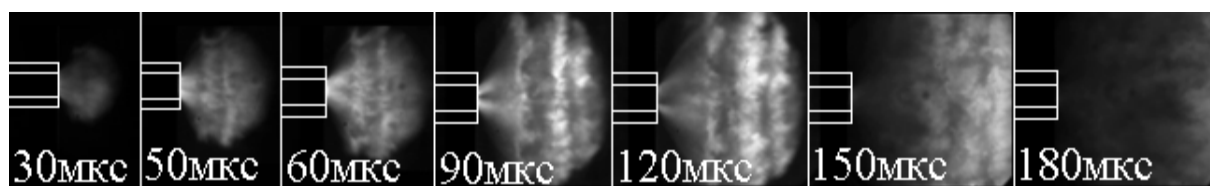


Рис. 3. Процесс горения плазмы

Анализ полученных фаз и структуры синтезированного порошка проводился на рентгеновском дифрактометре XRD Shimadzu 7000S (CuK α -излучение). Результат анализа представлен на рисунке 4.

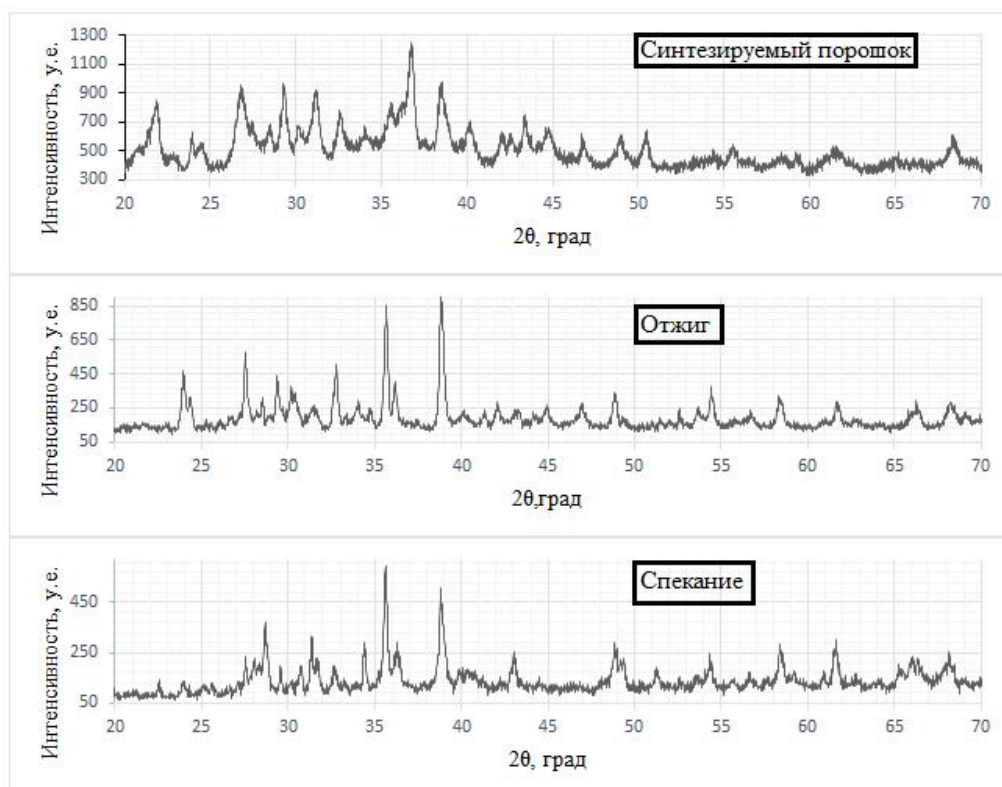


Рис. 4. Рентгенограммы синтезируемого порошка и керамики

Первый снимок – рентгенограмма исходного порошка; второй – рентгенограмма порошка после отжига при температуре 850°C, с последующей выдержкой в течении часа и третий – рентгенограмма готовой керамики, предварительно сформованной на двухстороннем магнитно–импульсном прессе [5] и спеченной при температуре 960°C в течении шести часов с контролируемым охлаждением 100 °C/ч.

В результате проделанной работе можно сделать следующие выводы.

Во-первых, что касается самой технологии синтеза материалов, то тут есть две принципиальные особенности: 1) это одностадийность процесса, длительность которого составляет не более 500 мкс и 2) конечный продукт реакции имеет нанокристаллическую структуру, что в конечном итоге может существенно повлиять на температуру перехода образца в сверхпроводящее состояние.

Во-вторых, образец, полученный после спекания, удовлетворительно описывается эталонами, что говорит о правильном подборе соотношения исходных прекурсоров.

В-третьих, определены основные параметры системы (энергетические, технологические) влияющие и определяющие максимальное КПД всей системы.

Таким образом, в работе показана возможность синтеза шихты и керамики высокотемпературных сверхпроводников на основе иттрий бариевых купратов с использованием высокоинтенсивных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Де Жен П. Сверхпроводимость металлов и сплавов. М: ЁЁ Медиа, 280 стр., 2012.
2. Гинзбург В.Л. О сверхпроводимости и сверхтекучести. Автобиография. М.: Физматлит, 2006.
3. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. М.: МЦНМО, 2000.
4. Пат. 2243474 РФ. 7F41B 6/00. Коаксиальный ускоритель / Д.Ю. Герасимов, А.А. Сивков. Приор. 31.07.2003. Опубликовано 27.12.2004, Бюл. №36.
5. Ивашутенко А.С. Корундо-циркониевая нанокерамика, полученная с использованием высокоинтенсивных потоков энергии. Диссертация кандидата технических наук. 2010.

НЕОБХОДИМОСТЬ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Беккер А. В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

В последние десятилетия в мире остро стоит вопрос антропогенного влияния на окружающую среду. Запасы природных ресурсов истощаются, уже сейчас они не кажутся столь безграничными, как раньше. Низкая стоимость энергии одновременно оказывает не только положительное влияние на энергобаланс в мире в целом, но и отрицательное, ресурсы, из-за их относительно невысокой стоимости, используются крайне расточительно и нерационально. Низкая стоимость также тормозит развитие новых, альтернативных источников энергии.

Повышение ресурсоэффективности означает использование меньшего количества ресурсов для производства того же объема продукции или получения того же свойства – например, срока эксплуатации и качества продукции или температуры воздуха в зданиях – при наличии данного количества материалов и энергии.

Природный газ является одним из главных природных энергоносителей, его доля в мировом топливно-энергетическом балансе, по прогнозам, будет только расти (табл.1).

Таблица 1.
Прогнозный топливно-энергетический баланс мира на 2010-2050 гг., %

Виды энергоносителей	2010 г.	2020 г.	2050 г.
Нефть	35-39	30	28-29
Природный газ	24-25	29	28-30
Уголь	18-19	17	22-24
Прочие	13-14	24	20

По данным МАГАТЭ, ОПЕК, департамента промышленного развития ООН[1].

Осуществление контроля эффективности энергосберегающих технологий на государственном уровне стимулирует предприятия на разработку и внедрение передовых технологий в данной отрасли. В соответствии с федеральным законом "Об энергосбережении" от 03.04.1996 г. №28-ФЗ проводятся энергетические обследования и аудит дочерних обществ по видам деятельности ОАО "Газпром": добыче, транспортировке, переработке и подземному хранению газа.

Энергоаудит и энергетические обследования в Газпроме обуславливают возможность систематически оценивать уровень эффективности расходования энергетических ресурсов дочерними обществами и разработки на этой основе эффективных энергосберегающих мероприятий, обеспечивающих снижение расхода топливно-энергетических ресурсов на собственные технологические нужды.

В процессе проведения энергетических обследований и энергоаудитов определяются и заносятся в энергетический паспорт потребителя ТЭР: показатели энергоэффективности обследуемых объектов; энергетические балансы расхода ТЭР; рекомендации по повышению эффективности расходования ТЭР

Показатели энергоэффективности обеспечивают возможность оценки эффективности расходования ТЭР обследуемых объектов путем сравнения фактических показателей с их нормативными значениями.

Энергетические балансы расхода ТЭР количественно отображают приход и расход ТЭР с учетом их потерь.

Энергетические паспорта потребителей ТЭР обеспечивают представление в концентрированном виде информации об уровне эффективности использования ТЭР обследованных объектов[2].

Таким образом, на основании данных, указанных в энергетических паспортах, можно делать вывод об эффективности использования энергоресурсов, оценивать ресурсоэффективность производств, сокращать потребление природных энергоносителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Л. Лapidус, И.А. Голубева, Ф.Г. Жагфаров Газохимия часть I Первичная переработка углеводородных газов/ Москва-2004 С. 15-16
2. Кузнецов О.А., Гаврилин А.Н., Житомирский Б.Л., Хворов Г.А., Юмашев М.В Система энергетических обследований и аудитов технологических объектов ОАО «Газпром»// Газовая промышленность. 07.2008. №620. С 45-49

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКА УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Торопов А. В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Современные летательные аппарат совершают полеты на больших высотах, с большими скоростями, в любых метеорологических условиях. Выполнение таких полетов и решение задач управления различными агрегатами было бы невозможным без комплекса приборов и автоматов, установленных на борту летательного аппарата. Широкое применение индукционных элементов автоматических устройствах и в частности, в авиационных обусловлено разнообразием функциональных свойств, а также высокой надежностью при малогабаритных конструкциях.

Датчики угловых перемещений (Рис.1) относятся к области приборостроения и могут быть использованы в системах управления различных объектов, в том числе и летательных аппаратах. Датчик предназначен для преобразования угла поворота в сигнал переменного тока, величина напряжения которых пропорциональна углу поворота ротора. Общим достоинством датчиков является их простота, малые габариты, бесконтактность и, следовательно, высокая надежность в эксплуатации, что определяет их широкое применение.



Рис. 1. Датчик угловых перемещений

Конструктивная схема датчика показана на рис. 2. Датчик состоит из следующих основных сборочных единиц: обмотки возбуждения 1, магнитопровода 2, экрана 3, вала 4 и рабочих обмоток 5.

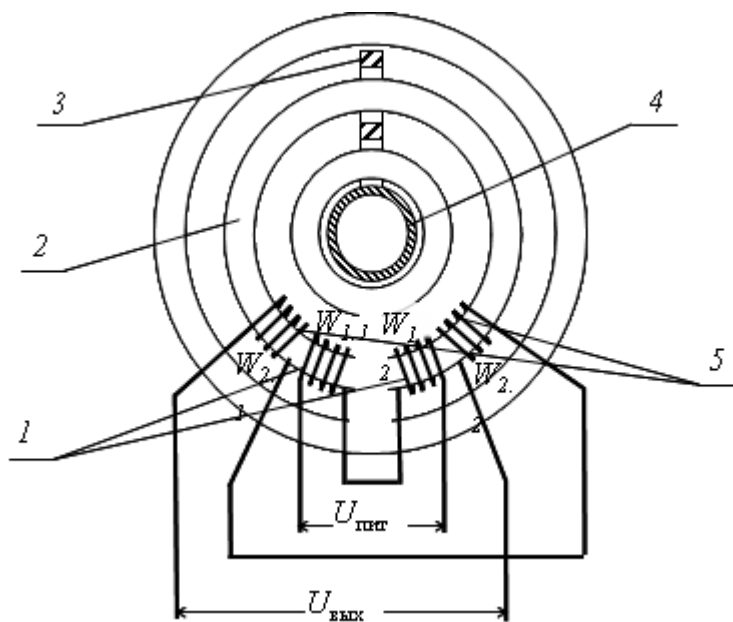


Рис. 2. Конструктивная схема датчика:
1 – обмотки возбуждения; 2 – магнитопровод;
3 – экран; 4 – вал; 5 – рабочие обмотки

Датчик содержит статор, состоящий из шихтованного магнитопровода 2 в виде трех колец, соединенных перемычками, и размещенных на среднем кольце сосредоточенных обмоток возбуждения 1, включенных встречно, и рабочих обмоток 5, включенных согласно, а также ротор в виде экрана 3 (короткозамкнутого витка), закрепленного на полум валу 4.

Проходная конструкция датчика (отсутствие подшипников) обеспечивает его высокую технологичность и позволяет разместить его непосредственно на валу привода.

Являясь развитием конструкции бесконтактного датчика углового перемещения с короткозамкнутым витком, данный датчик отличается сосредоточенными обмотками вторичной цепи вместо распределенных.

К оцениваемым показателям относятся следующие параметры датчика:

1) Выходной характеристикой является отношение разности напряжений выходных полуобмоток U_{21} и U_{22} к напряжению дополнительной выходной обмотки или к сигналу, эквивалентному U_0 , за который может быть принята сумма $U_{21}+U_{22}$ и определяется по формуле:

$$Y = \frac{U_{21} - U_{22}}{U_{21} + U_{22}}$$

2) крутизна выходной характеристики, определяется по выражению:

$$k_{cp} = \frac{\sum Y_i}{\sum \alpha_i}$$

где Y_i – текущее значение выходной характеристики;

α_i – текущее перемещения вала, град.

3) Нелинейность выходной характеристики датчика, определяется по формуле:

$$n = \frac{\left(\frac{Y_i}{k_{cp}}\right) - \alpha_i}{\alpha_{max}} \cdot 100\%$$

где α_i – угол поворота вала в текущей точке измерения, град.

k_{cp} – средняя крутизна выходной характеристики датчика, 1/град.

α_{max} – максимальный угол поворота вала, град.

В результате проведенных испытаний были получены следующие параметры и характеристики датчика:

Таблица 1.

Параметры датчика				
Угол, град.	Напряжение на выходе U1, В	Напряжение на выходе U2, В	$\gamma = \frac{U_{21} - U_{22}}{U_{21} + U_{22}}$	Нелинейность, %
-50	1,3761	2,746	-0,332	-0,24
-45	1,4487	2,673	-0,297	0,09
-40	1,5208	2,604	-0,262	0,29
-35	1,591	2,534	-0,228	0,43
-30	1,6607	2,465	-0,194	0,52
-25	1,7293	2,397	-0,161	0,53
-20	1,7964	2,328	-0,128	0,51
-15	1,8637	2,262	-0,096	0,4
-10	1,93	2,195	-0,064	0,28
-5	1,9967	2,13	-0,032	0,11
0	2,062	2,062	0	0
5	2,1282	1,995	0,032	-0,11
10	2,1952	1,929	0,064	-0,24
15	2,2637	1,862	0,097	-0,27
20	2,3307	1,79	0,131	-0,16
25	2,3994	1,7218	0,164	-0,14
30	2,469	1,6513	0,198	0,004
35	2,5401	1,5805	0,232	0,21
40	2,6128	1,507	0,268	0,58
45	2,6894	1,4311	0,305	1,17
50	2,7674	1,3523	0,343	1,93

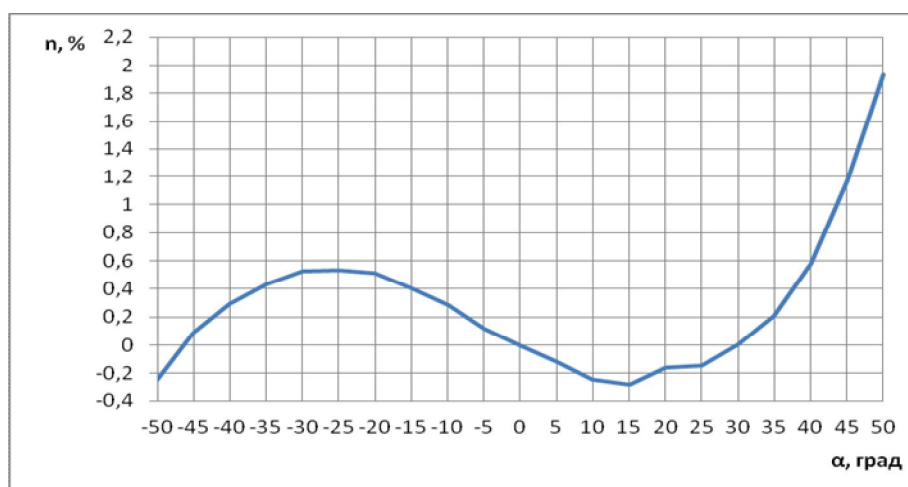


Рис. 3. Зависимость нелинейности от угла поворота ротора по инвариантной схеме

Полученные рабочие характеристики при изменениях, показывают, как изменяется выходное напряжение рабочей обмотки относительно угла поворота ротора датчика. Рабочие характеристики имеют линейный характер, что соответствует высокой точности датчика.

Нелинейность данного характера обуславливается величиной и равномерностью рабочего воздушного зазора между статором и ротором при изготовлении датчика. Следует отметить, что нелинейность не выходит за пределы допустимых значений.

Причиной неравномерностей могут быть различные факторы при изготовлении, такие как: несоосность конструкции датчика, отклонения от размеров, недостаточно равномерная шлифовка пакета роторов.

Касаемо крутизны характеристики датчика, наблюдается стабильность на всем рабочем диапазоне.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОНТАКТОРЫ

Коробков А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

В промышленности, гражданском и коммерческом строительстве, задачи связанные с пуском и остановкой электродвигателей, а также с дистанционным управлением электрическими цепями возложены на контакторы. Данные устройства применяются там, где необходимы частые пуски либо коммутация электрических устройств с большими токами нагрузки.

Контактор - это электрический аппарат, предназначенный для коммутации силовых электрических цепей, как при номинальных токах, так и при токах перегрузки. Наибольшее распространение получили контакторы, в которых замыкание и размыкание контактов осуществляется под воздействием электромагнитного привода. Контакторы бывают постоянного и переменного тока.

Отличительной особенностью электромагнитных контакторов, по сравнению с близкими к ним электромагнитными реле является то, что контакторы разрывают электрическую цепь в нескольких точках одновременно, в то время как электромагнитные реле обычно разрывают цепь только в одной точке.

Общепромышленные контакторы классифицируются:

- по роду тока главной цепи и цепи управления (включающей катушки) - постоянного, переменного, постоянного и переменного тока;

- по числу главных полюсов - от 1 до 5;
- по номинальному току главной цепи - от 1,5 до 4800 А;
- по номинальному напряжению главной цепи: от 27 до 2000 В постоянного тока; от 110 до 1600 В переменного тока частотой 50, 60, 500, 1000, 2400, 8000, 10 000 Гц;
- по номинальному напряжению включающей катушки: от 12 до 440 В постоянного тока, от 12 до 660 В переменного тока частотой 50 Гц, от 24 до 660 В переменного тока частотой 60 Гц;
- по наличию вспомогательных контактов - с контактами, без контактов.

Контакты также различаются по роду присоединения проводников главной цепи и цепи управления, способу монтажа, виду присоединения внешних проводников и т.п.

Контакты постоянного тока предназначены для коммутации цепей постоянного тока и, как правило, приводятся в действие электромагнитом постоянного тока.

Контакты постоянного тока применяются для включения и отключения приемников электрической энергии в цепях постоянного тока; в электромагнитных приводах высоковольтных выключателей; в устройствах автоматического повторного включения.

Контакты постоянного тока выпускаются в основном на напряжение 22 и 440 В., токи до 630 А., однополюсные и двухполюсные, со следующими категориями применения:

ДС-1 - активная или малоиндуктивная нагрузка.
ДС-2 - пуск электродвигателей постоянного тока с параллельным возбуждением и их отключение при номинальной частоте вращения.
ДС-3 - пуск двигателей с параллельным возбуждением и их отключение при неподвижном состоянии или медленном вращении ротора.
ДС-4 - пуск электродвигателей с последовательным возбуждением и их отключение при номинальной частоте вращения.
ДС-5 - пуск электродвигателей с последовательным возбуждением, отключение неподвижных или медленно вращающихся двигателей, торможение противотоком.

Контакты переменного тока применяются для управления асинхронными трехфазными двигателями с короткозамкнутым ротором, для выведения пусковых резисторов, включения трехфазных трансформаторов, нагревательных устройств, тормозных электромагнитов и других электротехнических устройств.

Контакты переменного тока предназначены для коммутации цепей переменного тока. Электромагниты этих цепей могут быть как переменного, так и постоянного тока. Категории применения:

АС-1- активная или малоиндуктивная нагрузка.
АС-2 - пуск электродвигателей с фазным ротором, торможение противовключением.

АС-3 - пуск электродвигателей с короткозамкнутым ротором.
АС-4 - пуск электродвигателей с короткозамкнутым ротором. Отключение неподвижных или медленно вращающихся электродвигателей. Торможение противовключением.

Контакторы переменного тока выполняются с дугогасительными устройствами. При возникновении дуга движется на решетку, разбивается на ряд мелких дуг и в момент перехода тока через ноль гаснет.

Контактор имеет следующие основные узлы: контактную систему, дугогасительное устройство, электромагнит и систему вспомогательных контактов. При подаче напряжения на обмотку электромагнита контактора его якорь притягивается. Подвижный контакт, связанный с якорем электромагнита, замыкает или размыкает главную цепь. Дугогасительное устройство обеспечивает быстрое гашение дуги, благодаря чему достигается малый износ контактов. Система вспомогательных слаботочных контактов служит для согласования работы контактора с другими устройствами.

Особенности конструкции контактора и принцип его действия рассмотрим на примере контактора постоянного тока КПВ-600 (рис. 1).

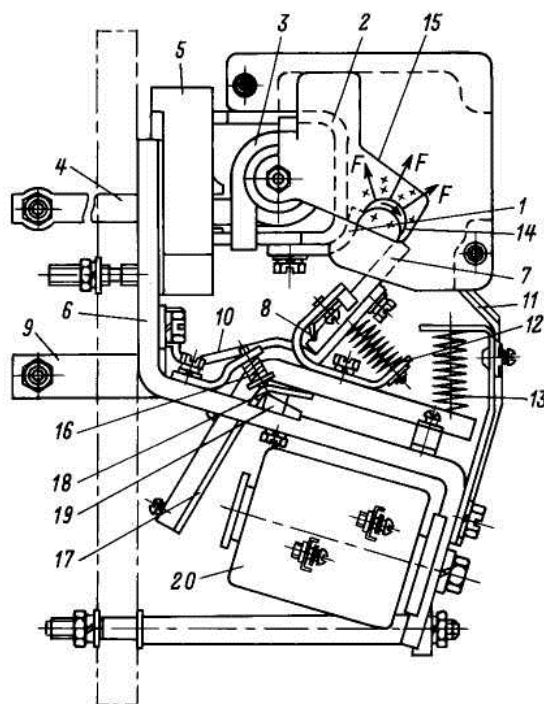


Рис. 1. Контактор постоянного тока серии КПВ

Неподвижный контакт 1 механически и электрически соединен со скобой 2 — дугогасительным рогом (направляющей для дуги). К скобе 2 присоединен один конец дугогасительной катушки 3, второй конец которой с выводом 4 закреплен в электроизоляционном основании 5 и является одним из двух токоподводов контактора. Основание 5 жестко укреплено на стальной скобе 6, являющейся основной несущей деталью для электромагнитного привода и подвижной контактной системы. Подвижный контакт 1 может поворачиваться относительно опорной точки 8. Вывод 9, являющийся вторым токоподводом, соединен с подвижным контактом 1 гибкой связью 10. С подвижным контактом 1 электрически связан другой дугогасительный рог 11. Контактное нажатие создается пружиной 12, а возвратная пружина 13 предназначена для размыкания контактов и возврата привода в исходное положение. При размыкании контактов на них появляется электрическая дуга 14, которая попадает в магнитное поле между пластинами 15 магнитопровода системы магнитного дутья, создаваемого катушкой 3 и охватывающего камеру с обеих сторон. Под воздействием этого поля дуга перемещается в камеру, ее опорные точки переходят на дугогасительные рога, дуга растягивается, охлаждается и гаснет. В данном контактно-дугогасительном устройстве применена система последовательного магнитного дутья. Электромагнитный привод контактора включает в себя обмотку 20 с магнитопроводом и якорь 17. Последний может поворачиваться на призме 19, прижимаемый к скобе 18 пружиной 16. При подаче напряжения на катушку 20 якорь 17, преодолевая противодействие возвратной пружины 13, начинает притягиваться к магнитопроводу. При определенном зазоре между якорем и магнитопроводом происходит соприкосновение контактов 1 и 1. Дальнейшее сближение якоря и магнитопровода влечет за собой поворот контакта 1 относительно опорной точки 8 (в направлении по часовой стрелке) и сжатие контактной пружины 12. Этим обеспечивается создание так называемого провала контактов.

Работу контактора можно оценивать двумя зависимостями: суммарной характеристикой противодействующих усилий (от возвратной и контактной пружин) и тяговой характеристикой электромагнитного привода.

Для сохранения работоспособности контактора должно соблюдаться условие: тяговая характеристика 1 электромагнита должна во всех точках идти выше характеристики 2 противодействующих усилий при минимально допустимом напряжении на катушке (15 %-е понижение напряжения по отношению к номинальному).

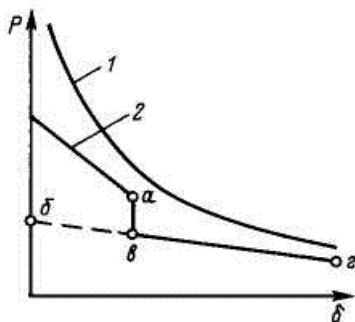


Рис. 2. Тяговая и противодействующие характеристики контактора

По горизонтальной оси принято откладывать значение зазора между якорем и магнито-проводом, по вертикальной — приведенные к этому зазору тяговые и противодействующие усилия. На графике обозначены: точка a — момент соприкосновения контактов; часть характеристики между точками $г-в$ — провал контактов; $в-г$ — раствор между контактами (зазор между якорем и сердечником); $а-в$ — предварительное сжатие контактной пружины (оно необходимо для предотвращения сваривания и вибрации контактов при включении токовой нагрузки).

В число крупнейших заводов электротехнической промышленности России, производящих контакторы, входят: ИЕК, ОАО «Контактор», Кашинский завод электроаппаратуры (КЗЭА), Курский электроаппаратный завод (КЭАЗ), УралЭлектро.

Мировой лидер в производстве электротехнического оборудования: Schneider Electric, SIEMENS, Eaton, Legrand, ABB.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таев И. С. Электрические аппараты управления: Учебник для вузов по специальности «Электрические аппараты». 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1984 (69) — 247 с.
2. Сахаров П. В. Проектирование Электрических аппаратов - М.: «Энергия», 1971. — 559 с.
3. Буль Б.К. и др. Основы теории электрических аппаратов. Под ред. Буткевича Г. В. Учеб. пособие для электротехнич. специальностей вузов. - М.: «Высшая школа», 1970. — 600 с.
4. <http://www.obzor-electro.ru>

ВЛИЯНИЕ КОРОТКОЗАМКНУТОГО ФЛАНЦА СОЛЕНоиДА КОАКСИАЛЬНОГО МАГНИТОПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ НА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЙ ИЗНОС ПОВЕРХНОСТИ УСКОРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА

Шарипов Р.Р., Привезенцев С.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Конструктивной особенностью индуктора коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ) [1] является наличие контактного фланца на выходном конце соленоида. вместе с токоподводящими шпильками он обеспечивает токоподвод к соленоиду и механическую прочность конструкции в осевом направлении. С другой стороны он представляет собой короткозамкнутый виток очень большого сечения. Естественно, что при протекании тока по соленоиду в витке наводится ток сравнимый с током соленоида. Магнитное поле этого тока в суперпозиции с торцевым полем соленоида и полем наведенным в стенке ствола может оказывать тормозящее действие при прохождении токонесущей плазменной структуры по ускорительному каналу (УК) [2]. Возникновение так называемой “магнитной пробки” на выходе из соленоида должно оказать влияние на динамические характеристики течения и на электроэрозионный износ поверхности УК. Устранение этого фактора возможно путем радиального разреза фланца. Однако эта мера нежелательна из-за нарушения механической прочности конструкции индуктора.

В связи с этим в работе приводятся экспериментальные исследования напряженности внешнего магнитного поля (ВМП) соленоида индукционной системы КМПУ с короткозамкнутым витком и без него. Исследования проведены на ускорителе со съемным короткозамкнутым кольцом. В качестве короткозамкнутого фланца использовалось медное кольцо толщиной 10,0 мм и диаметром 98,5/30,0 мм. В экспериментах регистрировались (ВМП) (осевое и торцевое), а так же рабочий ток, протекающий через ускоритель. Датчики аксиальной и радиальной составляющей магнитного поля устанавливались в УК на подходе к выходному концу соленоида на разных расстояниях. На рис.1 показаны типичные осциллограммы аксиальной и радиальной составляющих напряженности ВМП на разных расстояниях от контактного фланца в зоне охваченной соленоидом. По амплитудным значениям таких осциллограмм построены кривые изменения H_m по координате Z на подходе к плоскости фланца (рис.2). Их анализ показывает, что радиальная составляющая H ВМП в присутствии короткозамкнутого фланца возрастает на порядок в

сравнении со случаем распиленного фланца, на координате $Z=145$ мм, т. е. не доходя 15 мм до контактного фланца. При этом осевая составляющая H_z не значительно снижается.

Для исследования влияния короткозамкнутого фланца на динамические характеристики ускорителя и электроэрозионный износ (электроэрозионной наработки рабочего материала) с поверхности УК, для получения порошкообразных материалов и нанесения функциональных покрытий [3, 4], проведены эксперименты по ускорению плазмы разряда на разных ускорителях с короткозамкнутым витком и без него. Исследования проводились в процессе отработки технологии нанесения покрытия состава нержавеющей стали. В экспериментах использовались стволы из нержавеющей стали марки 12Х18Н9Т. Основные данные и результаты экспериментов приведены в таблице.

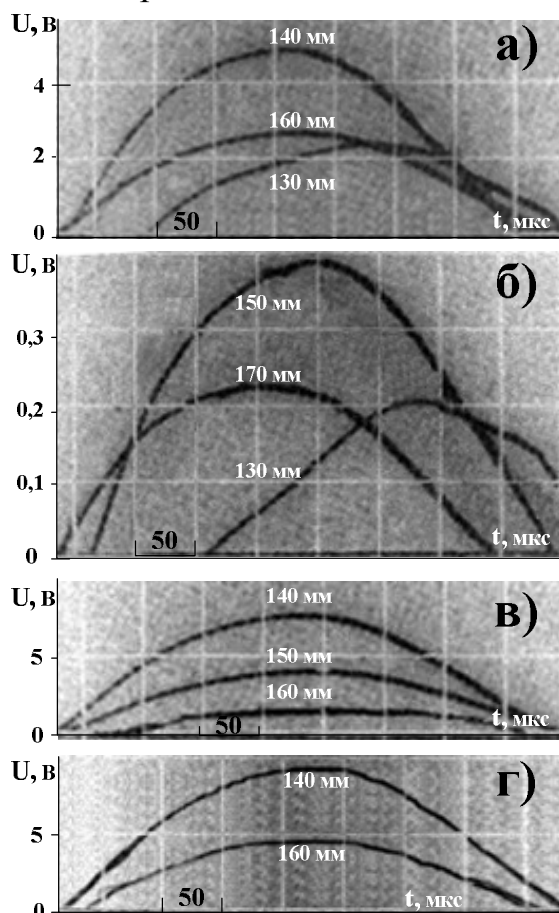


Рис. 1. Осциллограммы напряженности магнитного поля внешней индукционной системы (МИ-8) внутри УК из нержавеющей стали с $D \times d_{\text{дук}} = 20 \times 16$ мм: а) радиальная составляющая в случае с короткозамкнутым витком-фланцем; б) радиальная составляющая в случае с распиленным фланцем; в) осевая составляющая с короткозамкнутым витком-фланцем; г) осевая составляющая в случае с распиленным фланцем. На осциллограммах указаны координаты Z установки индукционных датчиков

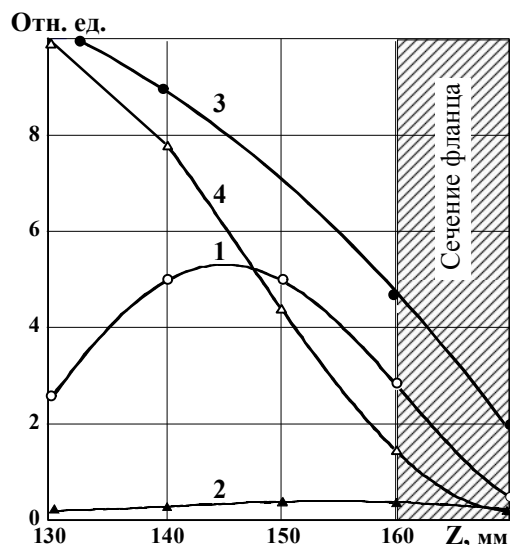


Рис. 2. Зависимость осевой (3 и 4) и радиальной (1 и 2) составляющих напряженности ВМП по оси УК на подходе к контактному фланцу индуктора. 1, 4 - с короткозамкнутым витком-фланцем, 2, 3 - с распиленным фланцем

Таблица 1.

Сравнительные экспериментальные данные по влиянию короткозамкнутого фланца соленоида на электроэрозионный износ УК

Параметры / № опыта	Ед. изм.	1	2	3	4
Индуктор	-	НСИ-4	НСИ-4	МИ-8	МИ-8
Наличие короткозамкнутого фланца	-	-	+	-	+
Наружный диаметр ствола, D	мм	25	25	20	20
Внутренний диаметр УК, d	мм	19	19	16	16
Подведенная энергия, W	кДж	123,0	116,0	61,0	59,4
Эродированная масса, m	г	18,2	22,0	7,1	9,3
Удельная эродированная масса, m/W	г/кДж	0,148	0,190	0,116	0,156
Удельная подведенная энергия, W/V _{ук}	кДж/с м ³	1,605	1,522	1,123	1,106
Время ускорения головной части, Δt ₁₋₂	мкс	60,2	69,1	62,1	68,6
Скорость на срезе стволе, v _c	км/с	4,83	4,51	4,77	4,48

Из приведенных на рис.3 эпюры удельного дифференциального электроэрозионного износа $\Delta m(\ell_{ук})$, номера которых соответствуют номерам экспериментов в таблице, видно заметное увеличение эрозии при наличии короткозамкнутого фланца в основном за счет увеличения длины эродированного участка УК. Это подчиняется установленным закономерностям, в соответствии с которыми, с увеличением скорости течения в УК снижается эрозия и возникает концевой участок с наслоившимся материалом [5].

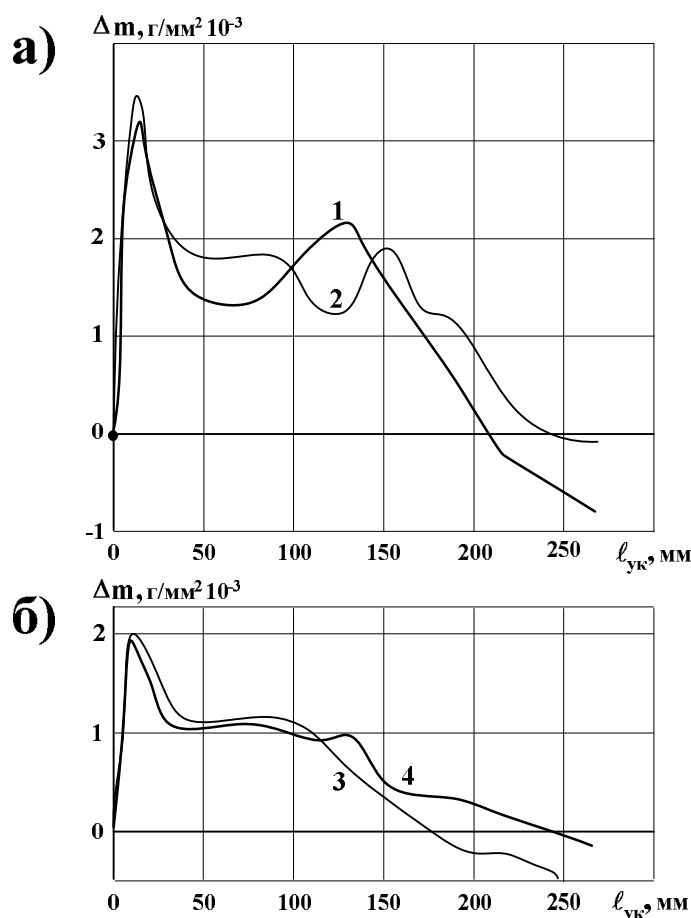


Рис. 3. Эпюры удельного дифференциального электроэрозионного износа полученные в экспериментах с распиленным витком (1 и 3) и с короткозамкнутым (2 и 4); а) индуктор НСИ-4, б) МИ-8. Номера соответствуют опытам в таблице

На рис.4 приведена зависимость удельного интегрального эрозионного износа от удельной подведенной энергии. Из графика видно, что зависимости распадаются на отдельные ветви, соответствующие экспериментам при использовании индуктора с короткозамкнутым фланцем (1) и без него (2), которые аппроксимируются выражениями:

Зависимость 1: $\frac{m}{W} = 0.171 \cdot \left(\frac{W}{V} - 0.37 \right)$; Зависимость 2: $\frac{m}{W} = 0.120 \cdot \left(\frac{W}{V} - 0.40 \right)$
(1)

Анализ представленных данных показал существенное уменьшение коэффициента удельного интегрального электроэрозионного износа $A_2=0,120$ по отношению к $A_1=0,171$. Приведенные зависимости имеют начало в одной точке, это говорит о том, что удельная критическая энергия ($W^*/V_{ук}$) у них одинакова, так как короткозамкнутый фланец не влияет на начало процесса.

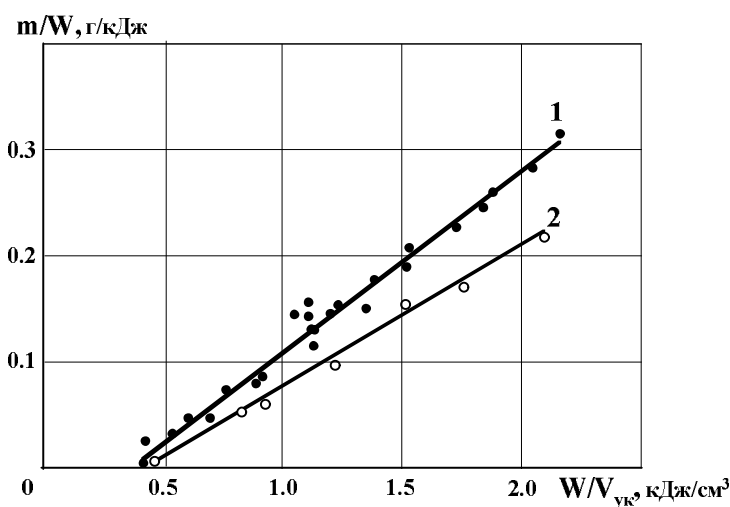


Рис. 4. Зависимость удельного интегрального электроэрозионного износа от удельной подводимой энергии: 1 - с короткозамкнутым витком, 2 - без короткозамкнутого витка

Исследование динамики плазменной струи на выходе из УК показали, что в присутствии короткозамкнутого фланца скорость течения на срезе ствола снижается примерно на 0,3 км/с по сравнению со скоростью в случае распиленного фланца (таблица).

Короткозамкнутый виток создает магнитную преграду, движущемуся потоку плазмы разряда, вследствие чего увеличивается электроэрозионный износ поверхности УК, при незначительном уменьшении динамических параметров плазменной струи, и при использовании КМПУ в качестве технологического ускорителя электроэрозионной плазмы с целью повышения КПД наработки рабочего материала целесообразно иметь на выходе из соленоида короткозамкнутый виток-фланец.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Сивков. Гибридная электромагнитная система метания твердых тел. Прикладная механика и техническая физика. 2001 г. Т. 42. № 1, с. 3-12.
2. Кнопфель Г. Сверхсильные импульсные магнитные поля. Перевод с англ. Николаева Ф.А. и Свириденко Ю.П. М.: «Мир». 1972. 391 с.
3. Sivkov A.A., Gerasimov D.U., Tsibina A.S. Electrical Erosion of the Magnetoplasma Accelerator Channel // 13th International Symposium on High Current Electronics. Proceedings Edited by B. Kovalchuk and G. Remnev. – Russia, Tomsk, Institute of HCE, 25–29 July 2004. - P. 417-420.
4. Sivkov A.A., Gerasimov D.U., Tsibina A.S., Abramochkin V.N. Copper Coating of Aluminium Contact Surfaces Using Magneto-plasma Accelerator // Там же P. 457-459.
5. Сивков А.А., Герасимов Д.Ю., Цыбина А.С. Электроэрозионная наработка материала в коаксиальном магнитоплазменном ускорителе для нанесения покрытий // «Электротехника». – 2005. - № 6. - С. 25-33.

ОПТИМИЗАЦИЯ ДАТЧИКА ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Фролова С.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

Сегодняшний день характеризуется новыми проектами и планами освоения космического пространства, в связи с этим важно улучшение параметров космической аппаратуры. Системы автоматического управления, одним из важнейших элементов которых является датчик линейных перемещений, нуждается в совершенствовании параметров и характеристик.

Исследуемый датчик относится к системе управления и может быть использован, в частности, в гидравлических системах летательных аппаратов, где требуется информация о перемещениях исполнительных элементов, например, гидроцилиндров [1].

Специфические условия работы датчиков в космосе, часто находящихся в непосредственном контакте с объектом регулирования, заставляют выбирать из всех возможных принципиальных решений и конструкций только те, которые удовлетворяют необходимым эксплуатационным требованиям прочности, надежности, стойкости против действия агрессивных веществ, виброустойчивости и т. д.

Далеко не все применяемые в настоящее время датчики удовлетворяют общим требованиям. Широкое применение в настоящее время нашли резистивные, емкостные, индуктивные и трансформаторные датчики, последние из которых в наибольшей мере отвечают всем требованиям, предъявляемым к аппаратуре, используемой в космической технике. Они обеспечивают устойчивость к вибрации и большим температурам, линейность характеристики, высокую точность преобразования перемещений в электрический сигнал, а также усиленный выходной сигнал [2].

Наиболее удачна конструкция двухканального дифференциально-трансформаторного датчика линейного перемещения, который отличается наличием двух гальванически не связанных измерительных каналов в одном корпусе датчика, что делает датчик более технологичным и надежным.

С целью получения большего выходного напряжения датчика, а также повышения чувствительности, линейности и крутизны выходной характеристики, была разработана методика оптимального расчета параметров датчика в программе Mathcad. Алгоритм методики представлен на рисунке 1.

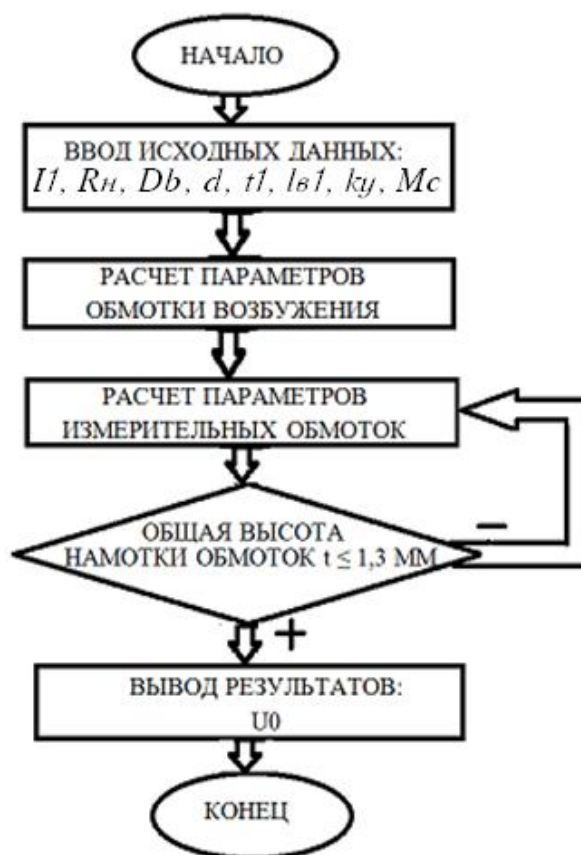


Рис. 1. Алгоритм методики оптимизации

Методика позволяет подобрать оптимальные обмоточные данные и один из источников питания, являющийся оптимальным, обеспечивая при этом усиленный выходной сигнал и сохраняя тем самым линейность, крутизну.

При расчете оптимального варианта сначала определяются исходные данные для расчета. К ним можно отнести параметры датчика, геометрические размеры [3]. Расчет проводится с целью определения обмоточных данных, обеспечивающих наилучшие параметры датчика при заданных габаритах катушки.

При расчете принято следующее ограничение:

– общая высота намотки обмоток должна быть не более 1,3 мм (на основании требований технического задания);

Выходными параметрами являются: выходное напряжение, а соответственно чувствительность датчика, линейность и крутизна выходной характеристики.

Варьируемыми параметрами приняты обмоточные данные (марка, материал, диаметр, а соответственно, характеристики провода) и источник питания, который может быть выбран ($U=3В$, $f=3000$ Гц; $U=3В$, $f=4000$ Гц и $U=2В$, $f=2000$ Гц).

В ходе расчета рассматривались нихромовый и манганиновый провода в качестве вторичной обмотки. Наилучшие результаты показал провод марки ПЭВХЭ2 диаметром 0,115 мм, выполненный из нихрома. Также было выявлено, что при источнике питания (напряжение 3В, частота 4000 Гц) достигаются более высокие точностные параметры датчика.

Результаты расчета сравнивались с экспериментальными данными. По этим данным построена выходная характеристика, представленная на рисунке 2.

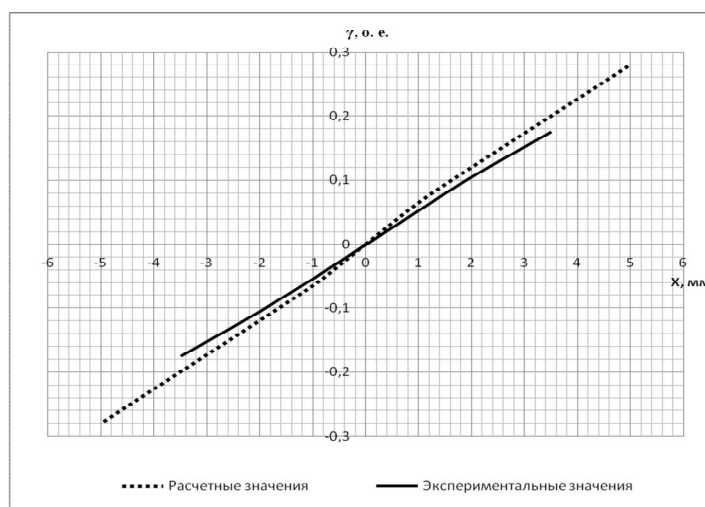


Рис. 2. Выходная характеристика

Рассчитанные и экспериментальные данные имеют близкие значения. Выходная характеристика, построенная по рассчитанным данным, имеет отклонения 8% от характеристики, построенной по экспериментальным данным в точке 3,5 мм рабочего хода. Это говорит о том, что методика верна и может применяться для оптимизации и совершенствования характеристик датчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алейников А.Ф. и др. Датчики (перспективные направления развития) / А.Ф. Алейников, В.А. Гридчин, М.П. Цапенко. — Новосибирск: НГТУ, 2001. — 176 с.
2. Шидлович Л.Х. Дифференциальные трансформаторы и их применение. М. — Л.: «Энергия», 1966.- 96 с. с черт.
3. Электромеханические аппараты автоматики: Учеб. для вузов по спец. «Электрич. аппараты» // Буль Б.К., Буль О.Б., Азанов В.А., Шоффа В.Н. — М.: Высш. шк., 1988. — 303 с.: ил.

ВЫРАВНИВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ИЗНОСА ПОВЕРХНОСТИ КАНАЛА КОАКСИАЛЬНОГО МАГНИТОПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ

Привезенцев С.И., Шарипов Р.Р.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск

В коаксиальном магнитоплазменном ускорителе (КМПУ) (рис. 1) материал для получения нанодисперсных порошков нарабатывается электроэрозионным путем с поверхности ускорительного канала (УК) титанового ствола (ВТ1-0) [1]. Эффективность использования ствола зависит от величины электроэрозионного износа по его длине. В связи с этим исследование электрической эрозии УК КМПУ является актуальной задачей.

Характер электроэрозионного износа поверхности УК по длине изучался путем разрезания отработанного ствола на равные отрезки длиной 10÷20 мм, их взвешивания, определения дефекта массы по сравнению с эталонным отрезком, построения и анализа эпюр дифференциального износа по длине УК $\Delta m(\ell_{ук})$.

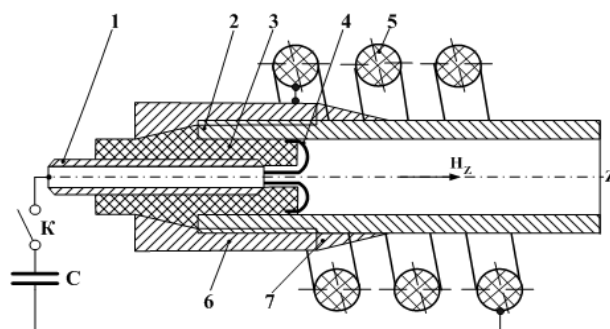


Рис. 1. Конструкция КМПУ: 1) центральный электрод; 2) электрод-ствол; 3) изолятор центрального электрода; 4) электровзрывающиеся проводники; 5) соленоид; 6) заглушка; 7) дополнительный экран

Одним из недостатков рассматриваемой системы как технологической установки является неравномерность электроэрозионного износа по длине УК, обусловленная неустойчивостью скорости плазменного течения [2]. При многократной частотной работе укорителя может произойти перегорание стенки ствола в месте максимума эрозии. Это снизит эффективность использования ствола как расходного материала. На титановых стволах максимальный пик эрозии, значительно превышающий ее среднее значение, имеет место на начальном участке ствола длиной 40-50 мм (кривая 2, рис. 2). На остальной - основной части ствола с оптимальными для конкретных условий параметрами ускорителя эрозия достаточно равномерна.

Ранее полученные данные по влиянию экранирования [3] позволили сделать предположение о возможности устранения этого пика эрозии за счет частичного усиления экранирования начального участка ствола. Причем необходимо обеспечить плавное уменьшение поперечного сечения стенки экрана на этом участке ствола с целью исключения эффекта “магнитной пробки”. Это может быть достигнуто при использовании дополнительного электромагнитного экрана с внешней конусообразной поверхностью (7, рис.1).

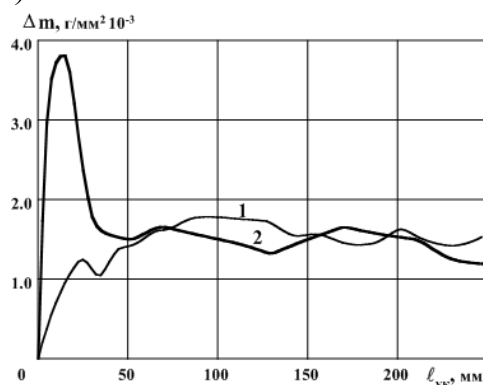


Рис 2. Эюры $\Delta m(\text{лук})$: 1) при экранировании начального участка УК, 2) без экранирования

Для экспериментальной проверки этого предположения была проведена серия опытов на титановых стволах с использованием дополнительного экрана из Ст.3 с диаметром основания конуса $d=44$ мм и длиной $l.=50$ мм и без него при следующих условиях: $C=42 \cdot 10^{-3}$ Ф; $U_{зар.}=3.2$ кВ; длина УК $l_{ук.}=275$ мм; $d_{ук.}=21$ мм. результаты испытаний представлены на (рис. 2) в виде эпюр $\Delta m(l_{ук.})$. Из сравнения кривых видно, что при использовании дополнительного электромагнитного экрана исключается пик эрозии на начальном участке ствола, что обеспечивает выравнивание электроэрозионного износа по длине УК и максимальное использование титанового ствола в технологическом процессе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивков А.А., Герасимов Д.Ю., Цыбина А.С. Электроэрозионная наработка материала в коаксиальном магнитоплазменном ускорителе для нанесения покрытий // Электротехника. – 2005. – № 6. – С. 25–33.
2. Пирумов У. Г., Росляков Г. С. Газовая динамика сопел. - М.: Наука, 1990.- 368 с.
3. Герасимов Д.Ю., Сайгаш А.С., Шарипов Р.Р., Привезенцев С.И. Влияние короткозамкнутого фланца соленоида коаксиального магнитоплазменного ускорителя на электроэрозионный износ поверхности ускорительного канала. Фундаментальные проблемы новых технологий в 3-м тысячелетии. Материалы 3-й Всероссийской конференции молодых ученых. Томск: Изд-во ИОА СО РАН. 3-6 марта 2006 г., с. 29-33.

СОДЕРЖАНИЕ

КРУГЛЫЙ СТОЛ 3. СТРАТЕГИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КАК СОВРЕМЕННАЯ ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В РОССИИ Видяев И.Г.	4
МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА МАГИСТРАНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕЛОВЫХ ИГР ПО ОПЕРАТИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ Калани Э.Я.	7
ПРОБЛЕМЫ ЗАПАДНО – СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ В НАЧАЛЕ ТРЕТЬЕГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ Едешева Ч.В.	11
КАЧЕСТВО РАБОЧЕЙ СИЛЫ, КАК УСЛОВИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Гаврикова Н.А., Долгих И.Е.	15
КОНЦЕПЦИЯ «SMART GRID» КАК СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ Видяев И.Г.	18
ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ Боголюбова М.Н., Охотин И.С.	21
НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ В МОБИЛЬНОСТИ В IT-ОТРАСЛИ Стрельников А.В.	24
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ Гаврикова Н.А.	29
МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ ЭНЕРГОАУДИТА Видяев И.Г.	31
ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОЙ МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ Гаврикова Н.А.	34

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ В МЕТАЛЛУРГИИ Видяев И.Г.	37
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕЙ ОБМЕНА ДАННЫМИ И ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ Мартюшев Н.В.	40
СИСТЕМА ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ, КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ Гаврикова Н.А.	44
ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ АППАРАТНЫХ КОМПОНЕНТОВ IT-ИНФРАСТРУКТУРЫ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «УМНОГО ДОМА» Лаптев И.А.	47
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ Гаврикова Н.А.	51
КАБЕЛИ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК Стасевская А.И.	53
ТЕПЛОПРОВОДНАЯ НАНОКЕРАМИКА ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ И СОПУТСТВУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДАМИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Никитушкин И.В., Анненков Ю.М.	58
АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ Чернухин Р.В.	61
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ Валиуллин К. Р., Семенова Н. Г.	64
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ПОЛЯ В КАБЕЛЯХ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ Стрыжков А.Е.	69
ДУХСТОРОННЕЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЕ ПРЕССОВАНИЕ КОРУНДО-ЦИРКОНЕВОЙ КЕРАМИКИ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ Дуданец А.А.	70

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ ИТТРИЙ-БАРИЕВЫХ КУПРАТОВ	
Степанов К.И.	75
ТРАДИЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХПРОВОДНИКОВ ИЗ ИТТРИЙ-БАРИЕВЫХ КУПРАНТОВ	
Лазарева Н.В., Выгузов Д.О.	78
ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМНОГО ЗАРЯДА НА РАЗВИТИЕ ПРОБОЯ В СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ДИЭЛЕКТРИКАХ	
Барсуков Д. А.	81
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ РАДИОЧАСТОТНЫЙ КАБЕЛЬ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПРИБОРНОГО МОНТАЖА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ	
Потеряева Н.Л.	84
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОЙ ЖИДКОСТИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ В КОНСТРУКЦИИ КАБЕЛЕЙ	
Матери Т.М.	88
ИССЛЕДОВАНИЕ СТАРЕНИЯ ОДНОЖИЛЬНОГО ПРОВОДА С ИЗОЛЯЦИЕЙ И ОБОЛОЧКОЙ ИЗ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТА	
Белёва Е.С.	91

**КРУГЛЫЙ СТОЛ 4.
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

АУТСОРСИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ СОКРАЩЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	
Видяев И.Г.	96
ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И БИЗНЕСС-ПРОЦЕССОВ	
Лаптев И.А.	99
РЕЗИДЕНТНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА СТАНКАХ С ЧПУ	
Горелова А. Ю., Кристаль М. Г.	103
ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
Беккер А. В.	107

СОЗДАНИЕ ПРИКЛАДНОЙ БИБЛИОТЕКИ МОДЕЛЬНОЙ ОСНАСТКИ В СРЕДЕ КОМПАС-3D Висторопский А.Д., Жохов Р.В.	109
СОВРЕМЕННЫЕ СТАНДАРТЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕРВЕРА Видяев И.Г.	113
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ СИГНАЛА ФАЗ В КОМПЬЮТЕРНОМ АНАЛИЗЕ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ Бубёнов С.С.	118
ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ Беккер А. В.	121
НАДЕЖНОСТЬ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ТРОЛЛЕЙБУСА Николаев Д.В.	124
ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННОГО КОНТАКТОРА Суетина Н.И.	127
ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ РАСЧЁТЫ АСИНХРОННОГО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ Кашеутов Д.В.	130
АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ Кормилин Ю. А., Гирник А. С.	133
АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРОЛЛЕЙБУСОВ МАРКИ АКСМ - 321 Черепенников О.В.	137
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОГАБАРИТНОГО ИНДУКЦИОННОГО ЛИНЕЙНОГО ДАТЧИКА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО – ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА С РАБОЧИМ ХОДОМ ШТОКА ± 15 ММ Абрамовская А.В.	140
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ ПРИВОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ ГИДРОИМПУЛЬСНОГО МЕХАНИЗМА БУРИЛЬНЫХ МАШИН Юровский П.Г.	146

СИЛОВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ Ерофеев Е.В., Кагадей В.А.* , Казимиров А.И., Федин И.В.	150
ПРИВОДЫ ТЯГОВЫХ АППАРАТОВ Бурец А.С.	153
ГАШЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ В АВТОМАТИЧЕСКОМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕ Пашковский В.В.	156
МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНТАКТОРА ПК-32А ДЛЯ ЭЛЕКТРОВОЗА 2ЭС6 «СИНАРА» Феоктистов К.А.	161
ОПТИМИЗАЦИЯ ДУГОГАСИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ КОНТАКТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА Динь Конг Кюи.	163
RESEARCH IONIZING EFFECT OF VARIOUS SUBSTANCES AND COVERED ELECTRODES Bezginov R.	166
АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ Михеев А.Ю.	170
О КУМУЛЯТИВНОМ МЕХАНИЗМЕ СВЕРХГЛУБОКОГО ПРОНИКАНИЯ МАТЕРИАЛА ГИПЕРЗВУКОВОГО ПОТОКА В ТВЕРДЫЕ ПРЕГРАДЫ Сайгаш А.С.	172
РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЯ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТМГ-160/10 В ПРОГРАММЕ ELCUT Фролов А.А.	173
ЗАМЕНА ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ В БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕМ КОНТАКТОРЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА БК-78Т Кулибаба М.В.	177
ДИНАМИКА ПЛАЗМЕННОЙ СТРУКТУРЫ В УСКОРИТЕЛЬНОМ КАНАЛЕ КОАКСИАЛЬНОГО МАГНИТОПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ Шарипов Р.Р., Сайгаш А.С., Привезенцев С.И.	179

ИССЛЕДОВАНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА Клюковский С.В.	181
ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ Клочихин Ю.А.	186
СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ АСИНХРОННЫХ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ КЛАССИЧЕСКИМ МЕТОДОМ И ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ ELCUT Асланян Р.О.	190
АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ШЕСТЕРЕНЧАТЫХ НАСОСОВ НА ПРИМЕРЕ НШН-600 Массон И.А.	193
ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСЕВЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ Пушкарев И.И., Ильченко И.С.	196
ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ ТРОЛЛЕЙБУСОВ Фисюнова Е.В.	199
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭРОЗИЯ ПОВЕРХНОСТИ УСКОРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА КОАКСИАЛЬНОГО МАГНИТОПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ Великосельский В.С.	204
СТАЦИОНАРНОЕ ВРАЩЕНИЕ НЕУРАВНОВЕШЕННОГО РОТОРА, ЧАСТИЧНО ЗАПОЛНЕННОГО ЖИДКОСТЬЮ ПРИ ДЕЙСТВИИ СИЛ ВНЕШНЕГО ТРЕНИЯ Пономарёв А.В.	208
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ Кортенко А.В.	212
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ Гулин А.О.	214
БЕСКОНТАКТНОЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ КОММУТАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО Номоконова Ю.А., Розаев И.А.	218

РАСЧЕТ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭМА С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ(МКЭ), РЕАЛИЗОВАННОМ В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ ELCUT И ANSYS Серов А.Б.	221
ВОПРОСЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ Володин С.С.	226
ВЫБОР ПРОТОТИПА МАГНИТНОГО ПУСКАТЕЛЯ Ринчино Ж.С.	231
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ Кунулеков Д.С.	234
ПРИБОР ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ОХЛАЖДЕНИЯ И МЕТОДИКА ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ Файзуллин Р. Р.	238
РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА ДИСКОВЫХ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ЗАДАННЫМ БЫСТРОДЕЙСТВИЕМ Шараевский А.А., Баранов П.Р.	242
ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАМВАЕВ Калугин В.М.	249
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ ИТТРИЙ-БАРИЕВЫХ КУПРАТОВ Степанов К.И.	252
НЕОБХОДИМОСТЬ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Беккер А. В.	256
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКА УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ Торопов А. В.	258
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОНТАКТОРЫ Коробков А.А.	262

ВЛИЯНИЕ КОРОТКОЗАМКНУТОГО ФЛАНЦА СОЛЕНОИДА КОАКСИАЛЬНОГО МАГНИТОПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ НА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЙ ИЗНОС ПОВЕРХНОСТИ УСКОРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА	
Шарипов Р.Р, Привезенцев С.И.	267
ОПТИМИЗАЦИЯ ДАТЧИКА ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	
Фролова С.В.	272
ВЫРАВНИВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ИЗНОСА ПОВЕРХНОСТИ КАНАЛА КОАКСИАЛЬНОГО МАГНИТОПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ	
Привезенцев С.И., Шарипов Р.Р.	275

Научное издание

**ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ГЛАЗАМИ МОЛОДЕЖИ**

**СБОРНИК ТРУДОВ
РОССИЙСКОЙ МОЛОДЕЖНОЙ НАУЧНОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

В двух томах

Том 2

Подписано в печать 03.12.2013.

Формат 60x84/16.

Бумага «Svetocopy», «ColorCopy». Печать XEROX.

Усл.печ.л. 33,24. Уч. –изд.л. 11,89.

Заказ 2/03.12.13 – 13. Тираж 30 экз.



ООО «СКАН», Студенческий центр, 634050, Томская область г.
Томск, Ул. Советская,80, тел.: (3822) 56-17-26, e-mail:
ntb@scan.tom.ru,
сайт: scan.tom.ru.