

Секция 34
«Современные технологии в электротехнике, электромеханике, электроэнергетике»

Содержание:

Бессонов В.Г. ТРАНЗИСТОРНЫЙ НЕПОСРЕДСТВЕННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ.....	2875
Бикбулатова О.Г. НЕОБХОДИМОСТЬ КОНТРОЛЛИНГА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ КОМПАНИЯХ В УСЛОВИЯХ РЕФОРМИРОВАНИЯ РАО «ЕЭС РОССИИ».....	2879
Гумовский Ю.Н., Кильметьева О.И. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ В СЕТЯХ 220 кВ ОАО «ТАЙМЫРЭНЕРГО-НОРИЛЬСКЭНЕРГО».....	2885
Гусаров В.А., Султанов Н.З., Гусаров А.А. КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕГРИРОВАННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСАМИ.....	2894
Гусаров В.А, Гусаров А.А, Дюгаева Л.В ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ШТАНГОВЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК.....	2900
Дыч А.В., Чехранова А.В. Соколов В.Ю. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ.....	2903
Абдюкаева А.Ф., Алешина С.К., Кильметьева О.И. АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ АСКУЭ В СЕТЯХ 0,4 КВ.....	2906
Кулеева Л.И. ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ» С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ MathCAD.....	2910
Миннихметов Р.Ю. ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДОМ ДЛЯ ПРОМЫВКИ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ВЕРТОЛЁТА.....	2913
Наумов С.А. РАЗРАБОТКА УЧЕБНО – ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ ТЕПЛОЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ.....	2918
Нелюбов В.М. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ УСЛОВИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ С СПЭ ИЗОЛЯЦИЕЙ.....	2921
Омельяненко К.Н. АВТОМАТИЧЕСКАЯ АРГОНОДУГОВАЯ СВАРКА ТРУБОПРОВОДОВ.....	2924
Омельяненко Н.А. АНАЛИЗ ОСТАТОЧНОГО СИГНАЛА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДАТЧИКАХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ.....	2930
Садчиков А. В. ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ОТРАСЛЕВОМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ...	2936
Бухарин А.Б., Саликов М.П., Тимашев Е.М. УРОВЕНЬ ШУМА И НАПОР ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ С РАЗЛИЧНЫМ ЧИСЛОМ ЛОПАТОК ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВЕНТИЛЯТОРА.....	2938
Саликов М.П. ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ, ПРИВОДЯЩИХ К НЕСОВПАДЕНИЮ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ ВО ВРЕМЕНИ.....	2941

Жежера Н.И., Семенов Д.М. ПОВЫШЕНИЕ ЗАГРУЖЕННОСТИ ЛИНИЙ СВЯЗИ СИГНАЛАМИ ПРИ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИИ.....	2945
Соколов В.Ю. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕ- ДОВАНИЯХ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКОВ.....	2948
Ушакова Н.Ю. ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОД- ХОДА В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИНАХ.....	2952
Хлуденев А.В., Пославский А.П., Худорожков О.В. ПОМЕХОЗА- ЩИЩЕННЫЙ КАНАЛ ВВОДА АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ.....	2955
Хлуденев А.В., Худорожков О.В. АППАРАТНАЯ ТАБЛИЧНО- АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЯ КВАД- РАТНОГО КОРНЯ.....	2960
Худорожков О.В., Хлуденёв А.В. ИЗМЕРЕНИЯ И ОБРАБОТКИ РЕ- ЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИН- ФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ.....	2964
Худорожков О.В., Хлуденёв А.В., Даминов Д.А. КОМПЛЕКС ИЗМЕ- РИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОБСТВЕН- НОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ В ДИАПАЗОНАХ...	2970
Худорожков О.В., Хлуденёв А.В., Даминов Д.А. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ.....	2975
Ямансарин И.И. О НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ.....	2980

ТРАНЗИСТОРНЫЙ НЕПОСРЕДСТВЕННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Бессонов В.Г.

Оренбургский государственный университет

На современном этапе развития полупроводниковой техники к преобразователям частоты в составе электропривода предъявляются следующие требования [1]: обеспечение высокой точности отработки заданного выходного напряжения (тока); обеспечения возможности для двунаправленного потока энергии от сети к нагрузке и наоборот; единичный входной коэффициент мощности; соответствия требованиям электромагнитной совместимости. Среди преобразователей частоты, в наибольшей степени приведенным требованиям отвечает транзисторный непосредственный преобразователь частоты (НПЧ), разработкой и исследованием которого уже несколько лет занимается научная группа ОАО «Рудоавтоматика» (г. Железногорск, Курская область) совместно с аспирантами кафедры автоматизированного электропривода Оренбургского государственного университета. Данный преобразователь частоты рекомендуется к использованию в экскаваторном электроприводе.

Опытный образец транзисторного НПЧ спроектирован по модульному принципу. Это позволяет в случаях неисправности модуля заменить его персоналу, не имеющего специальной подготовки. Время замены одного модуля составит примерно 10-15 минут, что значительно сокращает длительность ремонта экскаватора. А, как известно, значительный простой такой машины влечет за собой колоссальные затраты. Каждый модуль включает в себя следующие основные части: три двунаправленных ключа, формирующих одну выходную фазу преобразователя; датчик тока; плату управления на базе микроконтроллера dsPIC30F3011; плату драйверов, формирующую необходимые импульсы управления IGBT транзисторами (-5 В – на закрытие, +15 В – на открытие). Упрощенная структура системы «транзисторный НПЧ-АД» с микропроцессорным управлением представлена на рисунке 1. S_1 - S_2 , ... S_{17} - S_{18} – представляют собой встречно-параллельные транзисторные ключи, ДТ – датчик тока, ДН – датчик напряжения.

Реализованная микропроцессорная система управления (МПСУ) по сравнению с аналоговой системой обладает следующими преимуществами: большей компактностью и надежностью, точностью и гибкостью.

В [2] подробно рассмотрен алгоритм программы управления транзисторным НПЧ при релейном формировании тока нагрузки. Представленный алгоритм управления работой транзисторным непосредственным преобразователем частоты не требует больших вычислительных возможностей, но обуславливает достаточно жесткие требования к скорости и точности сравнения тока нагрузки I_n с током задания I_z . Ток задания (как постоянный, так и переменный) задается и сравнивается с током обратной связи программно, что освобождает нас от разработки генератора задающего сигнала и приме-

нения различных компараторов, что делает данную систему более точной и надежной.

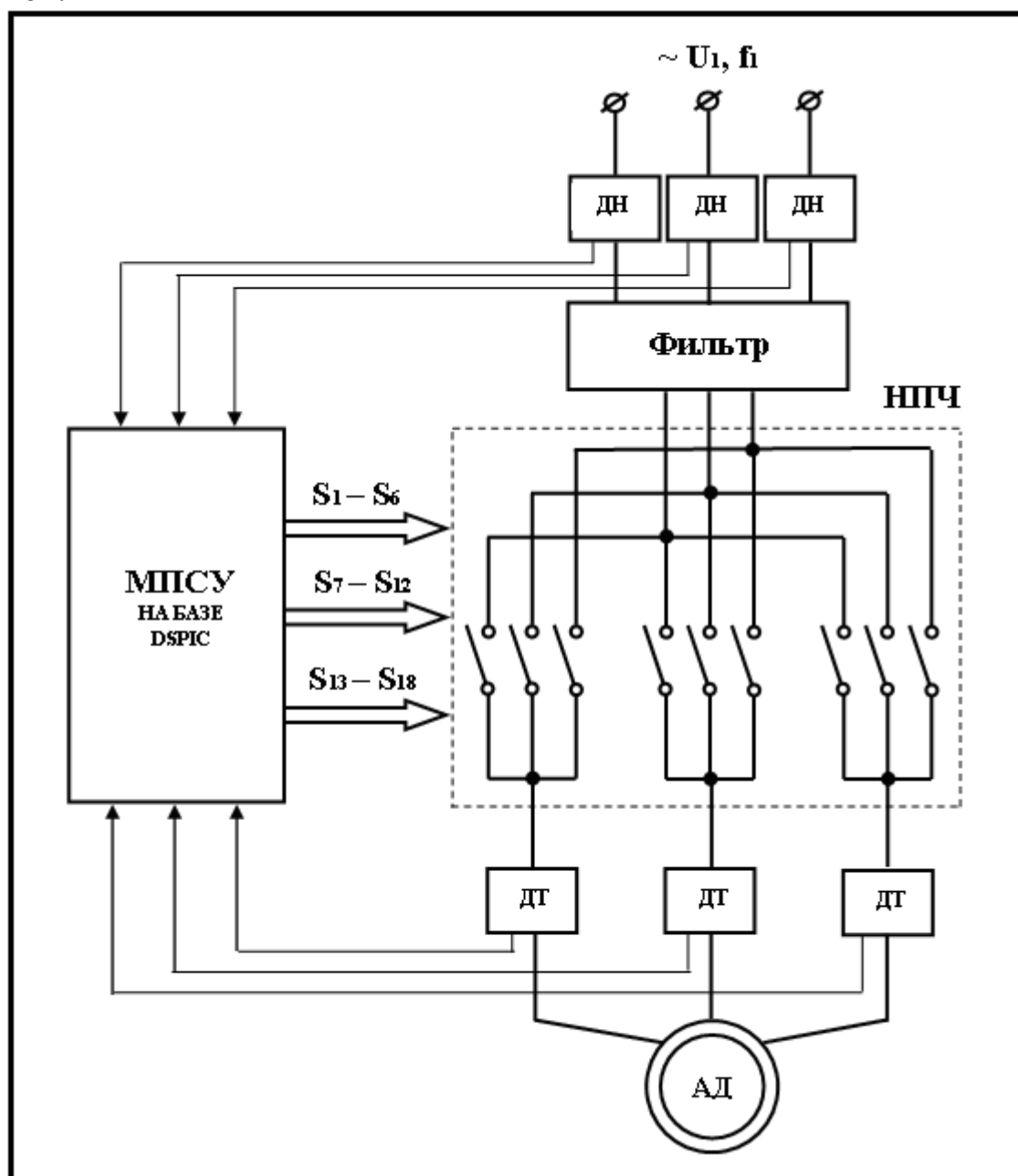


Рисунок 1 – Упрощенная структура системы «транзисторный НПЧ-АД» с микропроцессорным управлением

С энергетической точки зрения данный преобразователь зарекомендовал себя с хорошей стороны. У него достаточно высокий КПД, коэффициент мощности примерно равен единицы, недорог относительно существующих систем экскаваторного электропривода [3]. При использовании соответствующего алгоритма управления транзисторным НПЧ возможно получить практически синусоидальные токи в нагрузке. Что является достаточно важным фактором для питания общепромышленных электродвигателей переменного тока, т.к. несинусоидальность токов приводит к снижению перегрузочного момента электродвигателя, дополнительным потерям (соответ-

венно рост температуры), необходимости улучшения изоляции и установки выходных фильтров, применения специальных подшипников, электромагнитные помехи, шумы [2,4].

На рисунке 2 приведены осциллограммы выходных токов НПЧ различной частоты, смоделированные в программном пакете Matlab/Simulink.

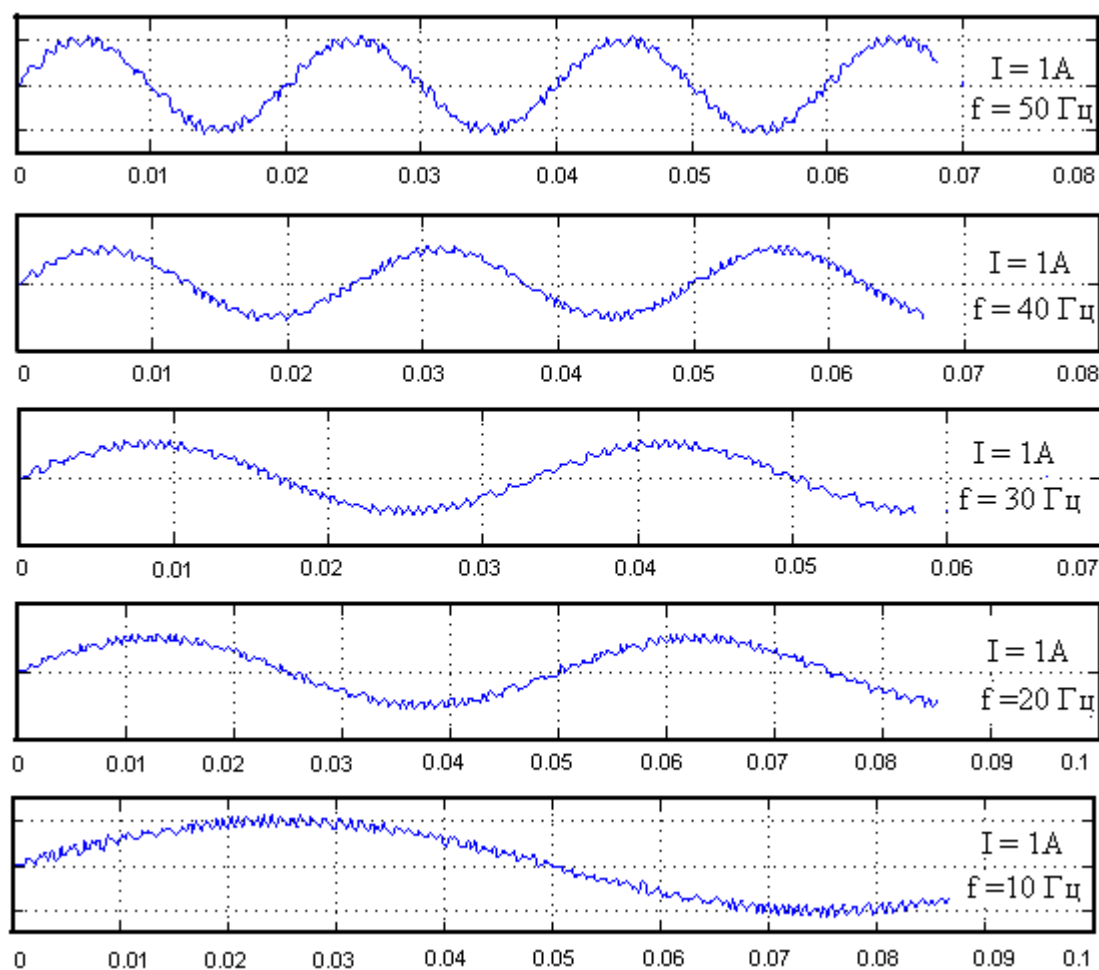


Рисунок 2 – Осциллограммы токов при различных частотах (50, 40, 30, 20 и 10 Герц)

Одной из самых важных задач при разработке цифровой системы управления является правильный выбор микроконтроллера. В опытном образце модуля НПЧ был использован микроконтроллер dsPIC30F3011. Так как он обладает рядом необходимых периферийных устройств. Для измерения электрических переменных микроконтроллер должен иметь встроенный АЦП с разрешением не ниже 10-12 двоичных разрядов, порты ввода/вывода (для ввода сигналов обратных связей и вывода управляющих сигналов), таймеры (для задания временных задержек). Очень важным фактором в работе транзисторного НПЧ является быстрота реагирования контроллера на сигнал обратной связи, т. к. это является значимым условием для формирования выходного синусоидального тока. Микроконтроллер dsPIC30F3011 имеет следующие основные параметры: быстродействие – 30 MIPS (млн. оп. в сек.); память программ, байт/инструкций – 24/8 К; ОЗУ, байт – 1024; тай-

меры, 16 бит – 5; АЦП, 10 бит – 13 каналов; частота преобразования АЦП – 100 кГц; 5 портов ввода-вывода и т. д.

Внешний вид платы управления опытного образца транзисторного НПЧ представлен на рисунке 3.

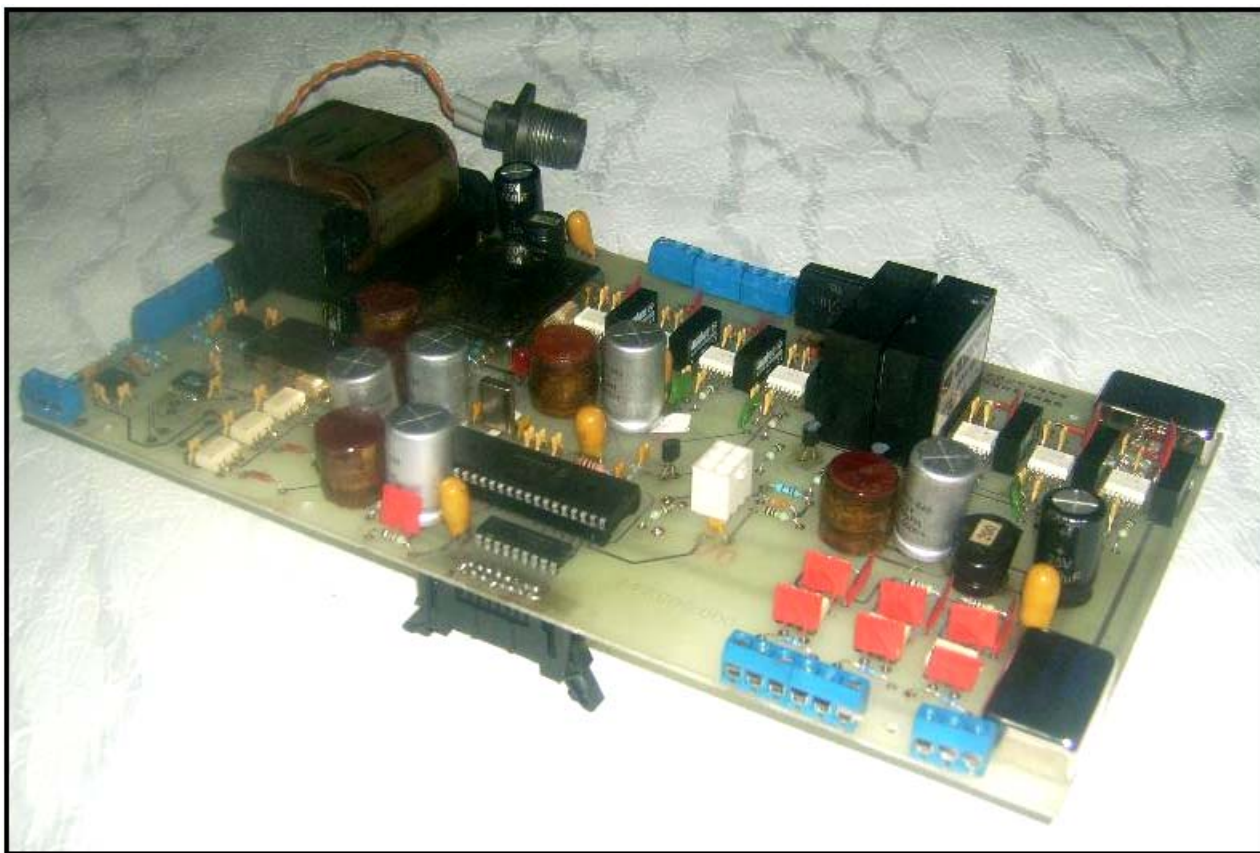


Рисунок 3 – Внешний вид платы управления опытного образца транзисторного НПЧ

Список используемых источников.

1. Бессонов В.Г. Перспективы развития матричных преобразователей частоты. Вестник ОГУ. - Оренбург: ОГУ, 2008. - №82. - С.227.

2. Бессонов В.Г. Алгоритм программы управления трехфазно - однофазным транзисторным НПЧ при релейном формировании тока нагрузки. Современные информационные технологии в науке, образовании и практике. Материалы VII всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). – Оренбург: ОГУ, 2008. – С.238-243 с.

3. Могучев М.В. Улучшение динамических и энергетических показателей электроприводов экскаваторов, выполненных на базе моноблочного транзисторного преобразователя с прямым обменом энергией с сетью. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Самара, СамГТУ, 2006.

4. Шевченко А.Н. Совершенствование регулировочных и энергетических показателей крановых электроприводов на основе транзисторных преобразователей переменного тока. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н.- Самара, СамГТУ, 2007.

НЕОБХОДИМОСТЬ КОНТРОЛЛИНГА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ КОМПАНИЯХ В УСЛОВИЯХ РЕФОРМИРОВАНИЯ РАО «ЕЭС РОССИИ»

Бикбулатова О.Г.

**Бузулукский гуманитарно-технологический институт филиал
Оренбургского государственного университета, г. Бузулук**

Для дальнейшего интенсивного развития региональной энергетики в условиях роста неопределенности и динамики внешней среды, усложнения процессов и взаимосвязей внутри предприятий требуется разработка новых подходов к управлению предприятиями. Наиболее рационально использовать достижения уже доказавшие свою эффективность, к числу которых относится контроллинг.

Контроллинг ориентирован, прежде всего, на повышение эффективности управления затратами, на непрерывное и систематическое отслеживание внутренних и внешних изменений и выработку комплекса воздействий по предупреждению и устранению нежелательных тенденций и кризисных ситуаций. Это наиболее актуально для предприятий энергетики, поскольку именно в рациональном управлении себестоимостью продукции находится основной резерв повышения прибыльности из-за низкой эластичности спроса на тепло- и электроэнергию.

Несмотря на то, что в современной экономической науке широкую известность получили общие теоретико-методологические подходы к контроллингу как зарубежных, так и отечественных ученых, тем не менее, остаются недостаточно проработанными теоретические и методические аспекты контроллинга на предприятиях энергетики. Это связано с тем, что для таких предприятий характерны разветвленные и мощные информационные потоки, которые нуждаются в специальных комплексных технологиях сбора, обработки, структуризации, передачи, хранения и использования информации.

Необходимость реорганизации распределительных сетевых компаний (РСК) была обусловлена следующими факторами:

- количество сетевых организаций стремительно увеличивалось в основном за счет частных компаний в связи с отменой лицензирования деятельности по эксплуатации электрических сетей;
- возростала «лоскутность» сетей (электрические сети МУП, ведомственные сети, бесхозные сети);
- контроль за количеством сетевых организаций фактически был утрачен;
- реальные рычаги влияния органов власти на инвестиционную политику сетевых организаций отсутствовали;
- отсутствовал единый центр ответственности за надежность и качество оказания услуг по передаче электроэнергии;
- отсутствовала единая система оперативно-технологического управления.

В 2006 году в ОАО «ФСК ЕЭС» началась разработка стратегии развития распределительного сетевого комплекса России до 2015 года, главной целью которой является привлечение масштабных инвестиций в распределительный сектор в связи с невозможностью обеспечить инвестиционные потребности РСК при действующей системе регулирования.

Целями реформы РСК по эффективности являются:

- к 2010 году вывести РСК на стабильную рентабельность на уровне компаний РФ с сопоставимыми рыночными рисками;
- к 2015 году довести показатели операционной эффективности РСК до уровня РСК развитых стран за счет экономических стимулов.

Целями реформы РСК по долгосрочной инвестиционной привлекательности являются:

- к 2010 году увеличить капитализацию РСК до уровня РСК стран с сопоставимым экономическим развитием;
- до 2015 года привлечь \$55 млрд. (в ценах 2007 года) для выполнения целей по эффективности и энергетической безопасности;
- к 2015 году довести рыночную стоимость капитала для РСК до уровня стоимости капитала для РСК стран с сопоставимым экономическим развитием.

Для достижения этих целей в 2007-2009 годах было намечено реализовать ряд изменений в работе распределительного сетевого комплекса.

Во-первых, это моделирование рыночных условий в распределительном секторе для объективного регулирования (11 сопоставимых по размерам операционных МРСК вместо 4 МРСК, консолидация МРСК которые ранее планировалось создавать в качестве холдингов).

Во-вторых, это разработка и внедрение системы регулирования на основе международного опыта RAB-регулирования.

В-третьих, это создание более эффективных механизмов государственного контроля над такими параметрами работы сетевых компаний как надежность и качество сервиса.

Созданные в ходе реструктуризации АО-энерго межрегиональные распределительные сетевые компании (МРСК) на этапе их межрегиональной интеграции будут объединены в несколько (до 5) холдинговых компаний, имеющих достаточные величину активов и рыночную капитализацию. Тарифообразование в МРСК будет также осуществляться на основе установления справедливой регуляторной базы капитала (РБК) и справедливой нормы возврата на вложенный капитал. Предполагается, что РБК каждой МРСК должна составить не менее 0,5 млрд. долларов США.

Изменение ранее существовавшей конфигурации МРСК связано с уточнением стратегии развития электросетевого комплекса РАО «ЕЭС России». В основу формирования новой конфигурации МРСК заложены принципы территориальной сопряженности и сопоставимости стоимости входящих в состав МРСК активов распределительных сетевых компаний. Размер зоны ответственности был настолько велик (под управлением одной

МРСК находилось до 31 компании), что это затрудняло оперативное реагирование на различные проблемные ситуации, возникающие при эксплуатации сетей, в частности, это негативно сказывалось при прохождении осенне-зимних периодов максимальных нагрузок. Кроме того, межрегиональные компании сравнивались в первую очередь по стоимости активов РСК. Необходимо было уравновесить этот оценочный фактор для того, чтобы на первый план вышли именно качественные показатели работы компаний.

МРСК формировались как полноценные операционные компании. Переход от холдингов к операционным компаниям позволил повысить качество оперативного управления сетевыми комплексами и уровень ответственности менеджмента МРСК перед акционерами и потребителями за финансовые результаты и надежность электроснабжения. Работа в рамках операционных компаний позволяет получить синергетический эффект и сократить издержки за счет оптимизации использования ресурсов – материальных, финансовых, человеческих.

Новая конфигурация МРСК построена с учетом лучшего международного опыта. Для исключения рисков обратной вертикальной интеграции сетевых компаний или консолидации МРСК между собой должны быть предусмотрены законодательные меры. Так, в Великобритании антимонопольное законодательство запрещает изменять юридический статус действующих распределительных сетевых компаний (их количество неизменно – 14), а также ограничивает количество компаний, которыми может владеть один собственник, что сохраняет конкурентную среду и обеспечивает прозрачность деятельности монополий для регулирования и общественного контроля.

В настоящее время большинство региональных сетевых компаний РФ объединены в холдинг - ОАО «Холдинг МРСК» (JSC «Holding MRSK»), в состав которого входят:

- ОАО «МРСК Центра»;
- ОАО «МРСК Северо-Запада»;
- ОАО «МРСК Урала»;
- ОАО «МРСК Сибири»;
- ОАО «МРСК Центра и Приволжья»;
- ОАО «МРСК Волги»;
- ОАО «МРСК Юга»;
- ОАО «МРСК Северного Кавказа»;
- ОАО «Ленэнерго»;
- ОАО «Тюменьэнерго»;
- ОАО «МОЭСК».

Внедрение контроллинга в РАО «ЕЭС России» началось с создания на предприятиях холдинга служб внутреннего технического аудита, проводящих работу на основании методических указаний головной компании холдинга.

Внедрение контроллинга в ОАО «Холдинг МРСК» началось с создания на предприятиях холдинга служб внутреннего технического

аудита, проводящих работу на основании методических указаний головной компании холдинга. Технический контроллинг существенно расширил возможности системы производственного контроля, он направлен на «заблаговременное выявление и предупреждение проблем функционирования технических комплексов, технологических и деловых процессов, с целью обеспечения и повышения их надежности, безопасности и эффективности».

Первая задача по модернизации систем контроля на основе контроллинга на предприятиях ОАО «Холдинг МРСК» заключалась в устранении недостатков, свойственных системе традиционной управленческой и производственной деятельности, которые заключаются в следующем:

- преимущественно реализуется «полицейская» функция контроля;
- преобладает инспекционный контроль с последующим большим списком выявленных недостатков;
- не организован внутренний контроль качества деловых процессов и систем управления;
- для осуществления аудита производственной деятельности привлекаются внешние аудиторы, чья квалификация зачастую вызывает сомнения;
- система доведения выявленных недостатков до управленческих решений, и, соответственно, до их устранения, неэффективна.

Вторая задача заключалась в том, чтобы показать разницу между традиционным контролем и контроллингом, преимущества внедрения последнего.

Менеджмент ОАО «Холдинг МРСК» находится в противоречивом положении. С одной стороны он должен управлять холдингом как целым хозяйственным механизмом, а с другой стороны, каждое дочернее общество имеет свои собственные органы управления, которые несут ответственность перед заинтересованными в их деятельности сторонами, среди которых государственные органы, инвесторы, миноритарные собственники, кредиторы, подрядчики и потребители.

Данное противоречие усложняют следующие обстоятельства:

- географическая удаленность дочерних предприятий от корпоративного центра;
- различная степень влияния центра на отдельные дочерние предприятия;
- гетерогенность бизнеса в каждом отдельном дочернем предприятии;
- различия в корпоративной культуре, включая внутренние стандарты планирования, учета, контроля, внутренней отчетности.

Вышеуказанное противоречие должно разрешаться с помощью механизмов, позволяющих транслировать управление виртуальным объектом (холдингом) на управление реальными предприятиями – самостоятельными юридическими лицами.

При этом должны быть предусмотрены возможности, позволяющие:

- устанавливать цели для холдинга, как единого целого;

- декомпозировать цели холдинга на цели отдельных дочерних предприятий;
- планировать хозяйственную деятельность предприятий, входящих в холдинг;
- учитывать информацию о хозяйственной деятельности и вырабатывать на ее основе управленческие решения.

При этом планы для каждого отдельного предприятия холдинга должны быть согласованы с планами для холдинга в целом и между собой, так как между предприятиями холдинга имеются хозяйственные связи.

Из противоположности логического и физического уровней управления в холдинге вытекают основные, объективные задачи менеджмента холдинга, обуславливающие цели контроллинга в холдинге.

Система связанных хозяйственными связями юридически самостоятельных предприятий является источником синергии, и основной целью управления холдингом является максимизация синергетического эффекта, который проявляется во взаимной кооперации частей холдинга. На уровне холдинга разрабатывается единый, корпоративный, стратегический план, обуславливающий хозяйственное поведение всех входящих в холдинг предприятий, обеспечивающее достижение целей холдинга.

Координация планирования, учета, контроля, анализа и подготовка принятия решений в кибернетическом цикле управления связанного с выполнением стратегического плана, и есть задача контроллинга в холдинге.

Вышесказанное обуславливает переход управления холдингом как единым экономическим объектом на стратегический уровень в противоположность оперативному уровню, который остается в ведении дочерних предприятий. Контроллинг в холдинге, таким образом, становится стратегически-ориентированным.

Исходя из сформулированной основной задачи контроллинга в холдинге вытекают следующие подзадачи:

- трансляция миссии холдинга в стратегические цели, выраженные в количественных показателях;
- декомпозиция стратегических целей холдинга на цели для дочерних предприятий;
- согласование функциональных и линейных планов в холдинге;
- согласование стратегических и оперативных планов;
- мониторинг достижения стратегических целей и исполнения стратегических планов.

Миссия ОАО «Холдинг МРСК», осуществляющего корпоративное управления МРСК, функционирующими на большей части территории Российской Федерации, заключается в обеспечении максимальной надежности и доступности распределительной сетевой инфраструктуры для потребителей во всех субъектах РФ, за счет предоставления услуг, соответствующих мировым стандартам качества.

Основными элементами стратегического развития Холдинга МРСК, направленными на реализацию данной миссии, до 2015 года являются:

- 1) введение стандартов надежности и качества обслуживания потребителей;
- 2) снижение износа сетей до уровня развитых стран (50%);
- 3) доведение показателей операционной эффективности МРСК до уровня сетевых компаний развитых стран;
- 4) увеличение доли долгосрочного заемного капитала в структуре финансирования инвестиционных программ МРСК (до 50% от задействованного в МРСК капитала);
- 5) выведение МРСК на стабильную рентабельность на уровне компаний РФ с сопоставимыми рыночными рисками;
- 6) доведение доли рынка электросетевых услуг МРСК на обслуживаемых территориях до 80%;
- 7) увеличение капитализации МРСК до уровня сопоставимых сетевых организаций экономически развитых стран.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ В СЕТЯХ 220 кВ ОАО «ТАЙМЫРЭНЕРГО-НОРИЛЬСКЭНЕРГО»

Гумовский Ю.Н., Кильметьева О.И.
Оренбургский государственный университет

В основу данной статьи легли реальные параметры климатических условий Крайнего Севера (г. Норильск) и воздушных линий электропередач (ВЛЭП) на 220 кВ.

ВЛЭП-220 кВ имеет протяженность 460 км. Она является энергомо-стом между Таймырэнерго и Норильскэнерго, которые расположены за По-лярным кругом на севере Красноярского края, содержит две таймырские гидроэлектростанции: Курейскую и Усть-Хантайскую. Станции связаны тремя цепями ВЛЭП-220 кВ между собой и четырьмя цепями – с приёмной энергосистемой соизмеримой мощности (см. рис. 1).

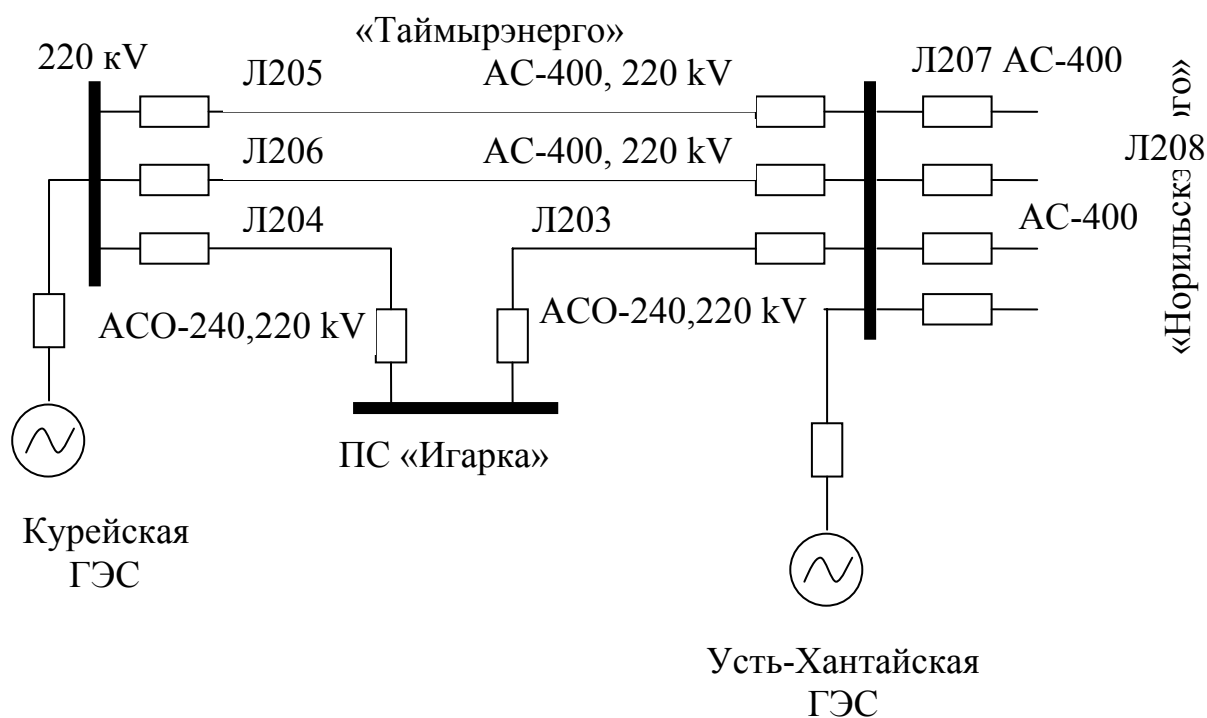


Рисунок 1

Мощность обеих станций выдаётся в Норильскую энергосистему. Перетоки мощности по связям всегда направлены в одну сторону, ограничиваясь их пропускной способностью.

Вопросы борьбы с гололёдными явлениями актуальны в связи с прохождением трасс ВЛЭП-220 кВ в четвёртом и особом климатических районах по гололёду, третьему по ветру. Необходимость плавки гололёда возникает в периоды осенне-весеннего межсезонья, в неустойчивых резкопеременных метеоусловиях, сопровождающихся осадками, усилением ветра и

понижением температуры воздуха. Изменение погодных условий может происходить очень быстро, например, за 1 час температура воздуха падает с 0°C до -20°C , ветер усиливается от слабого до ураганного. Это, как правило, происходит в часы минимума графика нагрузки. В сочетании со сниженной по сезону загрузкой связей, а, следовательно, пониженной температурой проводов, что способствует образованию на них гололёда. Прохождение трасс ВЛЭП по пересечённой труднодоступной местности, на высоте 500 м над уровнем моря на отдельных горных участках, способствует неравномерному обледенению линий. Преимущественное направление ветра по отношению к трассам ВЛЭП составляет примерно 90° , что также обуславливает неравномерное налипание гололёда на провода. Совокупность перечисленных условий предопределяет жесткие требования к временам подготовки и проведения мероприятий по предотвращению и ликвидации гололёдных отложений.

С точки зрения плавки гололёда, спецификой данной сети является большая длина ВЛ, не имеющих промежуточных отборов мощности, оборудование которых можно было бы использовать для организации более коротких участков плавки, отсутствие подпора реактивной мощности на приёмной ПС «РПП-220». Грозозащитные тросы имеются только на подходах к подстанциям, в связи с чем организация плавки на тросах не так актуальна.

Суммарный переток мощности от шин Усть-Хантайской ГЭС в Норильск в режиме зимнего максимума составляет $450\div 550$ МВт.

Для плавки льда необходимо:

- определить параметры, характеризующие метеоусловия, при которых необходима плавка;
- найти допустимые значения токов и затраты времени на обогрев проводов для выбранных расчётных условий;
- исследовать возможность плавки льда или профилактического подогрева проводов переменным или постоянным током для целей предупреждения гололёдообразования путём специальных схемно-режимных мероприятий;
- проработать вопросы эффективной организации плавки.

Для обеспечения высокой результативности процесса плавки требуется правильно определить значение тока и длительность плавки, существенно зависящих от ряда факторов: размера и плотности отложения на проводе, условий охлаждения (температуры воздуха и скорости ветра).

Все гололёдные отложения, имеющие практическую значимость для эксплуатации воздушных линий, подразделяются по внешнему виду и плотности на следующие категории: гололёд, зернистая и кристаллическая изморозь, мокрый снег и сложные отложения, каждая из которых формируется при определённых погодных условиях. Рассмотрим три субстанции: гололёд, зернистая и кристаллическая изморозь. Это характерные отложения для данного климатического района. Для эффективной плавки льда были разработаны девять вариантов под погодные условия, они приведены в таблице 1.

Таблица 1

Метеоусловия	Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с	Плотность отложения льда, г/см ³
<u>Нормативные:</u>			
гололёд	- 5	1,1	0,9
изморозь: зернистая	-	-	-
кристаллическая	-	-	-
<u>Лёгкие:</u>			
гололёд	- 1	2	0,7
изморозь: зернистая	- 3	2	0,1
кристаллическая	- 10	3	0,01
<u>Средние:</u>			
гололёд	- 1	7	0,75
изморозь: зернистая	- 5	5	0,3
кристаллическая	- 19	3	0,05
<u>Худшие:</u>			
гололёд	- 5	18	0,9
изморозь: зернистая	- 16	8	0,5
кристаллическая	- 22	7	0,1

При отсутствии ограничений диапазон приемлемых для плавки токов определяется наибольшим допустимым по механической прочности провода током, характеризующим условия нагрева свободного ото льда провода, и наименьшим током, который необходим для плавки гололёда в течение часа при тяжёлых метеоусловиях, т.е. при больших размерах отложения, скоростях ветра и низких температурах. Использование такого диапазона обеспечивает условия, при которых для данной марки провода в любых погодных условиях каждый вид отложения будет расплавлен за время, не превышающее один час.

Расчеты максимального и минимального токов плавки, а также её длительность берутся из опыта прошлых лет при условии совпадения температур воздуха по сезонам и равенства допустимой температуры нагрева провода 100⁰С согласно рекомендациям, а коэффициенты угла атаки ветра – единице с учётом реального расположения трассы ВЛ поперёк преимущественного направления ветра. При этом необходимо поддерживать на проводах положительную температуру, хотя бы +1⁰С, чтобы предотвратить образование льда.

С учётом погодных условий, приведённых в таблице 1, диапазон токов плавки гололёда достаточно велик и может быть выбран 300÷945 А для провода АС-240 и 430÷1345 А для АС-400 воздушной линии 220 кВ.

Для обеспечения указанного диапазона токов на шинах ГЭС повышали напряжение до 252 кВ (вместо 220 кВ), последовательно соединяли две ВЛ-220 кВ. Но бывали случаи, когда из-за погодных условий (сильный ветер, очень низкая температура) для получения желаемых результатов ВЛЭП со-

единяли параллельно и поднимали токи плавки льда. В 2001 году на линиях Л207 и Л208 (см. рис. 1) имели место сложные ледяные отложения (весна и осень) с толщиной стенки изморози 100 мм и более, в сочетании с чистым льдом на одной стороне провода до 40 мм при $t_{\text{воз}}^0 = -3 \div -5^\circ\text{C}$ и слабым ветром $2 \div 4$ м/с. Для ликвидации этих отложений потребовалось 23 минуты.

Наша задача заключается в определении времени плавки гололёда расчётным путём. Пусть внутри провода АС-400 действует источник тепла постоянной мощности P . Введём следующие предположения:

- температура провода в любой момент времени одинакова во всех точках объёма провода Θ ;
- теплоёмкость провода C не зависит от температуры;
- коэффициент теплоотдачи практически не зависит от превышения температуры и одинаков по всей поверхности тела.

Расчёт выполнялся для ЛЭП-220 кВ (Л207 и Л208) «Норильскэнерго»; протяжённость линии $L = 460$ км, провод марки АС-400, ток плавки $I_{\text{пл}} = 1135 \div 1345$ А при напряжении $U_{\text{ист.}} = 252$ кВ постоянного тока.

На проводах были отложения льда и изморози. Толщина стенки изморози в среднем 100 мм в сочетании с чистым гололёдом на одной стороне провода до 40 мм при температуре атмосферного воздуха -10°C и слабом ветре $V_{\text{в}} = 3$ м/с. Предельно допустимая температура нагрева провода - до 100°C с поддержанием положительной температуры на поверхности провода $+1^\circ\text{C}$, чтобы предотвратить образование льда.

Известно, что при протекании постоянного тока по проводнику, в последнем возникают потери мощности, которые в самом общем случае запишем так:

$$\Delta P = \int j \rho dv, \quad (1)$$

где j – плотность тока;

ρ – удельное электрическое сопротивление;

v – объём проводника (интегрирование проводят по всему объёму).

При однородном по всей длине проводника постоянного поперечного сечения, при равномерном распределении тока по сечению фазы ВЛ, выражение (1) будет иметь вид:

$$\Delta P = j^2 \rho v = j^2 \rho l s = I^2 R, \quad (2)$$

где l – длина проводника;

s – площадь поперечного сечения проводника.

С увеличением температуры (Θ) фазы возрастает её сопротивление; закон изменения сопротивления проводника от температуры в широком диапазоне температур обычно выражают рядом:

$$R = R_0 (1 + \alpha \Theta + \beta \Theta^2 + \gamma \Theta^3 + \dots), \quad (3)$$

где R_0 - сопротивление при 20^0C ;

α, β, γ – постоянные коэффициенты.

Для сравнительно узких пределов изменения температур ($-10^0\text{C} \div +100^0\text{C}$) обычно ограничиваются первым членом ряда, принимая

$$R = R_0(1 + \alpha \cdot \Theta), \text{ Ом.}$$

При пропускании постоянного тока через нагреваемое тело (фазный провод), активное сопротивление которого не равно нулю, электрическая энергия превращается в тепловую. Согласно Ленца-Джоуля количество теплоты Q (Дж), выделяемое при прохождении тока, будет равно:

$$(4) \quad Q = I^2 R t,$$

где I – ток фазного провода;

t – время прохождения тока, с.

Тепло, выделяемое в проводе текущим по нему током, расходуется почти исключительно на нагрев самого проводника. Обозначим удельную теплоёмкость провода, отнесённую к единице объёма, через C_v , а его удельное сопротивление – через ρ и будем считать эти величины в первом приближении постоянными. На основании закона Ленца-Джоуля количество тепла, выделяющееся за время dt в единице объёма равно

$$(5) \quad C_v d\Theta = \rho \left(\frac{I}{S} \right)^2 dt,$$

где $d\Theta$ - приращение температуры за время dt ;

S – площадь поперечного сечения проводника фазы, мм^2 ;

I – текущий по нему ток, А.

Если по проводнику протекает постоянный ток, то можно проинтегрировать уравнение непосредственно и получить для повышения температуры выражение

$$(6) \quad \Theta = \frac{\rho}{C_v} \left(\frac{I}{S} \right)^2 t.$$

Температура в этом случае растёт пропорционально времени.

Из справочника берём параметры провода марки АС-400: длительно допустимый ток – 835 А; $R_{20} = 0,078 \text{ Ом/км}$; $\varnothing_{\text{ст.серд.}} = 11,0 \text{ мм}$; $\varnothing_{\text{пр.}\Sigma} = 28,0 \text{ мм}$; $m_p = 1660 \text{ кг/км}$.

Расчеты производятся исходя из длительности ВЛЭП $L = 460 \text{ км}$.

Сопротивление фазного проводника ВЛ-220 кВ из материала:

$$R_{20} = 460 \text{ км} \cdot 0,078 \text{ Ом/км} = 35,88 \text{ Ом};$$

$$R_{10} = 35,88 \cdot (1 + 0,0049 \cdot (-30)) = 31,25 \text{ Ом};$$

$$R_{100} = 35,88 \cdot (1 + 0,0043 \cdot 80) = 48,2 \text{ Ом}.$$

Находим массу провода:

$$M = m \cdot L = 1660 \text{ кг/км} \cdot 460 \text{ км} = 763600 \text{ кг}.$$

Найдём массу льда:

$$M_{\text{льда}} = \left[\frac{\pi}{4} \cdot (0,28^2 - 0,028^2) \cdot 460000 \right] \cdot 0,72 / \text{см}^3 \cdot 10^{-3} = 19619 \text{ кг}.$$

$$\text{Объём льда: } V_{\text{л}} = 28027 \text{ м}^3.$$

$$\text{Боковая поверхность льда: } S_{\text{б.л.}} = (\pi \cdot 0,028) \cdot 460000 = 40443,2 \text{ м}^2.$$

По формуле Ньютона определим отдачу тепла с наружной поверхности провода АС-400 ледяному отложению (в Вт):

$$P = \kappa_{\text{то}} S (\Theta - \Theta_0) = 2,2 \cdot 10^{-3} \cdot 40443,2 \cdot 110^0 = 97 \text{ МВт},$$

где $\kappa_{\text{то}}$ – коэффициент теплоотдачи, численно равный мощности, отдаваемой нагретой поверхностью оболочке льда при разности температур «провод-гололёд», он равен:

$$\kappa_{\text{то}} = \kappa_1 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + \kappa_2 \cdot 10^{-2} \cdot (\Theta - \Theta_0)) = 1,11 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,88 \cdot 10^{-2} \cdot 110^0) = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/(см}^2 \cdot ^\circ\text{C)}.$$

$P = 97 \text{ МВт}$ – мощность, отдаваемая конвекцией и лучеиспусканием нагретого провода фазы гололёду, окружающему провод АС-400 при температуре 100^0C .

Теплоёмкость провода АС-400: $C = m \cdot C_p = 763000 \cdot 0,896 = 683\,648 \text{ кДж/град}.$

Постоянная времени нагрева (растопления) льда из уравнения Ньютона:

$$P dt = C d\tau + \kappa_{\text{то}} S dt.$$

За время dt энергия, генерируемая в теле АС-400, будет расходоваться на повышение температуры тела ($C d\tau$), а часть её ($\kappa_{\text{то}} S dt$) будет отдаваться ледовой оболочке. Тогда уравнение процесса нагрева провода АС-400 будет следующим:

$$\frac{d\tau}{dt} + \frac{\kappa_{\text{то}} S}{C} \tau - \frac{P}{C} = 0.$$

Частное решение τ_1 последнего уравнения:

$$\tau_1 = \frac{P}{\kappa_{mo} S} = \frac{97000}{22 \cdot 40443,2} = 0,11^0 C.$$

Общее решение дополнительного уравнения:

$$\frac{d\tau_2}{dt} + \frac{\kappa_{mo} S}{C} \tau_2 = 0, \text{ будет}$$

$$\tau_2 = A \cdot e^{-\frac{t}{T}},$$

где A – постоянная интегрирования;

$$T = \frac{C}{\kappa_{mo} S} = \frac{683648}{22 \cdot 40443,2} = 0,768 \text{ секунд} - \text{ это постоянная нагревания}$$

(таяния) льда.

$$\text{При } t = 0 \text{ и } \tau = 0 \text{ из уравнения } \tau = \tau_1 + \tau_2 = \frac{P}{\kappa_{mo} S} + A e^{-\frac{t}{T}},$$

$$0 = \frac{P}{\kappa_{mo} S} + A, \text{ т.е. } A = -\frac{P}{\kappa_{mo} S}.$$

После подстановки в уравнение выше получим:

$$\tau = \frac{P}{\kappa_{mo} S} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) = 0,11 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right).$$

На рисунке 2 представлено графическое изображение последнего выражения, из которого видно, что при $t = \infty$, которое соответствует процессу установления температуры, начиная при $5T$, $\tau = 0,768 \cdot 5 = 3,84$ секунды.

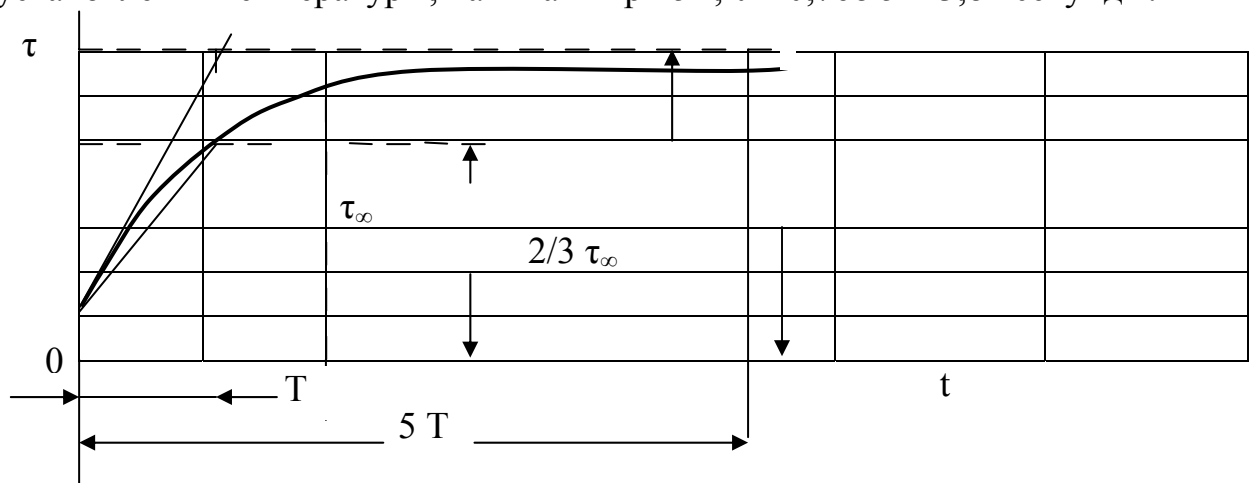


Рисунок 2

$$\text{То есть, } \tau_{\infty} = \frac{P}{\kappa_{mo} S}, \text{ если } \frac{\tau}{\tau_{\infty}} = \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right).$$

Таким образом, τ_{∞} равно установившемуся превышению температуры, когда выделяемая мощность P стано-

вится численно равной мощности, отдаваемой гололёду с поверхности нагретого провода АС-400 ($\kappa_{то} \cdot S \cdot \tau_{\infty}$).

$$\text{Считаем } \tau_{\infty} = \frac{P}{\kappa_{то} \cdot S} = const.$$

Определим количество теплоты, необходимое для нагревания провода АС-400 от -10^0C до $+100^0\text{C}$:

$$(7) \quad Q = c \cdot m \cdot \Delta t = 0,896 \cdot 763000 \cdot (100^0 - (-10^0)) = 75201280 \text{ кДж}.$$

А количество теплоты через электрические потери и время выглядит так:

$$(8) \quad Q = I^2 R t.$$

Теперь подставив (8) в (7), мы можем определить время нагрева провода до $t = 100^0\text{C}$.

$$t = \frac{Q}{I^2 R} = \frac{75201280}{1345^2 \cdot 39,73} = 1046,45 \text{ сек} \approx 17,44 \text{ мин}$$

Определим конечную температуру при теплообмене между «горячим» проводом и расплавляемым льдом.

$$c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2 = t_{\text{общ}} (c_1 m_1 + c_2 m_2)$$

$$0,896 \cdot 763000 \cdot 100^0 + 2,09 \cdot 19619 \cdot (-10^0) = t_{\text{общ}} (0,896 \cdot 763 \cdot 10^3 + 2,09 \cdot 19619)$$

$$67954762,9 = t_{\text{общ}} \cdot 724651,71$$

$$t_{\text{общ}} = 93,78^0\text{C}$$

Как видно из расчетов, время плавки оказалось приблизительно на пять минут меньше реального при эксперименте. Такое расхождение можно отнести к принятому нами предположению о постоянстве коэффициента теплоотдачи в процессе нагрева, что на самом деле не соответствует действительности. Коэффициент теплоотдачи зависит от превышения температуры поверхности, т.к. отдача тепла конвекцией в условиях установившихся и устанавливающихся явлений будет различной при всех остальных одинаковых условиях. Тем не менее, полученные результаты теоретических и расчётных выводов весьма важны, и их можно широко использовать в практике для определения расчётным путём времени плавки гололёда.

Литература.

1. Журнал «Электрические станции», № 7, 2003. - с. 49-54. Статья «Плавка гололёда переменным током в сетях 220 кВ».

2. Рюденберг Р. Переходные процессы в электроэнергетических системах. М.: ИЛ, 1955.- 714 с.
3. Андрэ Анго. Математика для электро - и радиоинженеров. М.: Изд. Наука, 1964.- 772 с.

КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕГРИРОВАННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСАМИ

**Гусаров В.А., Султанов Н.З., Гусаров А.А.
Оренбургский государственный университет**

Аннотация

На основании предложенных структур и алгоритмов работы автоматических устройств, алгоритмов формирования и обработки информационных массивов с помощью современных аппаратных и программных средств создана возможность интегрирования автоматизированной информационно-измерительной системы контроля и учета электроэнергии (АИИС КУЭ) и системы автоматического регулирования напряжения силовых трансформаторов в состав комплексной интегрированной автоматизированной системы для контроля, учета и управления энергоресурсами (ИАСУЭ) с целью совершенствования управления режимами работы электрических сетей, минимизации потерь электроэнергии, повышения показателей качества электроэнергии.

Действующая нормативно-правовая база в области электроэнергетики предъявляет жесткие требования к качеству электрической энергии (ЭЭ) поставляемой потребителям, обязывающая ее сертифицировать. Одним из основных показателей качества ЭЭ является отклонение напряжения от номинального значения, поскольку работа потребителей в большей или меньшей степени зависит от значения рабочего напряжения. Наиболее экономично и надежно потребитель работает при определенном оптимальном значении напряжения.

Отклонение напряжения от оптимального значения в сторону, как понижения, так и повышения приводит к ухудшению условий работы, снижению производительности механизмов, сокращению срока службы электрооборудования и т.п. [2]. Так, например, при снижении уровня напряжения на 10% вращающий момент асинхронных электродвигателей, пропорциональный квадрату напряжения, уменьшается на 19% а, следовательно, уменьшается и производительность приводного механизма. В осветительных установках снижение напряжения на 5% имеет следствием резкое снижение на 17,5% световой отдачи ламп. Нежелательно и чрезмерное повышение напряжения, следствием чего является ускоренный выход из строя осветительных ламп, нагревательных установок и другого электрооборудования.

Практические исследования в распределительных электрических сетях 0,38-10 кВ показывают, что в условиях эксплуатации электрических сетей обеспечить требования стандарта по установившемуся отклонению напряжения на выводах всех электроприемников без использования средств централизованного автоматического регулирования напряжения, установленных на трансформаторах в центрах питания (ПС 110-220/35/6-10 кВ) крайне затруднительно [3].

С точки зрения обеспечения требований к качеству электроэнергии у потребителей на вторичных шинах понижающих трансформаторов необходимо добиться напряжения 1,05-1,1 номинального для режимов минимальных - для режимов максимальных и номинального нагрузок соответственно.

При этом ограничивающими являются допустимые уровни напряжения по условиям работы изоляции, коронирования и по условиям регулирования напряжения в распределительных сетях. При повышении уровня напряжения улучшаются и другие показатели работы сети. Снижаются активные и реактивные потери, и увеличивается генерация реактивной мощности емкостью сети. Во многих случаях это одновременно приводит к некоторому увеличению пропускной способности линий.

Эффект от внедрения АРПН заключается в автоматическом отслеживании изменений режима, более тщательном и своевременном, чем это могло бы быть сделано диспетчером.

Регулирование напряжения реализуется на основе микропроцессорного устройства автоматического регулирования напряжения, выполняющего следующие основные функции:

1. Регулирование напряжения на подстанциях в ручном или автоматическом режиме;
2. Коррекция уровня регулируемого напряжения с учетом падения напряжения на линии электропередачи (встречное регулирование по току);
3. Формирование импульсных или непрерывных команд управления электроприводами РПН;
4. Блокировка регулирования:
 - при неисправности электропривода РПН или цепей управления;
 - при неисправности регулятора;
 - при аварийных значениях напряжения и фазных токов;
 - при наличии соответствующего внешнего релейного сигнала;
5. Индикация текущих режимов и параметров;
6. Программирование режимов работы и задание уставок регулятора (местное управление);
7. Программирование режимов работы, задание уставок и контроль состояния по последовательному интерфейсу типа RS232, RS485 (дистанционное управление);
8. Переключение набора уставок (местное управление, дистанционное управление или релейная команда);
9. Диагностика электропривода РПН:
 - контроль положения моторного привода,
 - контроль исправности цепей управления,
 - контроль состояния температурного реле (температура масла).
10. Самодиагностика.

Устройство осуществляет регулирование с коррекцией тока в питающей линии. Если такой коррекции нет, то регулятор, стремясь поддерживать постоянное напряжение у потребителей в случае уменьшения напряжения из-за увеличения потерь при росте нагрузки, произведет переключение регулировочного устройства силового трансформатора в сторону уменьшения

коэффициента трансформации. Это вызовет увеличение тока в питающей линии и дополнительное увеличение потерь с дальнейшим уменьшением напряжения на зажимах силового трансформатора.

Микропроцессорное устройство автоматического регулирования напряжения под нагрузкой целесообразно применять в комплексе с существующей системой АИИС КУЭ в состав ИАСУЭ по причинам взаимосвязи структур и алгоритмов работы устройств, алгоритмов формирования и обработки информационных массивов.

Проблема состоит в том, что, указанные системы производятся различными конструкторами, использующими различные комплектующие: программное обеспечение, каналы связи и датчики, хотя их функции дублируются. Это приводит к возрастанию затрат на проектирование, установку, обслуживание и эксплуатацию информационных систем, кроме того не во всех энергосистемах используются два перечисленных комплекса, а зачастую в отдельности, что затрудняет контроль за энергоресурсами и оптимизацию режима работы электрических сетей.

Таким образом, существующая ситуация создает предпосылки целесообразности создания единой интегрированной информационной системы, сочетающей функции диспетчерского учета и управления энергоресурсами в электрических сетях.

Интегрированная автоматизированная системы для контроля, учета и управления энергоресурсами подразумевает связанное, исполненное в едином информационном поле, решение ряда задач которое должно в конечном итоге привести к повышению энергоэффективности использования энергоресурсов и повышению эффективности работы служб эксплуатации электрических сетей. Задачи, решаемые при комплексной автоматизации центров питания 35-110 кВ, определяются функциональными обязанностями персонала:

- оперативное диспетчерское управление электроснабжением;
- учет электроэнергии и контроль показателей качества электроэнергии (ПКЭ);
- определение и прогнозирование всех составляющих баланса электроэнергии;
- ведение базы данных оборудования;
- контроль и управление потерями электроэнергии.

Целесообразность комплексной автоматизации обусловлена тесной информационной связью указанных задач.

Степень соответствия функциональным назначениям определяется степенью взаимной интеграции системы автоматики и АСУ. Наивысшая степень интеграции потенциально возможна, если система автоматики построена на микропроцессорной основе и подключается к АСУ по цифровому интерфейсу. Если система автоматики построена на электромеханической или микроэлектронной основе, ее подключение к АСУ возможно набором телемеханических сигналов. В этом случае реализовать технологический контроль и обслуживание посредством АРМ крайне затруднительно. В этой связи система автоматического регулирования напряжения под нагрузкой

(АРПН) на основе микропроцессорного устройства и АИИС КУЭ имеют наивысшую степень интеграции [1].

Структурная схема ИАСУЭ и принципы информационного взаимодействия ее компонентов приведены на рисунке 1. ИАСУЭ включает подсистему учета электроэнергии и подсистему мониторинга управления микропроцессорного АРПН.

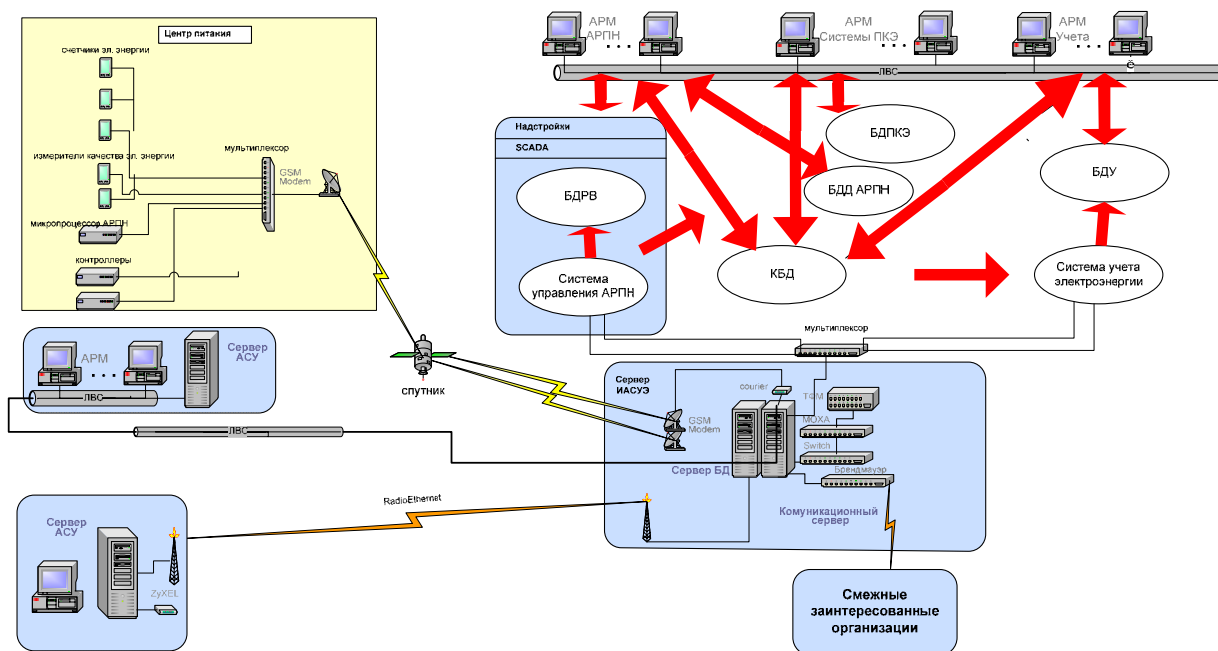


Рисунок 1 – Структура комплексной ИАСУЭ

Интегрирующим звеном системы, обеспечивающим целостность, непротиворечивость данных и эффективное информационное взаимодействие подсистем является центральная конфигурационная реляционная база данных КБД [1]. В ней содержатся сведения об иерархии объектов системы электроснабжения и данные о каждом из этих объектов в ракурсе каждой подсистемы.

В комплексной ИАСУЭ подсистема учета электроэнергии, выполняющая коммерческий и технический учет, контроль качества поступающей электроэнергии имеет трехуровневую структуру. Нижний уровень системы составляют электронные счетчики, микропроцессорные приборы измерения качества электроэнергии и сбора информации АРПН объединенные на втором уровне в многоадресные коммуникационные сети и при помощи каналообразующей аппаратуры (модемы, радиомодемы, ретрансляторы) и подключены к верхнему уровню серверу ИАСУЭ со специальным программным обеспечением, с функциями сбора и обработки информации с контроллеров и мультиплексора.

Задача сканирования подсистемы учета в соответствии с описанием объекта и расписанием в КБД осуществляет периодическую доставку данных и их сохранение в реляционной базе данных учета БДУ. АРМ учета установлены на компьютерах, подключенных к серверу ИАСУЭ по вычислительной сети либо при помощи каналообразующего оборудования (напри-

мер, АРМ, установленный в энергосбытовой организации) [3]. АРМ учета предполагают авторизованный доступ к данным с несколькими уровнями авторизации.

Подсистема мониторинга и управления микропроцессорного АРПН реализована на базе высокопроизводительного современного программного обеспечения SCADA общего назначения, при этом для реализации специфики задачи применены специально разработанные надстройки:

1. Комплект моделей для всех типов основного оборудования (трансформаторы, линии, ниши и т.п.), включающий ветви базы данных реального времени и соответствующие им анимированные графические элементы;
2. Надстройки для подсистем тревог и архивации;
3. Шаблоны отчетов;
4. Примеры экранных форм и пр.

Ядром системы является база данных реального времени (БДРВ). Задача сканирования обеспечивает двунаправленный обмен данными между базой данных и устройствами ввода-вывода. Время обновления данных для быстро изменяющихся параметров составляет доли секунды. Система имеет задачи сканирования как для стандартных протоколов (OPC, DDE), так и специализированные – для обширной номенклатуры контроллеров ведущих производителей. Исторические данные, предназначенные для долговременного хранения, пересылаются в архивную реляционную базу данных диспетчерской системы БДД. Компьютеры с АРМ диспетчера соединяются с сервером системы автоматического регулирования напряжения по локальной вычислительной сети.

На основании настроек КБД программное обеспечение производит автоматическую генерацию файла для загрузки БДРВ в формате системы SCADA. При его загрузке из набора шаблонов создается реальная БДРВ с привязками задачи сканирования к указанным контроллерам [7]. Автоматически выполняется генерация рабочих экранов диспетчера с внесением на них и соответствующих графических элементов.

Пакеты SCADA позволяют, как загружать БДРВ полностью, так и подгружать отдельные ее ветви. Последнее наиболее удобно при развитии системы для добавления новых объектов.

Сервер ИАСУЭ может быть связан с удаленными серверами АСУ по средствам RadioEthernet, спутника и локальным вычислительным сетям, как указано на рисунке 1.

При комплексной автоматизации центров питания целесообразно применять мультиплексоры каналов данных, например, выпускаемые RAD Communications, Patton и другими ведущими производителями. Несколько линий связи с различными физическими и логическими протоколами объединяются в единый канал связи, на ответной стороне производится обратная операция – разделение. Общий канал связи при этом может иметь протокол RS232, RS485, Ethernet, E1, T1. Для передачи данных по общему каналу от объекта к диспетчерскому пункту применяется каналобразующее оборудо-

вание – Ethernet радиомост, модем выделенной линии или другое, что определяется при проектировании системы.

Литература.

1. Гусаров В.А., Султанов Н.З. Управление потерями электроэнергии в центрах питания на основе учета интегрированной автоматизированной системы для контроля, учета и управления энергоресурсами. - материалы третьей научно-технической конференции «Разработки молодых специалистов в области электроэнергетики 2008». – г. Москва, сентябрь 2008 г.
2. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности в сложных электрических системах. – М.: Энергоиздат, 1981. – 200 с.
3. Насыров Р.Р., Скорощинский А.А., Тульский В.Н. О целесообразности централизованного регулирования напряжения в распределительных сетях. – материалы третьей научно-технической конференции «Разработки молодых специалистов в области электроэнергетики 2008». – г. Москва, сентябрь 2008 г.
4. РД 34.46.504-90. Методика по оценке эффективности применения трансформаторов с РПН и автоматического регулирования напряжения в замкнутых электрических сетях. Разработано Всесоюзным научно-исследовательским институтом электроэнергетики (ВНИИЭ), Винницким политехническим институтом.
5. Gamm A.Z., Golub L.L., Grishin Y.A., Voitov O.N. A graph approach to determining the contribution factors of electric power supplies and losses. – Conference «Modern Electric Power System». – Wroslaw, September 2002.
6. Войтов О.Н., Семенова Л.В., Челпанов А.В. Алгоритмы оценки потерь электроэнергии в электрической сети и их программная реализация. – Электричество, 2005, №10.
7. Булаев Ю.В., Табаков В.А., Еськин В.В. Комплексная автоматизация департамента энергоснабжения предприятия «Промышленная энергетика» №2 - 2001 г.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ШТАНГОВЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Гусаров В.А, Гусаров А.А, Дюгаева Л.В.
Оренбургский государственный университет

Аннотация

На основании предложенного модифицированного спектрального метода восстановления значений усилия на плунжере насоса создана возможность установления влияния состояния штанговой насосной установки (ШНУ) на форму и параметры результата дифференцирования временной зависимости усилия на плунжере насоса $P_{пл}(t)$.

1

Разработка метода восстановления сигнала скорости усилия на плунжере $\frac{dP_{пл}(t)}{dt}$ позволяет с более общих позиций оценить открывающиеся возможности получения объективной информации о каждом из классов состояния ШНУ. Для создания этой возможности предложено по динамограммам диагностирования ШНУ сначала восстановить форму кривой $P_{пл}(t)$ для каждого класса состояния, а затем методом графического дифференцирования получить зависимость $\frac{dP_{пл}(t)}{dt}$ для всех классов состояния ШНУ. Совмещение графических зависимостей $P_{пл}(t)$ и $\frac{dP_{пл}(t)}{dt}$ для шести классов состояния ШНУ с целью их сравнения позволило:

- в режиме нормальной работы амплитуды и длительности импульсов трапецеидальной формы, соответствующих фронтам нарастания и спада $P_{пл}(t)$ примерно равны;

- в режиме утечки в нагнетательном клапане амплитуда положительных трапецеидальных импульсов, соответствующих фронту нарастания $P_{пл}(t)$ превышает амплитуду аналогичных по форме импульсов отрицательной полярности, соответствующих фронту спада $P_{пл}(t)$, а длительность импульсов положительной полярности меньше длительности импульсов отрицательной полярности.

В режиме утечки в приемном клапане амплитуда трапецеидальных импульсов положительной полярности, соответствующих фронту нарастания $P_{пл}(t)$, меньше амплитуды трапецеидальных импульсов отрицательной полярности, соответствующих фронту спада $P_{пл}(t)$, а длительность импульсов положительной полярности значительно больше длительности импульсов отрицательной полярности;

- в режиме откачки с газом амплитуда трапецеидальных импульсов положительной полярности, соответствующих фронту нарастания $P_{пл}(t)$ значительно превышает амплитуду отрицательных импульсов ниспадающей экспоненциальной формы, соответствующих фронту спада $P_{пл}(t)$, а дли-

тельность импульсов положительной полярности меньше длительности импульсов отрицательной полярности;

- в режиме высокой посадки плунжера амплитуда трапецеидальных импульсов положительной и отрицательной полярностей, соответствующих вышеназванным участкам изменения $P_{пл}(t)$, примерно равны, а длительность импульсов положительной полярности меньше длительности импульсов отрицательной полярности;

- в режиме низкой посадки плунжера амплитуда трапецеидальных импульсов положительной и отрицательной полярностей, соответствующих вышеназванным участкам изменения $P_{пл}(t)$, примерно равны, а длительность импульсов положительной полярности больше длительности импульсов отрицательной полярности.

Названные различия параметров (амплитуд и длительностей) трапецеидальных импульсов положительной и отрицательной полярностей позволили организовать диагностирование классов состояния ШНУ путем синтеза каналов дискриминирования по одному из параметров трапецеидальных импульсов (амплитуд и длительности), либо дискриминирование по амплитуде и длительности импульсов одновременно (как в случаях утечек в нагнетательном или приемном клапанах).

Проведенный анализ вскрывает связи между классами состояния ШНУ и параметрами импульсов, соответствующих участкам нарастания и спада $P_{пл}(t)$, т.е. во временной области, что позволило организовать диагностирование ШНУ дискриминаторами импульсов по амплитуде или длительности или одновременное дискриминирование по обоим параметрам импульсов.

Так как комплексные коэффициенты $\hat{A}_n$ рядов Фурье для периодических последовательностей сигналов в общем случае являются функцией нескольких параметров $\hat{A}_n = \gamma(q_1, q_2, \dots, q_n)$, то при изменении во времени этих параметров коэффициенты разложения в ряд Фурье:

$$\Delta \hat{A}_n = \sum_{\mu} \left(\sum_{\substack{k, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{k-1}, \mu = \sum_{m=1}^{k-1} \lambda_m}} \frac{1}{k!} \frac{\partial^k \hat{A}_n}{\partial q^k} a_{\lambda_1} a_{\lambda_2} \dots a_{\lambda_{k-1}} a_{\mu} \right) e^{j\mu \Omega t} = \sum_{\mu} \hat{C}_{\mu} e^{j\mu \Omega t} \quad (12)$$

Важным свойством полученного ряда Фурье является то, что коэффициенты этого ряда $\hat{C}_{\mu}$ существенно определяются исходной зависимостью коэффициентов $\hat{A}_n$ от соответствующего параметра, т.е. видом технологического сигнала.

Исследование частных производных $\frac{\partial^k \hat{A}_n}{\partial q^k}$ позволяет определить номера гармоник, подвергающихся экстремальным изменениям при вариациях соответствующих параметров. Характер чередования гармоник, подвергающихся в наибольшей или наименьшей мере модуляции (амплитудной и фазовой в общем случае) при вариации одного или нескольких параметров, оп-

ределяется видом функциональной зависимости комплексных коэффициентов A_n от параметров технологического сигнала.

Получение представления о порядке величин, характеризующих связь между изменениями информативного параметра и изменениями $\Delta |A_n|$, дает оценка для значений параметров, характеризующих соотношение между ними в случае нормальной работы ШНУ. Для $\frac{\tau}{T_{\text{ск}}} = \frac{1}{8}$; $n=13$ и $E_c = 1$ В и изменении длительности импульсов $\frac{\Delta \tau}{\tau} = 0,1$:

$$\Delta |A_n|_{\Delta \tau} = \frac{\partial |A_n|}{\partial \tau} \cdot \Delta \tau = \frac{4 \cdot E_c}{\pi n} \cdot \frac{\pi n}{T_{\text{ск}}} \cdot \left| \cos \pi n \frac{\tau}{T_{\text{ск}}} \right| \Delta \tau = 0,02 \text{ В},$$

что в относительных единицах дает результат:

$$\frac{\Delta |A_n|_{\Delta \tau}}{|A_n|_{\tau}} = \left| \operatorname{ctg} \pi n \frac{\tau}{T_{\text{ск}}} \right| \frac{\pi n \Delta \tau}{T_{\text{ск}}} = \frac{0,02}{0,09} = 22 \%,$$

позволяющий сделать вывод, что даже не в оптимальном случае (гармоника с $n = 13$ не находится в зоне максимальных ее изменений при вариации информативного параметра) относительные изменения $\Delta |A_n|_{\Delta \tau} / |A_n|_{\tau}$ в 2 раза превосходят относительные изменения $\frac{\Delta \tau}{\tau}$, что обеспечивает повышение точности регистрации.

Таким образом, переход к получению технологической информации из потока измерительных импульсов, информативный параметр которых пропорционален величине скачка параметра технологического процесса, а частота повторения в тысячи раз превышает частоту повторения исходного технологического процесса, обеспечивает повышение точности и быстродействия диагностирования ШНУ.

Литература.

1. Гусаров А.А., Султанов Н.З. Модифицированный спектральный метод значений усилия на плунжере насоса. Международная технологическая конференция. Материалы конференции. Тольятти. Тольяттинский технический университет. 2006.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

**Дыч А.В., Чехранова А.В., Соколов В.Ю.
Оренбургский государственный университет**

Как известно энергия ветра используется человеком с давних времен. В настоящее время лидером здесь является Европа.

В Европе наибольшее распространение получили ветроустановки пропеллерного типа. Применение же ветряков подобного типа в Оренбургской области не целесообразно. По данным, предоставленным Метеорологической учебной станцией ГОУ ОГУ средняя годовая скорость ветра у нас составляет от 3 до 5 м/с, что не противоречит данным, взятым с карты распределения ветров на территории России. Но для эффективной работы ветряков пропеллерного типа нужен так называемый сильный ветер, т.е. ветер со скоростью более 10 м/с. Это обстоятельство говорит о необходимости применения либо многолопастного ветряка или использовать парус.

Так как ветер в нашем регионе носит характер порывистого, то применение многолопастного ветряка очень затруднено, в силу того, что при достаточно сильном порыве ветра может произойти слом башни и т.п., чтобы этого не происходило необходимо использовать дополнительные приспособления (например, автоматическую систему защиты от ураганного ветра AutoFurl) или увеличивать габариты для увеличения прочности, либо применять более прочные материалы. Все вышесказанное приводит к удорожанию конструкции.

Поэтому наиболее эффективным будет применения парусного ветряка. Ветряки этого типа вырабатывают электроэнергию даже при скоростях ветра менее 3 м/с, а при порывах производят их утилизацию. При этом ветряки этого типа могут быть как с вертикальной, так и с горизонтальной осью вращения. Если рассматривать ветряк с вертикальной осью вращения, то здесь наиболее выгодным является применение ротора Савониуса в гирлянде.

Выгодность объясняется тем, что гирлянда представляет собой несколько роторов Савониуса, насаженных на одну ось и повернутых друг относительно друга на некоторый угол, что обеспечивает снижение противодействия ветру и уменьшению толчков (пульсаций) во время вращения. К тому же роторы подобного типа имеют коэффициент использования энергии ветра в пределах 30 ... 35 %. Если использовать подобную конструкцию в бытовых условиях, то она будет вырабатывать небольшую мощность. Но для потребителей большой интерес представляют ветродвигатели небольшой мощности: они более дешевы, легки в эксплуатации, их можно располагать на территории предприятия, у себя во дворе, так как они не занимают большой площади. Поэтому нужен такой элемент, который использовал бы полученную электроэнергию эффективно.

Из анализа патентов и научных статей можно сделать вывод, что к такому элементу можно отнести вихревой теплогенератор Потапова.

Предлагается следующая конструкция, которая схематично изображена на рисунке 1, позволяющей эффективно использовать энергию ветра.

Конструкция включает в себя газовый котел 1, датчик температуры 2, блок автоматического управления 3, камеру 4, вихревой теплогенератор Ю.С. Потапова 5, ветродвигатель 6 и тихоходный генератор с преобразователями 7.

Для отопления и горячего водоснабжения промышленного объекта используется, вихревой теплогенератор Ю.С. Потапова 5. В выходном патрубке газового котла 1 устанавливается датчик температуры теплоносителя 2, который через систему автоматики 3 регулирует подачу газа. В качестве теплового носителя используется разбавленный пропиленгликоль, имеющий следующие характеристики:

- 1) Температура кипения = 143°C ;
- 2) Температура замерзания = -32°C , (при этом все еще жидкая форма).

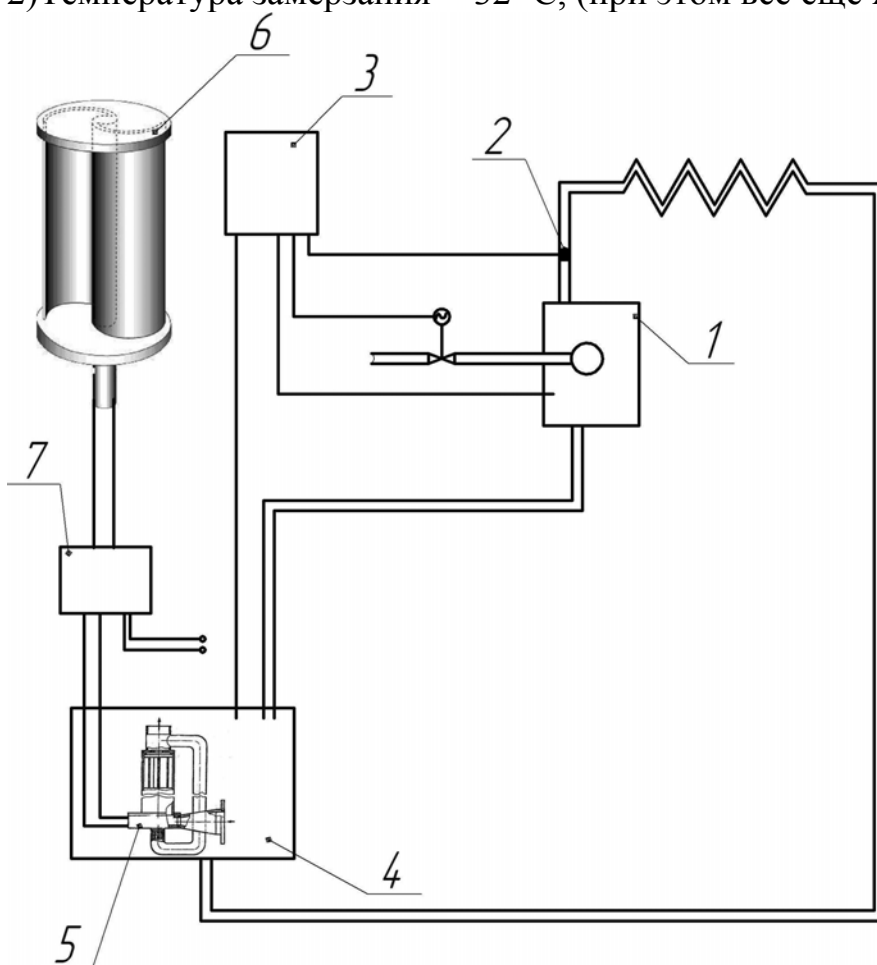


Рисунок 1 – Схема предлагаемой конструкции энергосберегающей установки

Когда скорость ветра достигнет такого значения, при котором ветродвигатель выходит на номинальный режим работы с номинальными параметрами (номинальная скорость ветра), то он полностью заменит котел, сжигающий топливо.

Если же скорость ветра будет ниже номинальной, то вихревой теплогенератор будет выдавать некоторое количество тепловой энергии, тем самым, уменьшая сопротивление движению потока в круге циркуляции. То есть термосифонная циркуляция присутствует, при отсутствии силы давления ветра автоматика включает в работу малый газовый котел.

При скорости ветра свыше номинальной, количество вырабатываемой электроэнергии будет больше, чем требуется. Избытки энергии могут использоваться на иные нужды.

В летнее время, когда нужды в отоплении нет, возможно, использование полученной электроэнергии на горячее водоснабжение или на иные нужды.

АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ АСКУЭ В СЕТЯХ 0,4 КВ

Абдюкаева А.Ф., Алешина С.К., Кильметьева О.И.

Оренбургский государственный университет

Внедрение автоматизированной системы контроля и учета энергоресурсов - АСКУЭ обеспечивает коммерческий учет и оперативный контроль потребления или отпуска энергоносителей, поддержку принятия решений при планировании энергопотребления и выработки энергосберегающей политики. Поэтому оно является весьма актуальным.

АСКУЭ выполняет следующие основные функции:

- оперативный автоматический контроль и учет параметров потребления энергоресурсов;
- хранение параметров учета в базе данных с дополнительной возможностью архивирования информации на внешнем носителе;
- обеспечение многотарифного учета потребления электроэнергии;
- обеспечение контроля за соблюдением лимитов энергопотребления;
- вывод расчетных параметров на терминал и/или на устройство печати по требованию оператора;
- ведение единого системного времени с возможностью его корректировки.

АСКУЭ состоит из контрольно-измерительной аппаратуры, коммуникаций связи, ЭВМ и программного обеспечения.

По своей сути задача состоит в точном измерении количества потребленной или переданной энергии и мощности (возможно, с учетом суточных, зонных или других тарифов), обеспечении возможности хранения этих измерений (например, в течение месяца, года и т.д.) и доступа к этим данным для произведения расчетов с поставщиком/потребителем. Кроме того, важной составляющей является возможность анализа потребления (передачи) энергии и мощности. Иногда анализ режимов потребления за месяц-два позволяет обнаружить существенные просчеты в организации работы предприятия с точки зрения потребления электроэнергии.

Энергоучет и энергосбережение подразумевают снижение расхода (потерь) энергетических ресурсов на всех этапах. Сегодня энергоучет и энергосбережение стали особо актуальными и будут таковыми завтра. Такие понятия как «энергоучет» и «эффективные технологии» уже прочно укоренились в нашем сознании. Тем не менее, обсуждение этих проблем среди разработчиков зачастую сводится к обсуждению возможностей тех или иных приборов учета – их метрологических характеристик, потребительских качеств, показателей надежности, а также преимуществ и недостатков заложенных в эти приборы алгоритмов.

В то же время, практика показывает, что понятие «энергоучет» гораздо более многогранно. Налаженный учет, помимо собственно измерения параметров энергоносителя, требует наличия целого ряда механизмов передачи, обработки и систематизации данных.

Фактические потери, т.е. разница между отпущенной в сеть и оплаченной электроэнергией состоит из:

- технических потерь электроэнергии, обусловленных физическими процессами, происходящими при передаче ее по электрическим сетям и выражающимися в преобразовании ее части в тепло в элементах сетей;
- расхода электроэнергии на собственные нужды подстанции, необходимой для обеспечения работы технологического оборудования подстанций и жизнедеятельности обслуживающего персонала;
- потерь электроэнергии, обусловленных инструментальными погрешностями ее измерения (инструментальные потери);
- коммерческих потерь.

Значение коммерческих потерь определяют как разницу между фактическими (отсчетными) потерями и суммой первых трех составляющих, представляющих собой технологические потери.

В настоящее время практически повсеместно наблюдается рост потерь электроэнергии. Основной причиной сложившейся ситуации является рост коммерческих потерь, львиная доля которых приходится на электрические сети напряжением 0,4 кВ.

Условно коммерческие потери имеют четыре составляющие.

1) Потери из-за погрешностей системы учета электроэнергии (дополнительные инструментальные потери), обусловленные заниженными классами точности и ненормированными условиями работы измерительных трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН), счетчиков и т.д.

В настоящее время борьба с недоучетом электрической энергии ведется практически повсеместно. На предприятиях энергосбыта принимаются программы по замене существующих приборов учета электроэнергии на современные (с лучшим классом точности). Под эти программы предприятия энергосбыта выделяют значительные собственные финансовые средства.

Следует заметить, что эти мероприятия, как правило, проводятся в отрыве от других, в частности направленных на повышение сбора платежей. В результате, затратив значительные средства на замену приборов учета, предприятия энергосбыта не получают ожидаемого экономического эффекта.

Видимо, решение этой проблемы лежит не только в механической замене одних приборов учета на другие (с более высоким классом точности), но и в том, что установленные вновь приборы учета должны выполнять ряд функций, позволяющих использовать их в составе автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ).

2) Потери при выставлении счетов, обусловленные недостаточной или ошибочной информацией о заключенных договорах, использовании специальных тарифов или льгот.

3) Потери из-за хищения электроэнергии, обусловленные несанкционированным подключением потребителей, мошенничеством с приборами учета и т.д.

В настоящее время основным мероприятием, направленным на выявление и устранение хищений электроэнергии, является обход контролерами энергосбыта потребителей электроэнергии с целью проверки целостности

пломб и правильности включения приборов учета. Практика показывает, что этого явно недостаточно. Необходимы дополнительные технические и организационные мероприятия, позволяющие оперативно выявлять места несанкционированных подключений потребителей к линиям электроснабжения. Важная роль в решении этого вопроса может быть отведена АСКУЭ, позволяющей осуществлять такие меры.

4) Потери при востребовании оплаты, обусловленные оплатой позже установленной даты, долговременными или безнадежными долгами и неоплачиваемыми счетами. В структуре финансовых потерь электроснабжающей организации основную роль играют потери, обусловленные неоплатой электроэнергии и потери из-за задержки платежей.

В целях уменьшения коммерческих потерь при востребовании оплаты контролеры энергосбыта совершают регулярные обходы абонентов, выписывают и рассылают квитанции (счета) на оплату и т.д. Тем не менее, ситуация по этим составляющим коммерческих потерь не улучшается, и специалисты энергосбытовых компаний все чаще говорят о внедрении АСКУЭ с возможностью оперативного влияния на процесс энергоснабжения и переводе абонентов на предоплату.

Имеющийся опыт эксплуатации приборов учета в составе АСКУЭ также свидетельствует о наличии ряда проблем, в первую очередь связанных с законодательством (брать предоплату за потребляемую электроэнергию с физических лиц запрещено).

Существующая проблема коммерческих потерь в сетях электроснабжения актуальна и требует создания комплексного эффективного механизма её решения. Некоторые имеющиеся предложения в области автоматизации энергоучета касаются создания в некотором роде автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), т.к. предполагают активное технологическое вмешательство в процессы электроснабжения и оплаты.

Кроме того, нельзя забывать об оперативном диспетчерском управлении режимами электроснабжения как о важной функции, обеспечивающей надежность работы всей системы электроснабжения. Авария на московской подстанции Чагино и последующее повсеместное отключение электроэнергии лишний раз подтверждают необходимость в таком управлении.

Разработчики средств АСКУЭ, в основном увлеченные точностью и полнотой энергоучета, обычно не закладывают в разработки возможность реализации функций оперативного индивидуального диспетчерского управления. Отсутствие такой гибкости в работе АСКУЭ существенно снижает её ценность как эффективного инструмента борьбы с коммерческими потерями электроэнергии и управления режимами электроснабжения множества территориально разрозненных абонентов.

Оригинальная структура и алгоритм функционирования АСКУЭ позволяет одинаково легко реализовать в ней функцию цели и удовлетворить условию оптимальности.

Немаловажным достоинством АСКУЭ является возможность проводить мероприятия, выявляющие факты хищений электроэнергии, например,

выявлять места несанкционированных подключений к линиям электроснабжения с использованием новых запатентованных способов.

Технические средства АСКУЭ позволяют регистрировать факты повышения или понижения напряжения в электрической сети и защищать электрооборудование потребителей от повреждений в этих режимах.

Кроме того, АСКУЭ при неизменности состава программно-технических средств может выполнять функцию системы управления уличным освещением с одновременным учетом потребления электроэнергии в сетях освещения. Наличие такой опции в АСКУЭ позволяет ликвидировать финансовые потери муниципальных бюджетов, связанные с оплатой расходов на освещение улиц в светлое время суток.

Структура и алгоритм функционирования АСКУЭ избавляет предприятие энергосбыта от необходимости иметь разветвленную сеть сбора телеметрической информации. Кроме того, в систему встроен ряд новых важных функций (выявление мест несанкционированных подключения к линиям электроснабжения, защита электрооборудования абонентов, возможность оперативного, индивидуального диспетчерского управления и т.д.), которые до сих пор комплексно не были реализованы. А так как именно у нас в стране самая высокая в мире протяженность низковольтных линий электроснабжения, внедрение АСКУЭ в сетях 0,4 кВ позволит значительно сократить потери, а так же решит проблему рационального использования электроэнергии, которая в настоящее время является весьма актуальной.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ» С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ MathCAD

Кулеева Л.И.

Оренбургский государственный университет

Все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться под напряжением из-за повреждений изоляции, должны надежно соединяться с землей, т.е. заземляться.

Заземлители являются обязательными элементами всех электрических устройств. Основным параметром заземлителя является сопротивление растеканию. Исходя из заданных величин сопротивления растеканию заземлителя R_3 и удельного сопротивления грунта ρ , выбирают размеры заземлителя.

При прохождении через заземлитель рабочего или аварийного тока I_3 напряжение на нем становится равным

$$U_3 = I_3 \cdot R_3.$$

Вблизи заземлителя на поверхности земли потенциал распределен по некоторому закону.

Расчет заземлителя производится исходя из распределения тока по длине трубы, которое неравномерно. Поскольку ток стекает с поверхности заземлителя в окружающий грунт, то расчет связан с расчетом электрического поля вокруг заземлителя.

Расчет распределения тока по длине заземлителя проводится при помощи численного решения интегрального уравнения. Предполагается, что заземлитель имеет длину l и радиус трубы r . Поле трубы длиной $2l$ обладает осевой симметрией относительно оси y , а также относительно оси x .

Студентам на лабораторно-практических занятиях по дисциплине «Электрическая часть станций и подстанций» ставится задача определения распределения тока по длине заземлителя. Для этого предлагается на поверхности заземлителя выбрать конечное число точек « n ».

Ставится такое же число точек на оси симметрии. Плотности тока в этих точках обозначаются $i_1, i_2, \dots, i_n$. Для каждой точки на поверхности заземлителя составляется уравнение:

$$\frac{\rho}{4\pi} \int \frac{i_y dy}{x_y} = u,$$

где i_y - линейная плотность тока на оси симметрии заземлителя;

x_y - расстояние от точки на поверхности заземлителя до элементарной длины d_y с током i_y ;

u - потенциал заземлителя.

Студент должен самостоятельно составить систему уравнений, с выбором необходимого числа точек.

Решая алгебраическую систему линейных уравнений относительно $i_1, i_2, \dots, i_n$ студент получает распределение тока по длине заземлителя. Сопротивление растеканию заземлителя длиной l определяется как:

$$R_3 = 2 \cdot R_{\text{полн}},$$

где $R_{\text{полн}}$ - полное сопротивление для трубы длиной $2l$, расположенной в однородной среде. Сопротивление растеканию есть отношение потенциала к полному току заземлителя:

$$R_{\text{полн}} = \frac{u}{\int_{2l} i_y d_y}$$

Вычисление шагового напряжения производится для точек, лежащих на поверхности земли (ось x):

$$U_x = \frac{\rho}{4\pi} \int_{2l} \frac{i_y d_y}{x_x},$$

где x_x - расстояние между точкой на оси x и элементом длины d_y с плотностью тока i_y .

Все расчеты предлагается проводить на персональном компьютере в среде MathCAD. Все необходимые дополнительные данные для расчета и пояснения даются студентам на занятии или выбираются ими из справочной литературы.

При проведении лабораторной работы студентам предлагается:

1. Составить систему из 6 или 8 уравнений;
2. Определить полное сопротивление $R_{\text{полн}}$ для различных значений удельного сопротивления грунта ρ (в качестве грунта используют песок, суглинков, чернозём и т.д.) и различной длины заземлителя.

3. Построить зависимости:

$$u_x = f(\rho_{2p});$$

$$u_x = f(x);$$

$$u_x = f(i).$$

4. Дать определение шагового напряжения и показать это значение на графиках.

Таким образом, в результате проведения лабораторной работы и оформления отчета студенты самостоятельно:

- составляют и решают систему уравнений с помощью программной среды MathCAD;

- визуально наблюдают картину изменения потенциала вдоль длины трубы (заземлителя длиной l).

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДОМ ДЛЯ ПРОМЫВКИ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ВЕРТОЛЁТА

Миннихметов Р.Ю.

**Кумертауский филиал Оренбургского государственного универси-
тета, г. Кумертау**

В данной работе был рассмотрен стенд для промывки топливной системы вертолѐта. В качестве объекта управления рассматривается установка Т7871 – 2003. Данная установка расположена на лѐтно-испытательной станции авиационного завода в городе Кумертау.

Перед тем, как изделие попадѐт к заказчику оно проходит ряд испытаний. Вертолѐт сначала отрабатывается на земле, потом переходит к лѐтным испытаниям. На земле отрабатываются многие системы, в частности – топливная. В процессе аэродромной наземной отработки изделия выполняется проверка работоспособности топливной системы, еѐ агрегатов, системы управления и контроля за выработкой топлива, а также тарировка топливомера. Эти операции проводятся с помощью установки для промывки топливной системы Т7871 – 2003.

В связи с увеличением количества авиационных происшествий особое внимание стоит уделить качеству отработки летательных аппаратов на заводах-изготовителях и точности показаний приборов. В данных технологических процессах тарирования топливомера и тарирования канала "запас топлива" в бортовом регистраторе большую роль играют субъективные качества рабочих. Задачей автоматизации назовем минимизировать влияние человека на процесс тарирования, что приведет к повышению точности и сокращению числа людей, задействованных в данном процессе. Что в конечном итоге приведет к более рациональному использованию рабочих ресурсов и сокращению сроков наземной отработки изделия. Подобная схема заправки применяется на самолѐтах малой авиации (типа Ан-2), находящихся не только в государственных организациях, но и в личном пользовании.

Основная цель работы: спроектировать систему управления стендом для промывки топливной системы вертолѐта с учетом зависимости объема топлива от температуры и минимизировать влияние человеческого фактора.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- автоматизировать заправку и прекращение подачи топлива.
- разработать возможность измерения объема топлива и синхронное снятие показаний.
- найти математическую зависимость объема топлива от температуры.

Проведем анализ объекта автоматизации, схему автоматизации которого показана на рисунке 1.

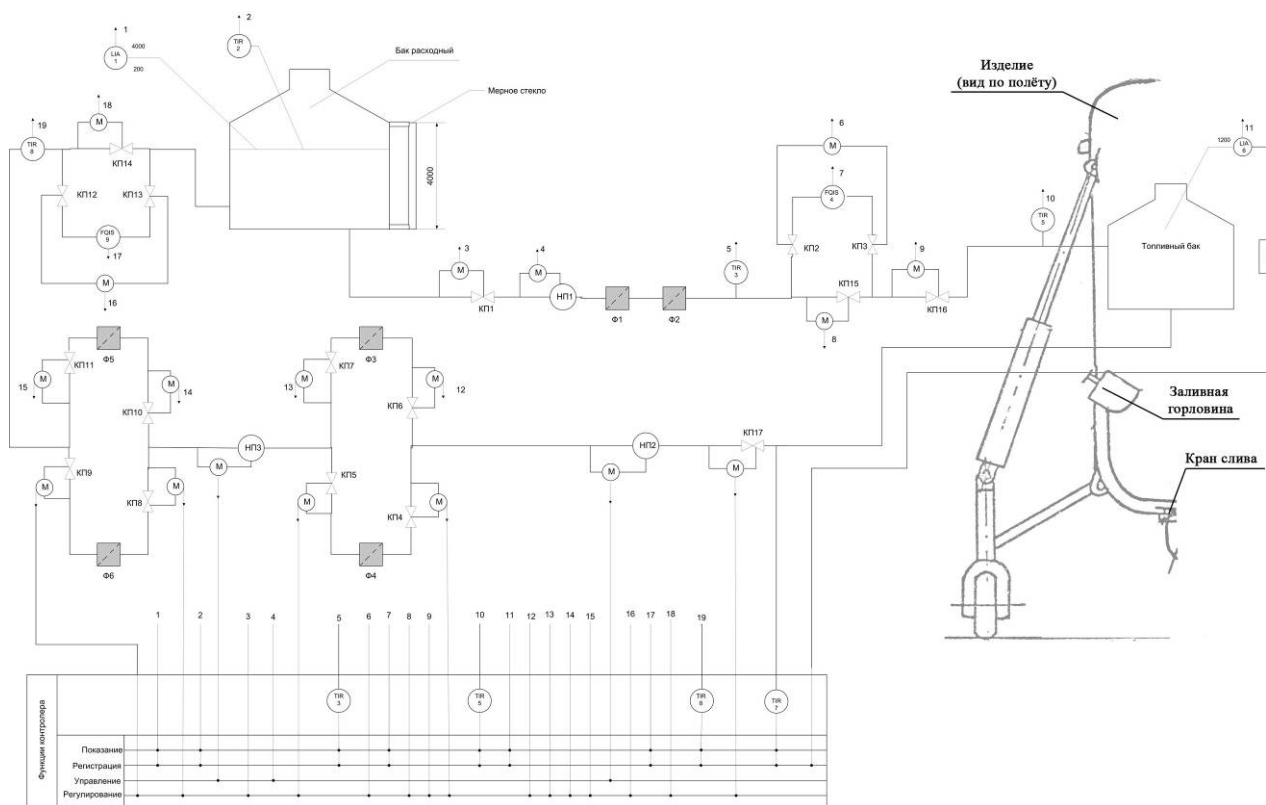


Рисунок 1 – Схема автоматизации объекта управления

Схема автоматизации состоит из топливного бака вертолёта, расходного бака установки, объёмом 4000 литров, насосов, электрозадвижек, позволяющих управлять подачей топлива, цифровых датчиков расхода и температуры, обеспечивающих точные показания и регистрацию параметров, а также датчиков уровня жидкости. Все сигналы поступают на контролер. С датчика уровня, установленного в топливном баке вертолёта, сигнал поступает на бортовое устройство регистрации. На бортовой регистратор из топливомера поступает напряжение, которое регистратор преобразует и записывает в виде цифрового кода. Наземные программы обработки при расшифровке полётной информации преобразуют данный цифровой код в физическое значение (в данном случае для топлива – литры). Тарирование канала "запас топлива" происходит следующим образом.

При первой заправке вертолёта к бортовому устройству регистрации подсоединяется переносная ЭВМ с установленной программой градуировок. Производя заправку вертолёта, прекращают подачу топлива произвольно через каждые 40-50 литров. Снимают показания с топливомера (литры) при этом на ЭВМ выводятся значения в цифровом коде. Их фиксируют рукописным способом. Далее составляется таблица отношения кодовых единиц и физического значения, которая затем заносится в программу наземной обработки.

Анализируя данный технологический процесс, становится видно, что точность тарировки топливомера зависит от субъективных качеств работника, выполняющего снятие показаний количества топлива в баках с топливомера, так как осуществляется оно визуальным способом. Кроме того, слив топлива идёт непрерывно, и фиксировать отношение показаний прибора к

реальному количеству топлива сложно. Всё это может быть причиной большой погрешности и неточности тарирования.

Как показал анализ существующей установки, она имеет ряд существенных недостатков и требует дальнейшей доработки.

Во-первых, процесс заправки и прекращения подачи топлива регулируется вручную.

Во-вторых, снятие показаний приборов осуществляется вручную визуальным способом, а их фиксирование – рукописным методом.

В-третьих, нет контроля над зависимостью объёма топлива от температуры.

Выявленные недостатки в работе предлагается решить следующим образом.

Проводят автоматизацию заправки и прекращение подачи топлива в топливные баки. Главным компонентом системы управления является переносная ЭВМ. С его помощью будет осуществляться контроль над объёмом заливаемого топлива и управление всем процессом промывки топливной системы и тарирования топливомеров. Для этого нужно вместо счётчиков жидкости с овальными шестернями ШЖУ-40С-6 применить цифровые расходомеры, сигнал с которых будет поступать на ЭВМ. Сигнал обрабатывается, и, при достижении необходимого значения, будет подаваться сигнал на выключение насосов и закрытие задвижек. Например, при тарировании топливомеров через определённое количество слитого топлива будет закрываться задвижка для слива, и выключаться насосы. Далее ЭВМ фиксируются значения, поступающие с расходомера и топливомера. Для сокращения времени наземной отработки изделия выведем сигнал с бортового устройства регистрации в цифровом коде на эту же ЭВМ. Синхронно зафиксировав три величины, ЭВМ даст команду на открытие сливного крана и включение насосов. Подобная операция повторится через каждые 40-50 литров. В результате все значения ЭВМ сведёт в таблицу с пятью колонками: фактическое количество топлива, показания топливомера, кодовые единицы, погрешность (%), погрешность (л). Для этого сливной вентиль ВЗ заменим на электроздвижку, работающую от двигателя, для которого необходимо напряжение 27 вольт.

Цифровые расходомеры позволят фиксировать точное значение объёма. Кроме того, они просты в использовании, имеют возможность вывода на дисплей количества жидкости за одну операцию, суммарного количества прошедшей жидкости либо мгновенной индикации расхода в минуту; обладают легкочитаемым жидкокристаллическим экраном. Так же имеют возможность связи с ЭВМ, что упрощает задачу управления.

Для контроля над зависимостью объёма жидкости от температуры воспользуемся цифровыми датчиками температуры, сигнал с которых также будет поступать на ЭВМ. Где будет производиться расчёт зависимости объёма топлива от изменения его температуры по формуле:

$$\Delta V = V_1 * \alpha * \Delta T$$

где V_1 - первоначальный объём,

α – коэффициент расширения ($9,6 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$),

ΔT – разность температур.

Зависимость изменения объёма топлива Т-1 от температуры приведена на графике для 10 литров топлива.

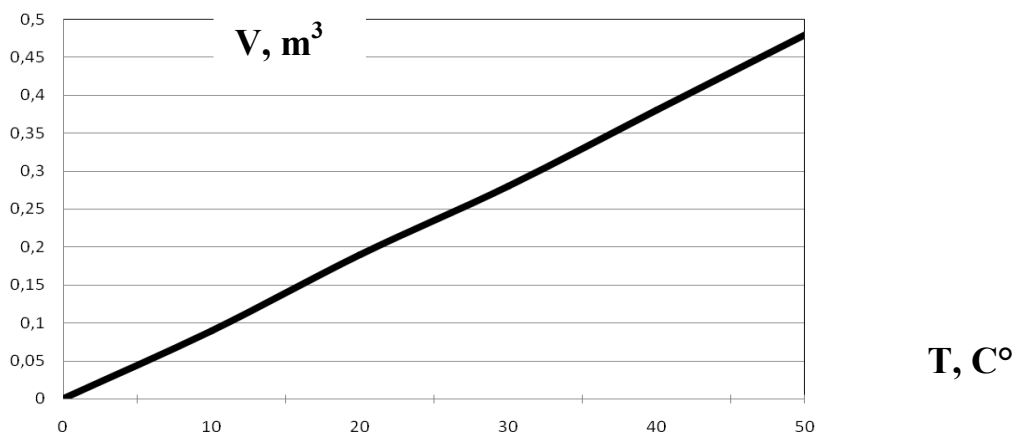


Рисунок 2 – График зависимости объема топлива Т-1 от температуры

Структурная схема предложенной системы управления данного объекта автоматизации показана на рисунке 3.

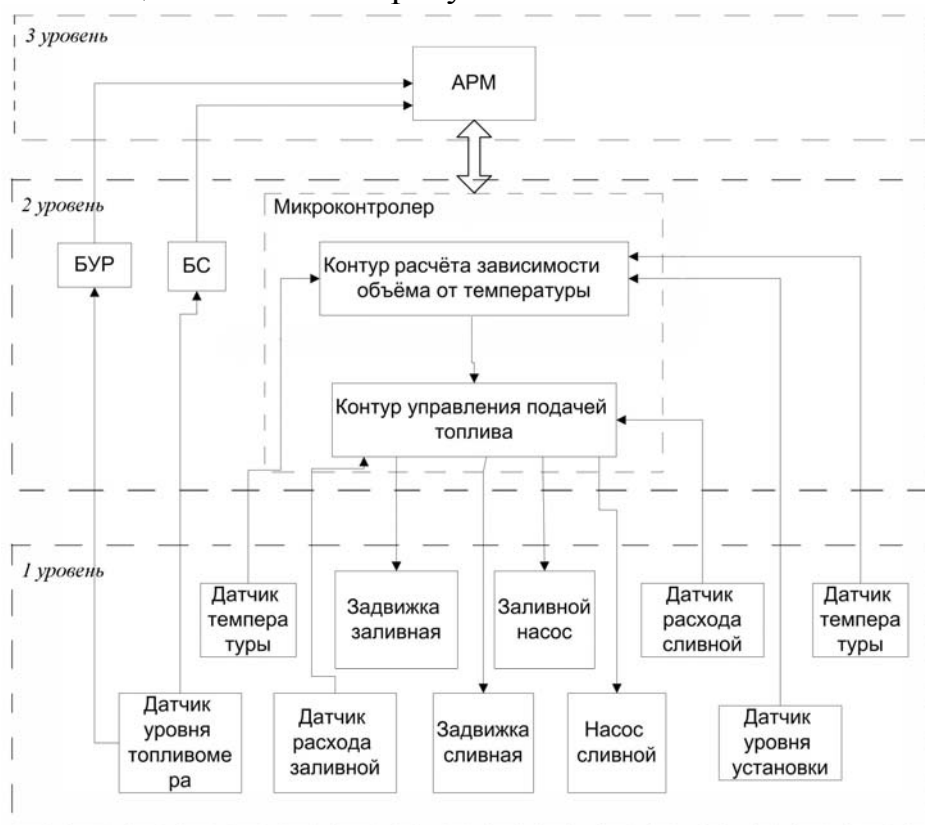


Рисунок 3 – Структурная схема системы управления

Это трёхуровневая схема. Первый уровень – датчики и исполнительные механизмы технического объекта (насосы и задвижки). Второй уровень – микроконтроллер, блок расчёта зависимости объёма от температуры, контур управления подачей топлива, бортовое устройство регистрации (БУР), блок согласования (БС). Третий уровень – автоматизированное рабочее место (АРМ).

Графики качества представлены на рисунке 4

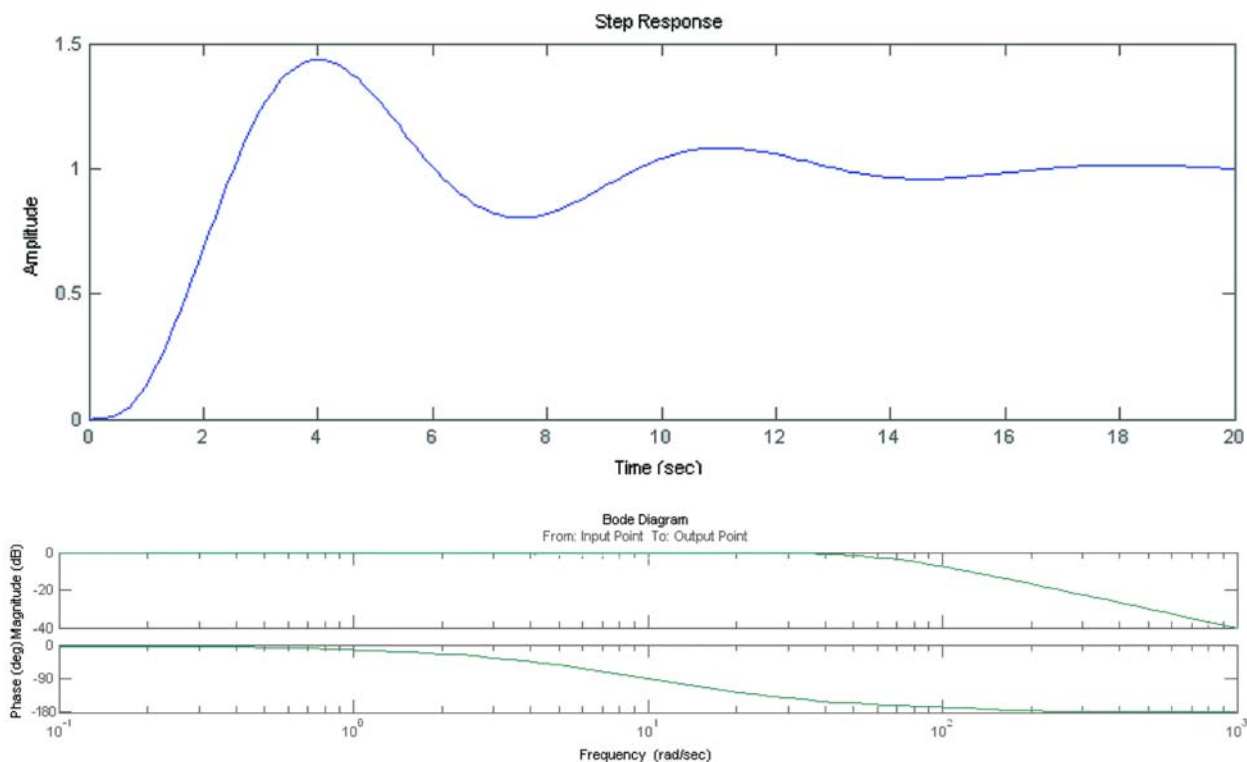


Рисунок 4 – Показатели качества системы управления

В результате получили систему управления, которая при математическом анализе в программном комплексе маточных лабораторий Matlab показала достаточную устойчивость и обладает запасом по модулю и по фазе: $L=20\text{Дб}$; $\phi = 30^\circ$

Список используемой литературы

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации Т7871-2003 ТО, КумАПП, 2002г.
2. Инструкция И-КБ-62-977-2005 по наземной отработке топливной системы вертолѐта, КумАПП, 2005г.
3. Тищенко Н.М. "Введение в проектирование систем управления" – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник Я. Баранов, Т. Х. Безновская, В. А. Бек и др.; Под общ. ред. В. В. Черенкова. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние. 1987.

РАЗРАБОТКА УЧЕБНО – ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ ТЕПЛОЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Наумов С.А.

Оренбургский государственный университет

В настоящее время проблема энергосбережения стоит остро для многих отраслей народного хозяйства. Но наибольшее значение оптимизация потребления энергоресурсов имеет для бюджетных учреждений. Устанавливаемые региональными энергетическими комиссиями (РЭК) лимиты вынуждают образовательные учреждения искать возможности по снижению расхода энергоносителей и, как следствие, снижению платежей.

Как показывают результаты проведенных энергетических обследований, порядка 65 – 70 % всех платежей бюджетных учреждений приходится на платежи за теплоснабжение и горячее водоснабжение (ГВС), максимальные резервы экономии имеются в снижении потребления теплоносителей [1].

На пути широкого внедрения теплосберегающих технологий стоят две большие проблемы:

- 1) монополизация теплоснабжения и ГВС и, следовательно, незаинтересованность теплоснабжающих организаций в экономии энергоносителей;
- 2) расчет и оплата теплопотребления по нормативам, превышающим фактический расход тепла в среднем на 30 – 40 %; как следствие противодействие монополистов в установке системы учета и энергосбережения.

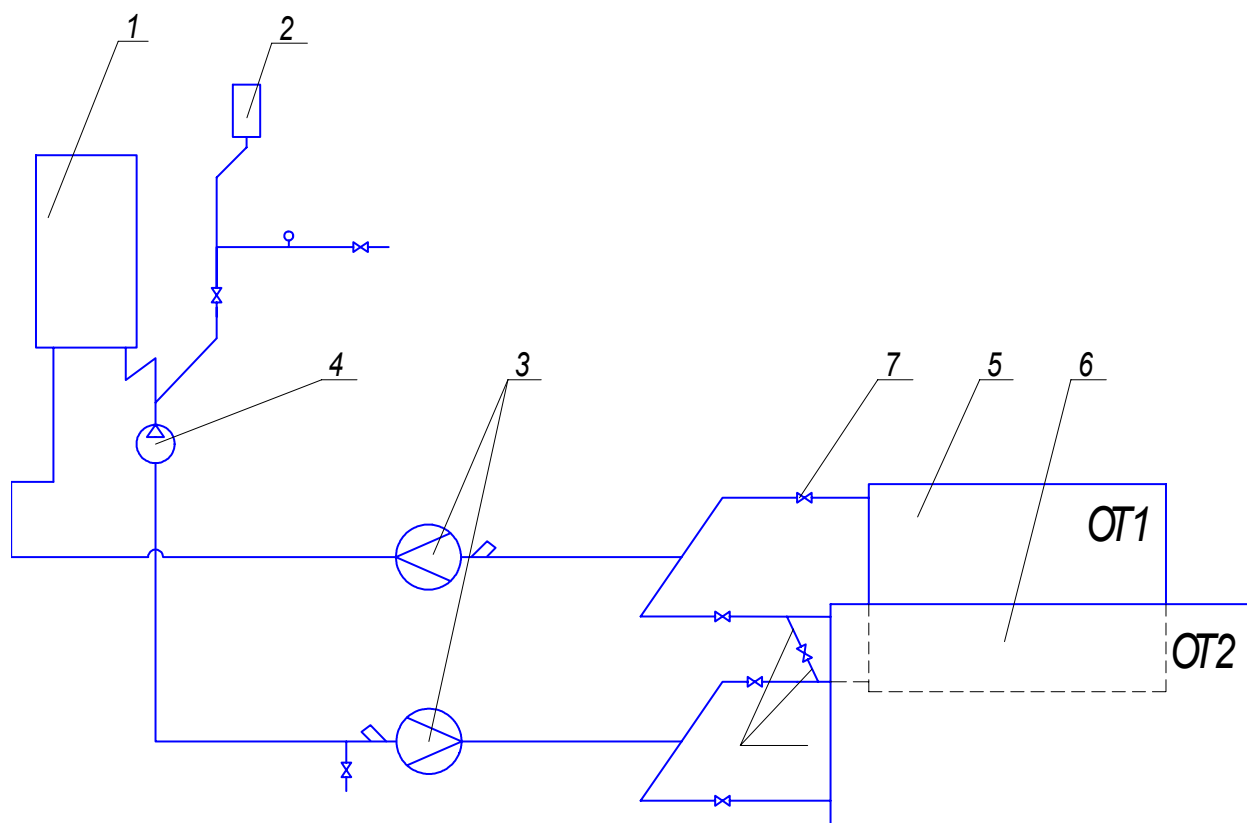
Существует несколько вариантов решения данных проблем, имеющие, как правило, организационный характер:

1. Передача разрешительной функции на установку узлов учета и энергосберегающего оборудования от поставщиков теплоэнергии и РЭК к незаинтересованным государственным специализированным организациям.
2. Доработка антимонопольного законодательства для того, чтобы оно способствовало привлечению инвестиций в энергосберегающие технологии за счет конкурсного отбора лицензированных организаций, имеющих право обслуживания транзитных сетей поставки тепла (теплотрассы, ЦТП, ИТП).
3. В данный период информационная обеспеченность населения и бюджетных организаций по теплоснабжению находится на крайне низком уровне. Это приводит к запаздыванию необходимых мероприятий по нормализации теплоснабжения и большим потерям энергии.
4. Еще одна проблема связана с недостатком специалистов по теплосбережению.

Для реализации программы подготовки хороших специалистов в оренбургском государственном университете на базе кафедры «теплоэнергетика» был раз разработан учебно – лабораторный теплофикационный стенд. Задача

осложнялась тем, что стенд должен был носить наряду с демонстрационными ещё и обучающие функции, т. е. позволял бы осуществлять регулирование параметров теплоносителя и производить оценку эффективности произведенных действий.

В результате проведенного анализа, в ходе которого были выявлены основные недостатки, и достоинства существующих конструкций был создан теплофикационный стенд Рисунок 1.



1 – Электроводонагреватель «Термекс»; 2 - Расширительный бачек; 3 – Расходомер «ВЗЛЕТ»; 4 – Насос «GRUNDFOS»; 5 - Отопительный прибор ОТ1; 6 - Отопительный прибор ОТ2; 7 - регулирующие вентили

Рисунок 1 Теплофикационный стенд

Приведенный стенд представляет собой индивидуальный тепловой узел с элементами внутридомовых систем отопления. Основной частью стенда является тепловычислитель «ВЗЛЕТ TCPB», регистрирующий потребление теплоэнергии и ряд других параметров. Регулирование температуры воды, поступающей в системы отопления, осуществляется при помощи регулятора установленного на электроводонагревателе «Термекс». Параметры теплоносителя: $T = 30 - 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Принудительная циркуляция воды осуществляется насосом «Grundfos» способный создавать давление 10 бар, в системе для приема прироста объема воды в системе, образующегося при ее нагревании, для поддержания определенного гидростатического давления и для

восполнения убыли объема воды в системе при незначительной утечке и при для понижении ее температуры в систему введен расширительный бочек. Немаловажным также является сбор воздуха, выделяющегося из воды при ее нагревании в теплогенераторе.

Для проведения большего количества опытов в систему были введены два отопительных приборов с различной поверхностью обогрева.

На разработанном теплофикационном стенде можно проводить следующие лабораторные работы: подготовка к работе, заполнение системы отопления теплоносителем, запуск в работу гидравлического контура и системы измерений; экспериментальное определение номинальной мощности отопительного прибора и его удельных характеристик; экспериментальная реализация качественного метода регулирования мощности отопительного прибора; экспериментальная реализация количественного метода регулирования мощности отопительного прибора; отопительные приборы в параллельной схеме подключения; отопительные приборы в последовательной схеме подключения; определение коэффициентов затекания в однотрубной системе отопления с перемычками.

Данный стенд дает возможность получить навыки работы с теплоэнергетическим оборудованием студентам специальности теплоэнергетика.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ УСЛОВИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ С СПЭ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Нелюбов В.М.

Оренбургский государственный университет

Преимущества кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) по сравнению с традиционным кабелем с бумажной маслопропитанной изоляцией приводит к все большему их использованию в электрических сетях России.

Однако тех уровней повышения надежности кабельных сетей при переходе на кабели с СПЭ изоляцией, как это наблюдается, например, в Европейских странах, в нашей стране не достигнуто. Это связано с множеством факторов, только комплексный учет, которых позволит реализовать все преимущества кабелей с СПЭ изоляцией.

Выбор заземления нейтрали

Традиционно в Российских сетях среднего класса напряжений наибольшее распространение получила изолированная нейтраль. Но в таких сетях при перемежающем характере дуги в режиме однофазного замыкания на землю возникают перенапряжения на неповрежденных фазах, достигающие уровня $3,2 \cdot U_{\phi}$, которые имеют высокочастотный характер. Такие перенапряжения особо опасны для кабелей с изоляцией из СПЭ, в которой могут накапливаться дефекты изоляции, неизбежно снижающие эксплуатационную надежность кабельной сети.

Поэтому при строительстве новых сетей, выполняемых кабелем с СПЭ изоляцией, преимущество следует отдавать в зависимости от уровня емкостных токов замыкания на землю резистивно-заземленной нейтрали, резонансно-заземленной нейтрали с автоматической настройкой дугогасящего реактора, или комбинированной нейтрали с параллельно соединенным реактором и резистором. Перспективным техническим решением для сетей среднего класса напряжений может стать применение сверхпроводниковых ограничителей тока для заземления нейтрали. Реактор с магнитопроводом, разделенные высокотемпературным сверхпроводником экраном, включается между нейтралью сети и заземляющей установкой. В нормальном режиме работы сети вследствие экранирования магнитного потока, индуктивное сопротивление реактора, определяемое только потоком рассеяния мало. Условия работы такой сети аналогичны сети с глухозаземленной нейтралью. При этом исключается смещение нейтрали, даже при несимметричных параметрах сети. При замыкании на землю, в данном случае – коротком замыкании, ВСТП экран теряет свойство экранирования, магнитный поток проникает в магнитопровод, что приводит к резкому увеличению индуктивности реактора. Ток короткого замыкания ограничивается. При соответствующем выборе параметров СОТ, сеть приобретает свойство сети с резонансно-заземленной нейтралью. Не требуется немедленное отключение режима замыкания. В дополнении к СОТ может параллельно подключаться резистор, снижающий

уровень высокочастотных перенапряжений и обеспечивающий селективное действие релейной защиты от однофазных замыканий на землю.

Заземление экранов

Современные кабельные сети преимущественно выполняются кабелем с СПЭ изоляцией в однофазном пофазно-экранированном исполнении. Это увеличивает строительную длину и максимальное сечение жил кабеля. При этом на работу сети большое влияние оказывает способ заземления экранов.

Выбор способов заземления экранов определяется уровнем наводимого на экране напряжения:

- в нормальном режиме по условиям электробезопасности для персонала;
- при однофазном замыкании на землю по условию допустимости для изоляции экрана. При этом возможны следующие варианты:
 - экраны не заземляются;
 - экраны заземляются с одной стороны линии;
 - экраны заземляются с двух сторон.

Первые два способа заземления экранов не приводят к протеканию по экранам токов в нормальном режиме и, следовательно, в таких режимах не выделяются дополнительные потери активной мощности, то есть не снижается пропускная способность кабеля. Но условия для таких решений встречаются редко. Чаще экраны приходится заземлять с обеих сторон линии.

При заземлении экранов с двух сторон по экрану протекает ток, уровень которого может быть существенным для теплового режима изоляции кабеля. При этом предельно-допустимые токовые нагрузки, указываемые заводом изготовителем, следует скорректировать, уменьшив их. Иначе при эксплуатации возможен перегрев изоляции и выход из строя кабельной сети. В некоторых случаях токи экрана могут быть просто недопустимы и приводить к плавлению изоляции.

Эффективным способом снижения токов, протекающих по экранам, является транспозиция экранов. В зависимости от необходимой степени снижения этих токов может применяться полный или неполный цикл транспозиции. Для кабелей малого сечения достаточным техническим решением для ограничения токов, протекающим по экранам, может оказаться укладка однофазных кабелей по вершинам равностороннего треугольника.

Монтаж кабельных линий.

Кабели с СПЭ изоляцией могут прокладываться на трассах с неограниченной разностью уровней по концам, включая вертикальную прокладку. При прокладке допускается более низкая допустимая температура без предварительного подогрева (-20°C вместо 0°C для кабеля с бумажной маслопропитанной изоляцией). Меньший радиус изгиба однофазных кабелей облегчает прокладку на сложных трассах. Вместе с тем однофазная конструкция накладывает определенные ограничения на способы их прокладки в отличие от кабелей традиционных трехфазных конструкций с бумажно-пропитанной изоляцией. Не допускается пофазная прокладка однофазных

кабелей в трубах из ферромагнитных материалов. При необходимости обеспечения механической прочности можно использовать асбоцементные, пластмассовые или керамические конструктивные элементы. Запрещается использование магнитных материалов для бандажей, крепёжных или иных изделий (скоб, хомутов, манжет, экранов), охватывающих кабель по замкнутому контуру. Бирки на кабель рекомендуется крепить капроновыми, пластмассовыми нитями или проволоками из немагнитных металлов.

Для присоединения кабелей с СПЭ изоляцией к ячейкам КРУ целесообразно использовать экранированные кабельные адаптеры.

Испытания кабелей

Планово-профилактические испытания кабельных линий в России осуществляются постоянным напряжением повышенного уровня (до 6-ти кратного от номинального). Для кабелей с СПЭ изоляцией такие испытания могут приводить к образованию дефектов с последующим снижением уровня эксплуатационной надежности. Поэтому за рубежом кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена испытываются только напряжением сверхнизкой частоты. При испытаниях силовых кабелей с бумажной пропитанной изоляцией применение этого метода позволяет в значительной степени уменьшить испытательное напряжение по сравнению с испытаниями постоянным напряжением.

Выводы:

Повышение эксплуатационной надежности кабельных линий с СПЭ изоляцией возможно только при комплексном учете всех факторов, влияющих на их работу.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ АРГОНОДУГОВАЯ СВАРКА ТРУБОПРОВОДОВ

Омельяненко К.Н.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Непрерывное совершенствование автоматической аргонодуговой сварки в значительной мере обусловило подъём транспортировки и передачи газа на основе трубопроводов в различных отраслях народного хозяйства нашей страны. Однако для получения высокого качества свариваемых соединений стремятся эффективней поддерживать устойчивость горения дуги в условиях различного рода возмущений, например наличие величины эксцентриситетности и пр. В настоящее время остаётся открытой проблема нахождения способа управления полностью устраняющего срыв дуги в процессе сварки эксцентричного трубопровода. Для предотвращения срыва мною была исследована система автоматической аргонодуговой сварки трубопроводов из антикоррозионных жаропрочных конструкционных сталей и сплавов в среде инертных газов с присадочной проволокой или без неё неплавящимся электродом. Определена причина срыва сварочной дуги и разработана релейная система в «скользящем» режиме, обеспечивающая оптимальное поддержание дугового промежутка.

Сварка трубопровода возможна как кольцевая, так и продольная. При необходимости кольцевой сварки трубопровод зажимается в планшайбу, которая вращается при «неподвижной» сварочной головки. В случае продольной сварки неподвижен зажатый трубопровод в планшайбе и изменяется горизонтальное положение сварочной головки.

Поддержание дугового промежутка осуществляется механизмом вертикального перемещения сварочной горелки на величину 285 мм. Движение осуществляется с помощью системы винт-гайка. Для определения математической модели была построена статическая характеристика механизма вертикального перемещения горелки, откуда был определён его коэффициент передачи и зона нечувствительности.

Механизм вертикального перемещения горелки приводится в движение по средствам вращения двигателя постоянного тока (далее – ДПТ) с независимым возбуждением. Математическая модель двигателя представляется в виде структурной схемы, её параметры определяются из экспериментальных снятых характеристик, а именно из осциллограммы якорного тока при отсутствии возбуждения двигателя и с возбуждением. На основе этих данных находятся: коэффициент передачи, момент сопротивления, электромагнитная и электромеханическая постоянные времени.

В настоящее время используются широтно-импульсные преобразователи (далее – ШИП) в качестве управления двигателями постоянного тока. В результате на нагрузку поступает напряжение U_n импульсной формы, среднее значение которого зависит от скважности $\gamma[1]$:

$$U_{нсп} = \gamma \cdot U_{\max} = U_{\max} \frac{\tau}{T} \quad 1.1)$$

где τ – длительность импульса [с]; T – длительность периода [с].

В соответствии с формулой (1.1) можно определить математическую модель ШИП, используя экспериментально снятую статическую характеристику, представленную на рисунке 1.1.

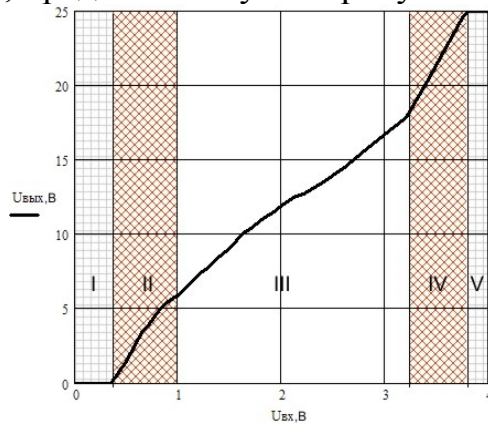


Рисунок 1.1. Статическая характеристика ШИП

При построении статической характеристики, представленной выше на рисунке, за входной сигнал брался управляющий $U_{вх}$ ШИП, а в качестве наблюдаемой выходной величины принималось напряжение на нагрузке. Заметим, что при смене полярности сигнала управления вид статической характеристики в приближении можно считать неизменной, только изменяется полярность выходного сигнала. При подробном рассмотрении рисунка 1.1, оказывается, что ШИП представляет собой обычный коэффициент усиления, меняющийся в зависимости от значения входного сигнала $U_{вх}$. Отсюда статическую характеристику можно разбить на пять зон:

I – зона нечувствительности; II, III, IV – зоны с различным коэффициентом усиления; V – зона насыщения.

ШИП используются в системах стабилизации напряжения дуги. Поэтому рассмотрим такой тип управления, воспользовавшись математическим пакетом MATLAB, с учётом найденных ранее параметров построим систему стабилизации, приведя её на рисунке 1.2.

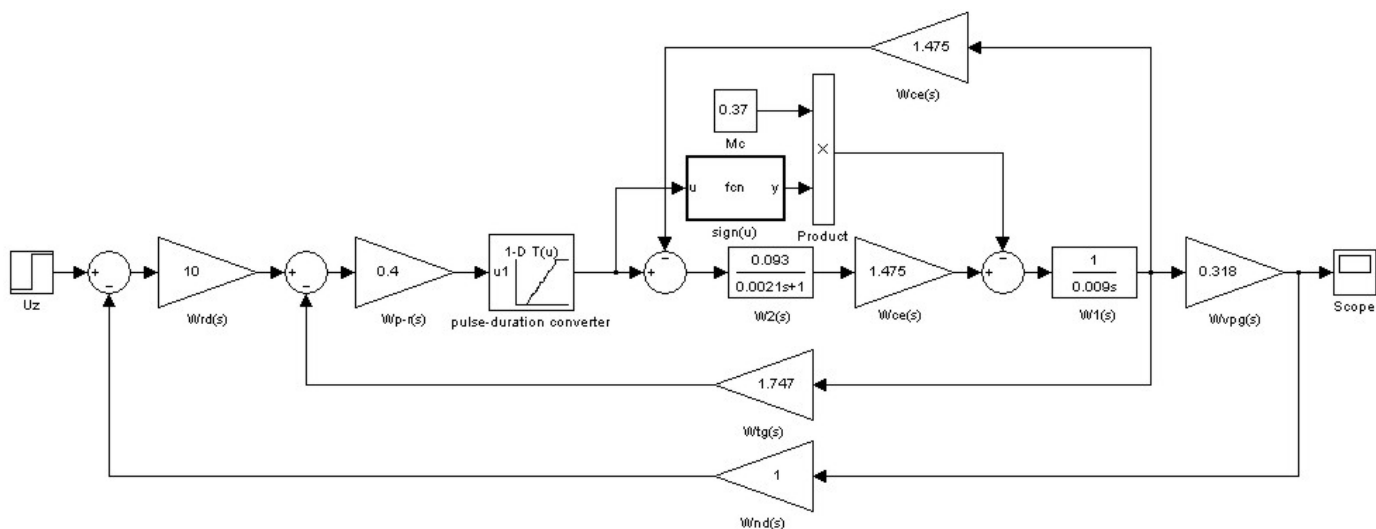


Рисунок 1.2. Структурная схема системы стабилизации напряжения дуги при импульсном управлении двигателем

Структурная схема системы стабилизации напряжения дуги при импульсном управлении двигателем содержит следующие элементы:

$W_{vpg}(s)$ – пропорциональное звено вертикального перемещения горелки,

характеризует зависимость отклонения перемещение от частоты вращения двигателя;

$W1(s)$ – интегрирующее звено, устанавливает зависимость частоты вращения двигателя от разности моментов вращения и сопротивления, учитывает момент инерции вращающихся частей, приведённый к валу двигателя;

$W2(s)$ – апериодическое звено, характеризует зависимость тока якоря от ЭДС, учитывает электромагнитную постоянную времени ДПТ;

$Wce(s)$ – пропорциональное звено скоростного коэффициента двигателя;

M_c – момент сопротивления прикладываемый к валу ДПТ;

$sign(u)$, $product$ – блок сигмаидальной функции (u – напряжение подаваемое на якорную обмотку двигателя) и блок умножения необходимы для смены полярности момента сопротивления при реверсе двигателя;

$W1(s), W2(s), Wce(s), M_c, sign(u), product$ – составляющие блоки структурной схемы ДПТ с независимым возбуждением;

$pulse-duration converter$ – широтно-импульсный преобразователь, сформирован в виде статической характеристики, устанавливает зависимость отклонения напряжения на якоре двигателя от величины отклонения напряжения на входе преобразователя;

U_z – датчик напряжения; $Wp-r(s)$ – звено пропорционального регулятора;

$Wrd(s)$ – звено регулятора дуги; $Wtg(s)$ – пропорциональное звено тахогенератора, преобразующие частоту вращения в напряжение;

$Wnd(s)$ – пропорциональное звено напряжения дуги. Характеризует зависимость отклонения напряжения дуги от отклонения длины дуги;

$Scope$ – осциллограф.

Структурная схема на рисунке 1.2 представляет собой систему подчинённого регулирования, входной сигнал, которой является напряжение, а выходной перемещение. Первый контур регулирования с обратной связью по скорости, второй по напряжению дуги.

Сигнал задания, поступающий с датчика U_z , сравнивается с сигналом обратной связи по напряжению дуги. На выходе сумматора появляется сигнал рассогласования, который через коэффициент регулятора дуги, поступает на вход первого контура регулирования, в свою очередь он по средствам двигателя изменяет положение сварочной головки. Для повышения качества работы этих контуров были настроены пропорциональные регуляторы $Wp-r(s)$ и $Wrd(s)$, путём оценки качества с помощью интегрального критерия, так как постоянная времени небольшая у двигателя, то для учёта

Рисунок 1.4. Структурная схема организующая «скользящий» процесс в релейной системе стабилизации напряжения дуги

Структурная схема релейной системы содержит следующий дополнительный элемент:

$29\text{sign}(M)$ – двухпозиционное безгистерезисное реле, где 29 – максимальное

допустимое напряжение, прикладываемое к якорной обмотки двигателя; M – функция переключения.

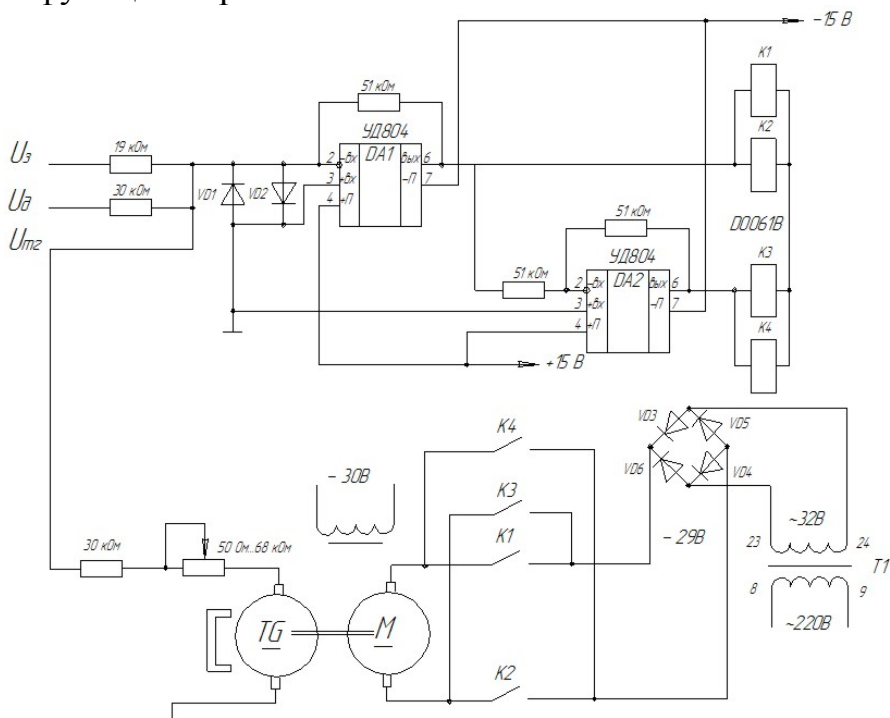


Рисунок 1.5. Электрическая схема организации «скользящего» процесс в релейной системе стабилизации напряжения дуги

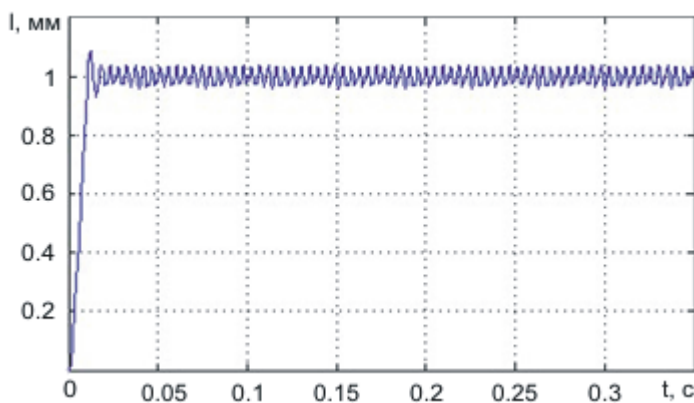


Рисунок 1.6. Переходный процесс при организации “скользящего” процесса в системе.

На рисунке 1.6 отображено время регулирования переходного процесса, которое составляет $T_p \approx 0.01 [c]$, в системе обеспечивается «скользящий» режим в диапазоне $\pm 0.05 [мм]$, выставляющий горелку в точное конечное состояние и гарантирующий устойчивый технологический процесс сварки.

Релейное управление устраняет срыв сварочной дуги, поскольку управляющее воздействие изменяется практически мгновенно, «скачком», и

исполнительное устройство подвержено максимальному постоянному воздействию.

В заключении отметим, что использование релейного управления в «скользящем» режиме позволяет мгновенно изменить положение сварочной головки при появлении малейшей величины эксцентricности и оптимальным образом поддерживать дуговой промежуток в процессе сварки, в отличие от импульсного управления, которое представляет собой коэффициент усиления.

Литература.

1. Волков Н.И, Миловзоров В.П. Электромашинные устройства автоматики. – М.: Высш. шк., 1986. – 335 с.
2. Либерзон К.Ш. Теория автоматического управления. – Самара: Издательство СамГТУ, 2003. – 209 с.
3. Руднев С.А. Исследование периодических движений в релейных системах, содержащих звенья с ограничениями / С.А. Руднев, Н.В. Фалдин // Известия РАН. Теория и системы управления.-2007.- №2.- с.15-27.

АНАЛИЗ ОСТАТОЧНОГО СИГНАЛА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДАТЧИКАХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Омельяненко Н.А.

Бузулукский гуманитарно-технологический институт филиал
Оренбургского государственного университета, г. Бузулук

Остаточный сигнал, в дифференциальных электромагнитных датчиках перемещений, является аддитивной составляющей погрешности функции преобразования и определяет величину разрешающей способности. Данная погрешность остается постоянной по всему диапазону перемещения [1] и ее количественное определение позволит повысить чувствительность датчика.

Аддитивная составляющая погрешности оказывает существенное влияние на работу преобразователей малых перемещений, а для работы электромеханических нульорганов она имеет решающее значение. В связи с этим очень важными являются исследования причин появления остаточного сигнала и разработка методов его устранения.

Рассмотрим простейшую конструкцию дифференциального датчика, которая состоит из замкнутого магнитопровода П-образной формы (рис. 1), двух обмоток возбуждения 2, соединенных последовательно и встречно и подвижной измерительной обмотки 3.

При подключении обмоток возбуждения к напряжению U_B образуются два

встречно направленных магнитных потоков Φ_1 и Φ_2 .

Нулевым, или остаточным, сигналом называется напряжение на выходе датчика при нейтральном положении его подвижной обмотки (00). Практически нулевой сигнал определяют как минимальное напряжение на выходе датчика при перемещении его подвижной части в пределах всего рабочего диапазона.

В реальных датчиках в нулевом сигнале нередко присутствует и основная гармоника, обусловленная недостаточной симметрией (геометрической, электрической, магнитной) датчика. Символически остаточное напряжение на выходе преобразователя при нейтральном положении его подвижного элемента можно записать в следующем виде:

$$\dot{U} = \dot{U}_{сф} + \dot{U}_к$$

где $\dot{U}_{сф}$ - синфазная составляющая остаточного напряжения; $\dot{U}_к$ - квадратурная

составляющая остаточного напряжения.

На рис. 2 условно показаны векторные диаграммы, характеризующие наличие только синфазной составляющей (рис. 2а) и квадратурной составляющей (рис. 2б). В первом случае, вследствие несимметрии датчика напряжения U_1 и U_2 в измерительной обмотке сдвинуты по фазе на 180° и различны по амплитуде. Путем сдвига измерительной обмотки относительно «нейтрали» на величину x_0 удастся получить выходное напряжение, равное нулю. Во втором случае компенсация напряжений происходит только до вели-

чины квадратурной составляющей U_k (так как напряжения U_1 и U_2 сдвинуты по фазе на угол $\varphi \neq 180^\circ$).

Появление дополнительного фазового сдвига на угол φ связано со многими причинами. Одной из таких причин является наличие контуров электрической проводимости в магнитопроводе или обмотке, пронизываемых потоками. Такие контуры могут образоваться вследствие: недостаточной изоляции между пластинами магнитопровода; замыкания пластин между собой заусенцами, образующимися при механической обработке пакета магнитопровода в собранном виде; неудачной конструкции или плохой изоляции элементов, стягивающих пакет магнитопровода, и его элементов крепления; из-за наличия короткозамкнутых витков во вторичной обмотке или значительной электрической проводимости между витками. Существование такого проводящего контура в одной из половин магнитопровода приводит к появлению фазового сдвига потока, пронизывающего контур, что в свою очередь, вызывает появление дополнительного фазового сдвига между напряжениями в левой и правой половинах измерительной обмотки.

Теоретически нулевой сигнал ограничен тепловыми и магнитными шумами и может иметь весьма малое значение. Природа магнитных шумов изучена пока недостаточно полно, и для их приближенной оценки можно воспользоваться данными, полученными Н. Н. Колачевским [2]. Среднее квадратическое значение напряжения тепловых шумов U_m в обмотке преобразователя в полосе частот от f_1 до f_2 определяют по формуле

$$U_m = \sqrt{4kT \int_{f_1}^{f_2} R_f df},$$

где R_f - активная составляющая сопротивления обмотки в интервале от f_1 до f_2 ; T - абсолютная температура обмотки датчика; k - постоянная Больцмана, равная $1,37 \cdot 10^{-23}$ Дж/град.

Отсюда следует, что для уменьшения напряжения тепловых шумов необходимо снижать сопротивление цепи преобразователя, полосу пропускаемых частот или рабочую температуру.

Наличие нулевого сигнала обусловлено не только отсутствием точной симметрии половин магнитопровода, которые могут отличаться друг от друга по своим размерам и магнитным характеристикам. Существенное влияние оказывают также различные по величине емкости и сопротивления утечки как обмоток возбуждения, так и измерительной обмотки, которые вызывают сдвиг фаз между напряжениями U_1 и U_2 отличный от 180° .

В связи со сказанным возникают две задачи: изыскание способов симметрирования магнитной цепи преобразователя и стабилизации магнитной нейтрали.

Наиболее существенное влияние на величину остаточного сигнала оказывает механическая (геометрическая) несимметрия преобразователя, обусловленная различными величинами рабочих и нерабочих зазоров. Однако, в конечном итоге, эту несимметрию можно свести к магнитной несимметрии и добиваться таким образом не геометрической симметрии (что несущественно), а магнитной. Электрическая несимметрия не имеет сущест-

венного значения, так как катушки возбуждения и измерительные катушки могут быть изготовлены с высокой точностью и хорошей изоляцией.

Рассмотрим влияние остаточного сигнала на амплитудно-фазовые характеристики преобразователя.

Из векторной диаграммы на рис. 3 выходное напряжение по теореме косинусов

$$E_B = \sqrt{E_B'^2 + E_B''^2 + 2E_B'E_B'' \cos \beta} \quad (1)$$

где $\beta = 180^\circ - \gamma$; γ - угол сдвига фаз между векторами выходных напряжений

E_B' и E_B'' при крайних положениях подвижного элемента преобразователя.

Принимая характеристику преобразователя линейной, можно записать

где E_{B0}' , E_{B0}'' - напряжение левой и правой половин измерительной ка-

$$\left. \begin{aligned} E_B' &= E_{B0}' + Sx, \\ E_B'' &= E_{B0}'' - Sx, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

тушки при ее нейтральном положении; S - чувствительность преобразователя. Значение остаточной ЭДС определяют по формуле

$$E_0 = \sqrt{E_{B0}'^2 + E_{B0}''^2 - 2E_{B0}'E_{B0}'' \cos \beta}, \quad (3)$$

Подставляя (2) в (1), с учетом (3) находим

Из векторной диаграммы следует, что

$$E_B = \sqrt{2S^2(1 + \cos \beta)x^2 + 2S(1 + \cos \beta)(E_{B0}' - E_{B0}'')x + E_0^2}.$$

$$\begin{aligned} E_B &= \sqrt{2S^2(1 + \cos \beta)x^2 + 2SE_0x \sin \beta + E_0^2}. \quad (162) \\ E_{B0}' - E_{B0}'' &= E_0(1 - \cos \beta), \quad (4) \end{aligned}$$

тогда с учетом (4) получим:

Отсюда видно, что величина выходного напряжения является функцией четырех параметров:

Из векторной диаграммы после несложных преобразований определим угол сдвига фаз между векторами выходных напряжений:

$$E_B = f(x, E_0, S, \beta).$$

$$\beta = \arctg \frac{2kh}{h^2 - 2k^2},$$

где $k = E_0/S$ - коэффициент качества; h - ширина подвижного элемента преобразователя.

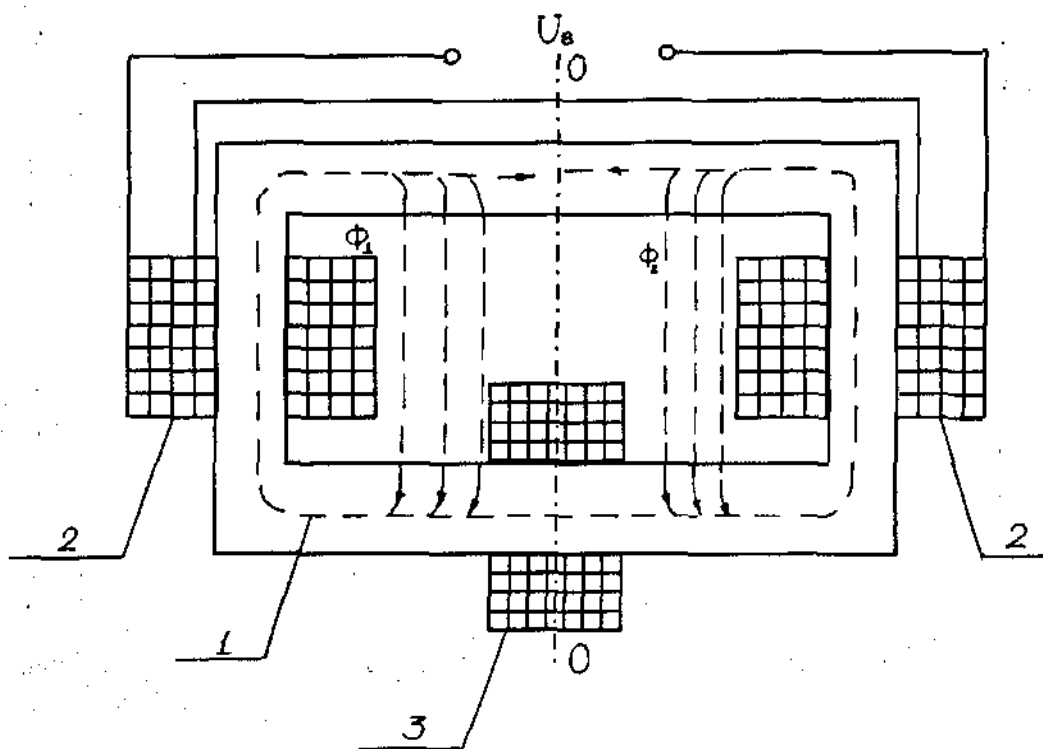
Изменение фазы выходного сигнала в зависимости от координаты перемещения подвижного элемента, чувствительности и величины остаточного сигнала преобразователя определяется выражением

$$\varphi = 180^\circ - \arcsin \frac{E_0 - S \cos \beta x}{\sqrt{2S^2(1 + \cos \beta)x^2 + 2SE_0x \sin \beta + E_0^2}}$$

На рис. 4 приведены графики изменения амплитуды (рис. 4а) выходного напряжения и его фазы (рис. 4б) в зависимости от координаты x . Из графиков видно, что наличие квадратурной составляющей вызывает существенное искажение характеристик преобразователя, особенно в районе нуля.

Полученные выражения удобны тем, что, измерив экспериментально значения остаточного сигнала и чувствительности преобразователя, можно определить степень нелинейности функции преобразования и изменение фазы выходного напряжения.

Рис.1 — Датчик механических перемещений



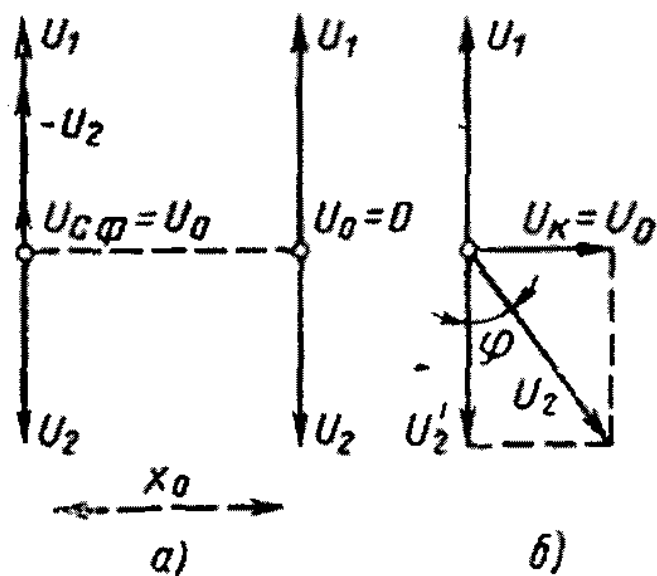


Рис. 2. Векторные диаграммы синфазной и квадратурной составляющих остаточного сигнала

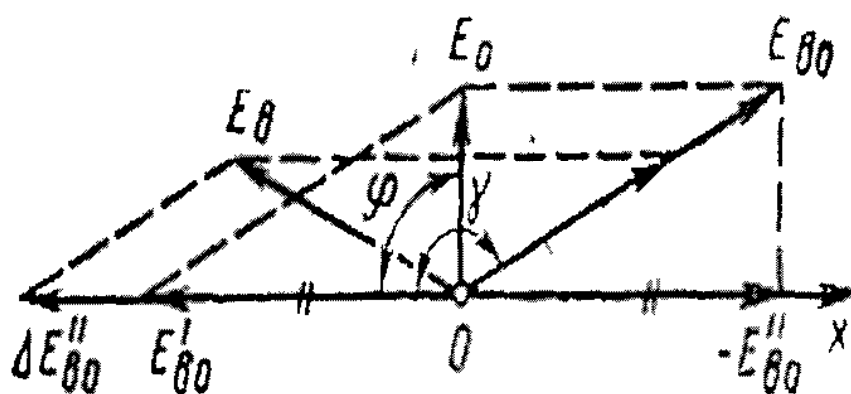


Рис. 3 Векторная диаграмма выходного напряжения ЭФП

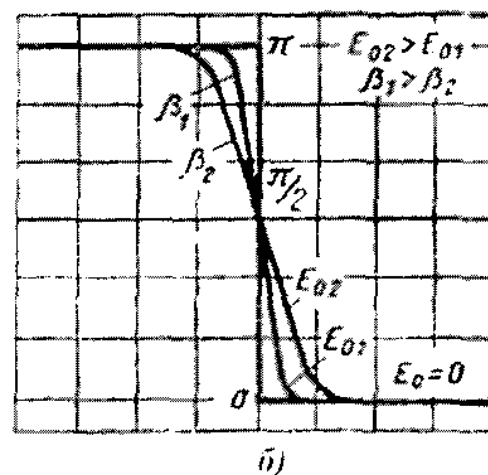
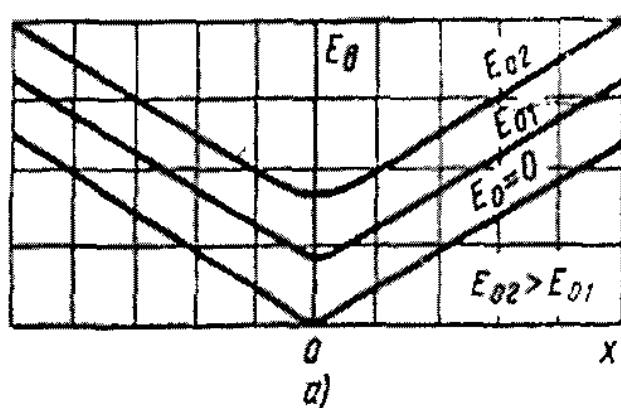


Рис. 4. Амплитудные и фазовые характеристики преобразователя в рабочем диапазоне

Литература.

1. Новицкий П.В. «Основы информационной теории измерительных устройств», Энергия, 1968, 245с.
2. Колачевский Н.Н. Наука, М, 1971

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ОТРАСЛЕВОМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Садчиков А.В.

Оренбургский государственный университет

Технологическая цепочка технологий черной металлургии - «руда-металл» отличается большим разнообразием процессов, в которых происходит подвод-отвод энергии, источников используемой энергии. Еще большее разнообразие наблюдается в технических устройствах, в которых реализуются теплотехнологические процессы. Большинству процессов и установок характерна повышенная энергоемкость. Энергоемкость отечественной продукции черной металлургии в 1,5-3 раза превышает в настоящее время среднемировую. Сказанное выше позволяет сделать вывод о том, что, с одной стороны, потенциал энергосбережения в этой отрасли промышленности огромен, а с другой - направления энергосбережения и конкретные энергосберегающие мероприятия многообразны и не могут быть отмечены все в настоящем издании.

Наибольшие возможности снижения энергоемкости продукции металлургической промышленности имеет внедрение новых энергосберегающих технологических процессов, среди которых можно назвать разработанные в нашей стране, но нашедшие более широкое распространение за рубежом: непрерывная разливка стали (снижение энергопотребления на 20%); сухое тушение кокса, испарительное охлаждение высоконапряженных элементов металлургических агрегатов, использование избыточного давления доменного и природного газа в газовых безкомпрессорных турбинах (ГУБТ) для производства электроэнергии.

Помимо названного за рубежом используют и такие мероприятия как увеличение утилизации кислородно-конвертерного газа (энергосберегающий эффект 18 кг у.т/т стали), увеличение термического КПД нагревательных колодцев (15,2 кг у.т/т стали), нагревательных печей (22,8 кг у.т/т стали), отжиговых печей (18,0 кг у.т/т стали), внедоменная десульфация чугуна (34,0 кг у.т /т стали), вдувание углеводородов в доменные печи (26,5 кг у.т /т стали) и т.д.

Известно, что при производстве 1 т стали минимально возможные (теоретические) затраты энергии составляют 285 кг у.т/т стали. Реализация названных приемов энергосбережения в России позволила бы снизить затраты энергии на 17-20%, что привело бы к экономии до 250 кг у.т /т стали.

Покажем возможности энергосбережения на примере оптимизации управления режимами нагрева металла в секционной печи.

Разнообразие в металлургии процессов, в которых происходит подвод-отвод энергии, технических устройств, в которых эти процессы реализуются источников используемой энергии, режимов работы оборудования не позволяют задачу нахождения энергосберегающего эффекта унифицировать. Практически каждый частный случай выливается в решение непростой научно-технической задачи.

Выберем сравнительно простую схему технологической установки, с наименьшим числом факторов, влияющих на оптимальность режимов нагрева. В этом случае оптимизационная модель составлена для схемы секционной печи для нагрева металла, в состав которой входит подовая часть, нагреваемый металл, ограждение установки (стены и свод), сжигательное устройство и коллектор для отвода продуктов сгорания из каждой зоны.

Установка использует газовое топливо, сжигаемое в k зонах, продукты сгорания удаляются из каждой зоны в общий коллектор. Металл в форме пластины перемещается от первой ($n = 1$) до последней k -той зоны за время τ_k . Теплообмен между металлом и подом отсутствует.

Задача оптимизации заключается в определении температур газа в зонах $T_{г,п}^*(n = 1, k)$, при которых суммарный расход топлива по зонам установки минимален:

$$B_{\Sigma} = S(T_{г1}^*, T_{г2}^*, \dots, T_{гk}^*) = \min$$

Математическая модель зависимости $S(T_{г1}^*, T_{г2}^*, \dots, T_{гk}^*)$, включает следующие описания и алгоритмы:

- дифференциальное уравнение теплопроводности, решение которого производится известным методом конечных разностей;
- уравнения радиационно-конвективного теплообмена в системе газ - ограждение - металл, в которых коэффициенты радиационного теплообмена рассчитываются по формуле В.Н. Тимофеева, а значение коэффициента конвективной теплоотдачи α принимаются по известным рекомендациям;
- математическую модель теплопередачи через ограждение в виде уравнения $q_{ог,n} = a_q + b_q T_{ог,n}$.
- уравнения баланса теплоты, в которых энтальпия продуктов сгорания рассчитывается с помощью специальных приемов.

Используя эту модель, можно оценить экономию энергоресурсов.

Эффект оптимизации обычно определяют сравнением существующих оптимальных режимов. Для оценки прироста расхода топлива при отклонении режима от оптимального в области минимума строят линии постоянного уровня $S(T_{г1}, T_{г2}) = \text{const}$ ($k = 4$, длины зон одинаковы). В качестве S , для удобства сопоставления режимов, приняты удельные расходы условного топлива на тону металла b , кг у.т./т.

Расчеты показывают, что эффект оптимизации в большей степени зависит от количества и размеров зон. Отклонение режима от оптимального при высоких производительностях более интенсивно сказывается на увеличении удельного расхода топлива.

УРОВЕНЬ ШУМА И НАПОР ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ С РАЗЛИЧНЫМ ЧИСЛОМ ЛОПАТОК ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

**Бухарин А.Б., Саликов М.П., Тимашев Е.М.
Оренбургский государственный университет**

В последние годы потребителями предъявляются все более жесткие требования к уровню шума наиболее часто используемых асинхронных двигателей малой и средней мощности. Согласно [1] значительную долю от общего уровня шума составляет его аэродинамическая составляющая и, прежде всего, шум вентилятора. Авторы [2] отмечают, что шум вентилятора обуславливается в меньшей мере его производительностью и в большей мере окружной скоростью. В [3] написано, что «аэродинамический шум зависит, главным образом, от окружной скорости лопаток вентилятора...». В [4] для уменьшения вентиляционного шума рекомендуется выбирать число лопаток вентилятора так, чтобы оно равнялось простому числу. В [3] утверждается, что число лопаток малошумящего вентилятора не должно сильно отличаться от значения определенного по приведенной авторами формулой. Однако, это число может быть и простым и четным и нечетным, то есть любым. В [2] отмечается, что «число лопаток может выбираться таким образом, чтобы они перекрывались на 50%». Большинство же асинхронных электродвигателей электромашиностроительные заводы выпускают с четырехлопастным центробежным вентилятором, что противоречит рекомендации [4].

Для выявления влияния числа лопаток центробежного вентилятора на уровень шума электродвигателя был проведен эксперимент. Исследовался двигатель мощностью 22 кВт, $2p=4$ с четырехлопастным литым из алюминиевого сплава вентилятором и с выштампованным из листовой стали толщиной 1 мм кожухом. Диаметр кожуха 440 мм, а длина направляющей воздух части – 180 мм. Наряду с заводским использовался самодельный вентилятор состоящий из втулки (см. рис.1) и съемных лопаток (рис.2). Конструкция этого вентилятора позволяет менять число лопаток, не нарушая балансировки ротора. Лопатки изготовлены из листового алюминия. Их форма и размер приближены к лопаткам заводского вентилятора.

Испытуемый электродвигатель был установлен на упругом основании. Уровень шума измерялся на расстоянии один метр на высоте оси вращения 200 мм в соответствии с рекомендациями [3,5] в диапазоне частот 31,5Гц – 8 кГц измерителем шума «CENTER 322».

При изменении числа лопаток ожидалось изменение не только уровня шума, но и такого важного показателя вентилятора как напор воздуха. Напор определялся по подъему уровня воды в стеклянной трубке, соединенной с воздухозаборником, расположенным в пространстве между ребрами охлаждения.

Во время эксперимента положение воздухозаборника и измерителя шума относительно электродвигателя оставалось неизменным.

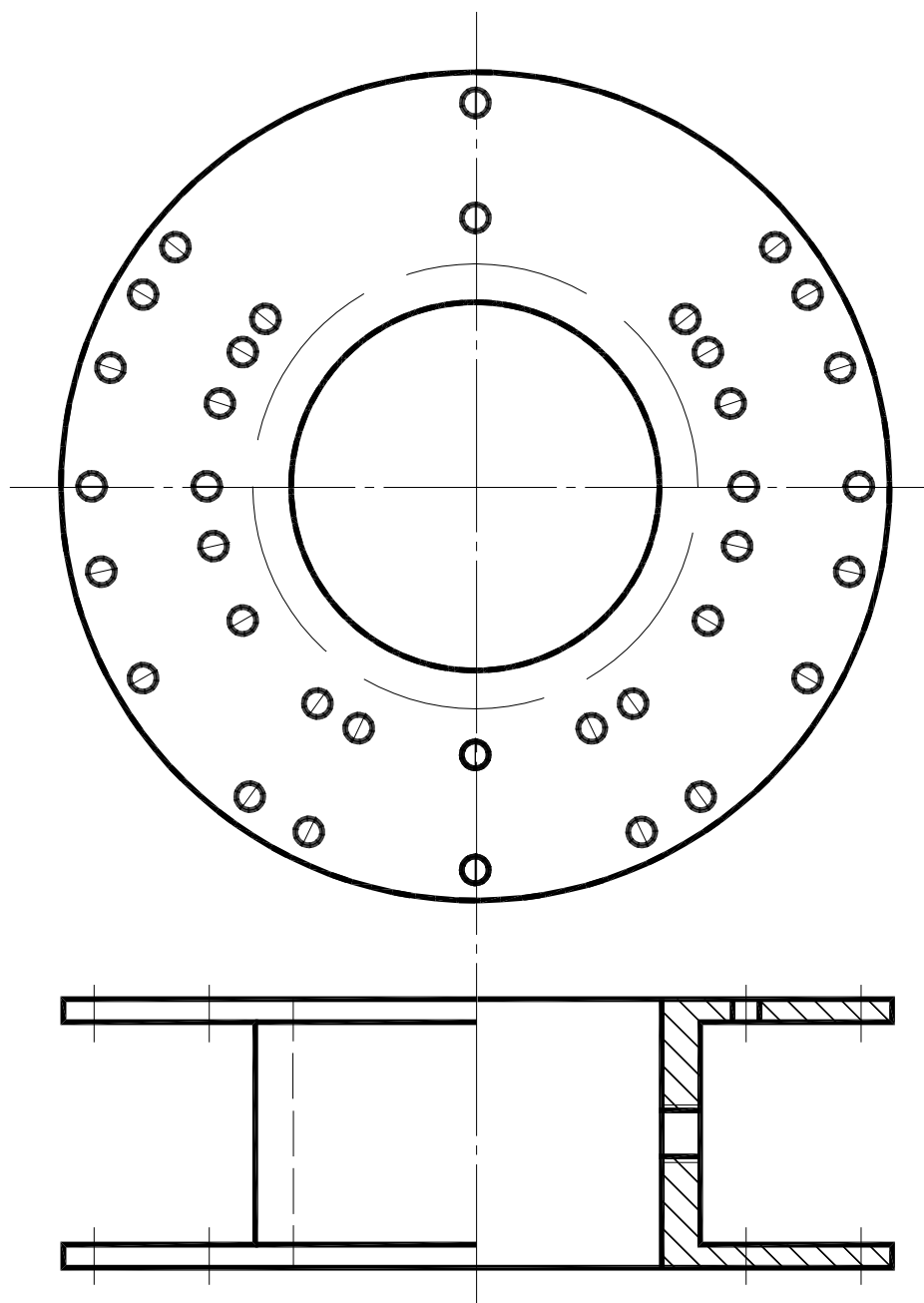


Рисунок 1 - Втулка

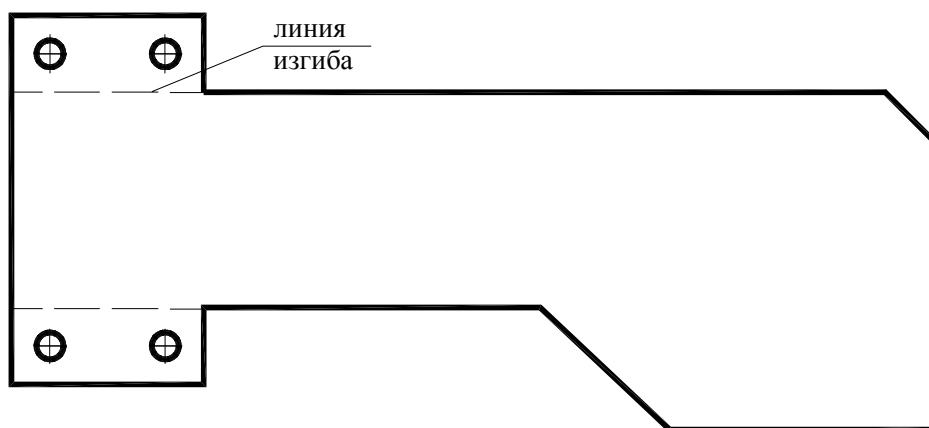


Рисунок 2 - Лопатка вентилятора

Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ опыта	Условия опыта, число лопастей	Уровень шума, дБ	Напор воздуха, о.е.
1	Без вентилятора и кожуха	75	-
2	Без вентилятора, но с кожухом	81,3	-
3	Заводской вентилятор, 4 лопасти	87	1,2
4	2	82,7	1,11
5	3	83,7	1,2
6	4	84,7	1,15
7	5	86,5	1,13
8	6	86,4	1,27
9	7	86,9	1,25
10	3 с закругленными кромками	83,5	1,2

Из данных таблицы следует, что кожух вентилятора исследуемого двигателя повышает уровень шума с 75 до 81,3 дБ, а вентилятор и кожух вместе усиливают шум до 87 дБ. Таким образом, на аэродинамический шум приходится 12 дБ.

Заводской вентилятор оказался более шумящим, чем самодельный, причем в опытах №8 и №9 самодельный вентилятор создавал больший напор.

Закругление кромок лопастей радиусом около 2 мм слегка снижает уровень шума при неизменном напоре, что соответствует рекомендациям [1].

Сравнение данных опытов показывает, что простое число лопаток вентилятора не создает какого либо преимущества по уровню шума. Так, шестилопастный вентилятор шумит меньше чем семилопастный и создает больший напор, а пятилопастный вентилятор шумит больше чем шестилопастный создавая меньший напор.

Литература.

1. Шубов И.Т. Шум и вибрация электрических машин Л.: Энергия, 1974
2. Видеман Е., Келленбергер В. Конструкции электрических машин. Сокр. пер. с нем. Под ред. Б.Н. Красовского. Л. «Энергия», 1972
3. Унифицированная серия асинхронных двигателей Интерэлектро / В.И. Радин, Й. Лондин, В.Д. Розенкноп и др; Под ред. В.И. Радина. – М.: Энергоатомиздат, 1990
4. Сергеев П.С., Виноградов Н.В., Горяинов Ф.А. Проектирование электрических машин. Изд. 3-е переработ. и доп. М., «Энергия», 1969, 632 с. с илл., с.296
5. Коварский Е.М., Янко Ю.И. Испытание электрических машин. – М.: Энергоатомиздат, 1990

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ, ПРИВОДЯЩИХ К НЕСОВПАДЕНИЮ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ ВО ВРЕМЕНИ

Саликов М.П.

Оренбургский государственный университет

Почему же ток в цепях с индуктивностью отстает от напряжения, а с электрической емкостью опережает напряжение?

В изложении этого материала в учебниках и на лекциях преобладает математическая сторона описания физических явлений, которые остаются как бы в тени, не называются или упоминаются вскользь, мимоходом. Такое повествование не доходит до глубины понимания, необходимое инженеру, который вынужден просто запоминать, что от чего отстает или опережает.

Предлагается следующий порядок изложения материала, избавленный от излишней математизации и ориентированный на физику процессов, что, по мнению автора, внесет элемент наглядности, лучше понимается и запоминается.

1. Цепь с индуктивностью.

Вокруг любых проводников с током создается магнитное поле, мерой которого является магнитный поток Φ . Магнитный поток значителен в случаях если проводники прямолинейные и очень длинные, например, в линиях электропередач или проводники свернуты в многовитковые катушки. Значительные магнитные потоки создаются проводниками с током расположенными вблизи ферромагнитных масс. Примером последнего случая являются обмотки электрических машин.

Итак, к проводникам, обладающим индуктивностью приложено синусоидально изменяющееся напряжение u , которое создает синусоидально изменяющийся ток i . Этот ток создает вокруг проводника магнитное поле, совпадающее по фазе с током (см. рис. 1). Магнитное поле, изменяясь по величине и направлению, наводит в проводниках э.д.с. e .

Чтобы построить кривую э.д.с. необходимо отметить характерные точки на оси времени. Эти точки 1, 1' - кривая э.д.с. проходит, когда магнитный поток наибольший или наименьший. В такие моменты он не изменяется по величине, и, следовательно, не создает э.д.с.

Точки 2, 2', на оси времени – в эти моменты ток и созданный им магнитный поток изменяются с наибольшей скоростью и, по этой причине, в эти моменты времени магнитный поток наводит наибольшую по модулю э.д.с.

Каково направление этой э.д.с. – направление подсказывает закон электромагнитной индукции или, иначе, закон электромагнитной инерции, а проще, правило Ленца: «При всяком изменении магнитного потока, сцепленного замкнутым проводящим контуром, в этом контуре возникает индуцированная э.д.с., которая стремится вызвать в контуре ток, препятствующий изменению потока сцепления контура».

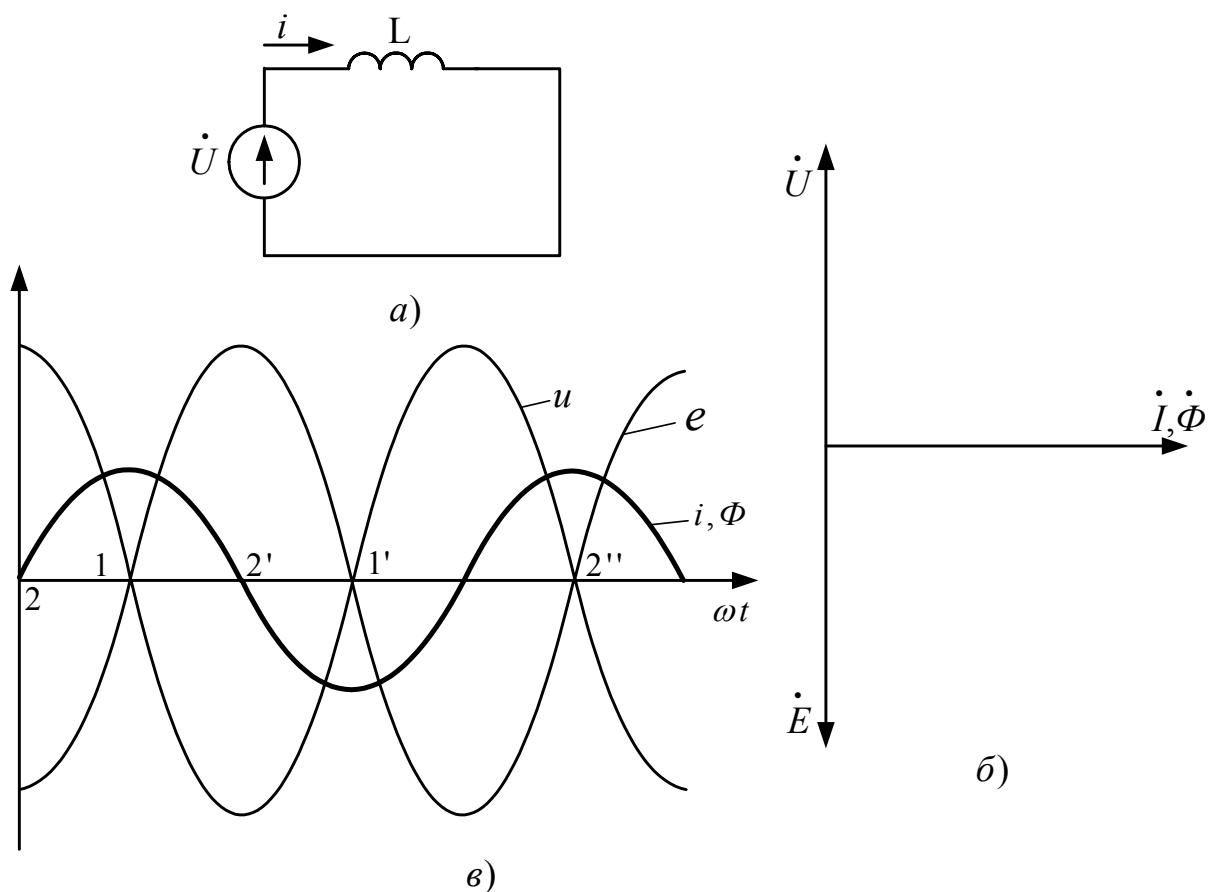


Рисунок 1

В точке 2 магнитный поток увеличивается. Следовательно, э.д.с. будет наводиться в том направлении, когда она созданным ею током предотвращала бы рост тока и магнитного потока.

От точки 1 до точки 2' ток уменьшается. Следовательно, наводимая уменьшающимся магнитным потоком э.д.с. будет направлена в сторону сохранения тока и магнитного потока неизменными.

Итак, э.д.с. отстает от создавшего ее тока и магнитного потока на 90° .

А как быть с напряжением, создавшим ток? – Напряжение должно уравновешивать э.д.с в любой момент времени, как показано на рис.1, кривая напряжения.

Необходимо помнить, что такое равновесие достигнуто протеканием тока, который опережает э.д.с. на 90° и отстает от вызвавшего его напряжения также на 90° .

2. Цепь с электрической емкостью.

Электрической емкостью обладают проводники, расположенные близко друг к другу. Электрическая цепь с емкостью представлена на рис. 2.

Итак, начиная, с точки 1 напряжение увеличивается. Это увеличение ведет к перетеканию электрических зарядов от источника в емкость, что означает возникновение электрического тока. При достижении напряжением наи-

большого значения в момент времени соответствующим точке 2, емкость полностью заряжена, и напряжение источника не меняется, т.е. отсутствует причина для перетекания электрических зарядов.

Действительно, при обходе контура, рисунок 2, б, оказывается, что напряжение источника и напряжение на ёмкости равны по величине и направлены встречно. Следовательно, в момент времени 2 тока нет.

При уменьшении напряжения емкость начинает разряжаться через источник, и ток меняет направление на противоположное.

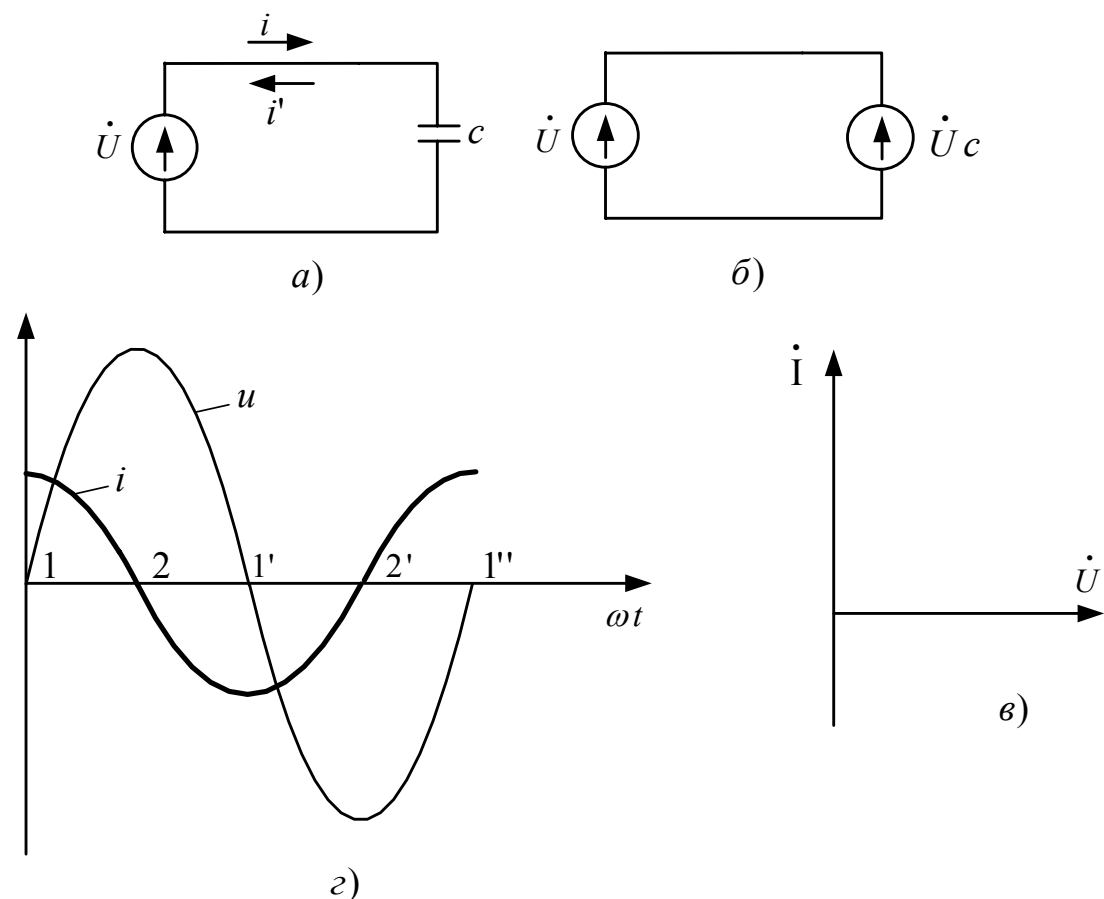


Рисунок 2

Известно, что электрическое напряжение пропорционально количеству зарядов. Следовательно, изменение напряжения происходит при изменении количества зарядов. Такое изменение сопровождается перетеканием зарядов, то есть возникновением тока. В точках 2 и 2' изменения напряжения не происходит. Следовательно, в эти моменты времени ток i равен нулю. Наибольшая скорость изменения напряжения имеет место в точках 1, 1' и 1''. Поэтому в эти моменты времени ток $i = \frac{dq}{dt}$ наибольший.

После разряда электрическая емкость заряжается второй полуволной напряжения и далее процесс заряда-разряда повторяется.

Необходимо помнить, что условием равенства напряжения источника и напряжения на электрической емкости в любой момент времени является перетекание зарядов, т.е. электрический ток.

ПОВЫШЕНИЕ ЗАГРУЖЕННОСТИ ЛИНИЙ СВЯЗИ СИГНАЛАМИ ПРИ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИИ

Жежера Н.И., Семенов Д.М.

Оренбургский государственный университет

В статье рассматривается повышение загруженности линий связи сигналами при телеуправлении (телесигнализации), передаваемыми с помощью ключей параллельных цепей от командного пункта к исполнительному пункту.

На рисунке 1 приведена принципиальная электрическая схема устройства передачи сигналов с помощью ключей параллельных цепей от командного пункта к исполнительному пункту при телеуправлении (телесигнализации).

Устройство содержит на командном пункте разделительные диоды 1, 2, 3 и 4 и ключи 5, 6, 7 и 8 управления, а на исполнительном пункте однофазный источник питания 9 переменного тока, имеющий два крайних вывода 10 и 11 и средний вывод 12, светодиоды 13, 14, 15 и 16 опто-электронных ключей 17, 18, 19 и 20, насыщающиеся дроссели 21 и 22, линии связи 23, 24 и 25 и линии подключения 26, 27 и 28 на командном пункте двух пар параллельных цепей, образованных последовательно соединенными ключами 5-8 и диодами 1-4, к линиям связи 23, 24 и 25. При разомкнутых ключах 5-8 электрический ток через светодиоды 13-16 не протекает, опто-электронные ключи 17 – 20 находятся в исходном состоянии.

При замыкании ключа 5 начинает протекать однополупериодный выпрямленный ток по цепи: верхний вывод 10 источника питания 9 (вторичной обмотки трансформатора), дроссель 21, светодиод 13, линия связи 23, линия подключения 26, ключ 5, диод 1, линия подключения 27, линия связи 24, средний вывод 12 источника питания 9 (средний вывод обмотки трансформатора). Под действием постоянной составляющей тока дроссель 21 насыщается и величина тока в указанной цепи возрастает. Светодиод 13 начинает излучать световой поток, который, воздействуя на фотоприемник опто-электронного ключа 17, вызывает его переключение. Это переключение может быть использовано для воздействия на управляемый объект или сигнальные устройства.

Если производится замыкание ключа 6 (при условии, что ключи 5, 7 и 8 разомкнуты), тогда аналогично начинает протекать ток через светодиод 14, который вызывает срабатывание опто-электронного ключа 18.

При замыкании ключа 7 начинает протекать однополупериодный выпрямленный ток по цепи: нижний вывод 11 источника питания 9 (вторичной обмотки трансформатора), дроссель 22, светодиод 15, линия связи 25, линия подключения 28, ключ 7, диод 3, линия подключения 27, линия связи 24, средний вывод 12 источника питания 9 (средний вывод обмотки трансформатора). Под действием постоянной составляющей тока дроссель 22 насыщается и величина тока в указанной цепи возрастает. Светодиод 15 начинает излучать световой поток, который, воздействуя на фотоприемник опто-электронного ключа 19, вызывает его переключение. Это переключение может быть использовано для воздействия на управляемый объект или сигнальные устройства.

Если замыкают ключ 8 (при условии, что ключи 5, 6 и 7 разомкнуты), тогда аналогично начинает протекать ток через светодиод 16, который вызывает срабатывание оптоэлектронного ключа 20.

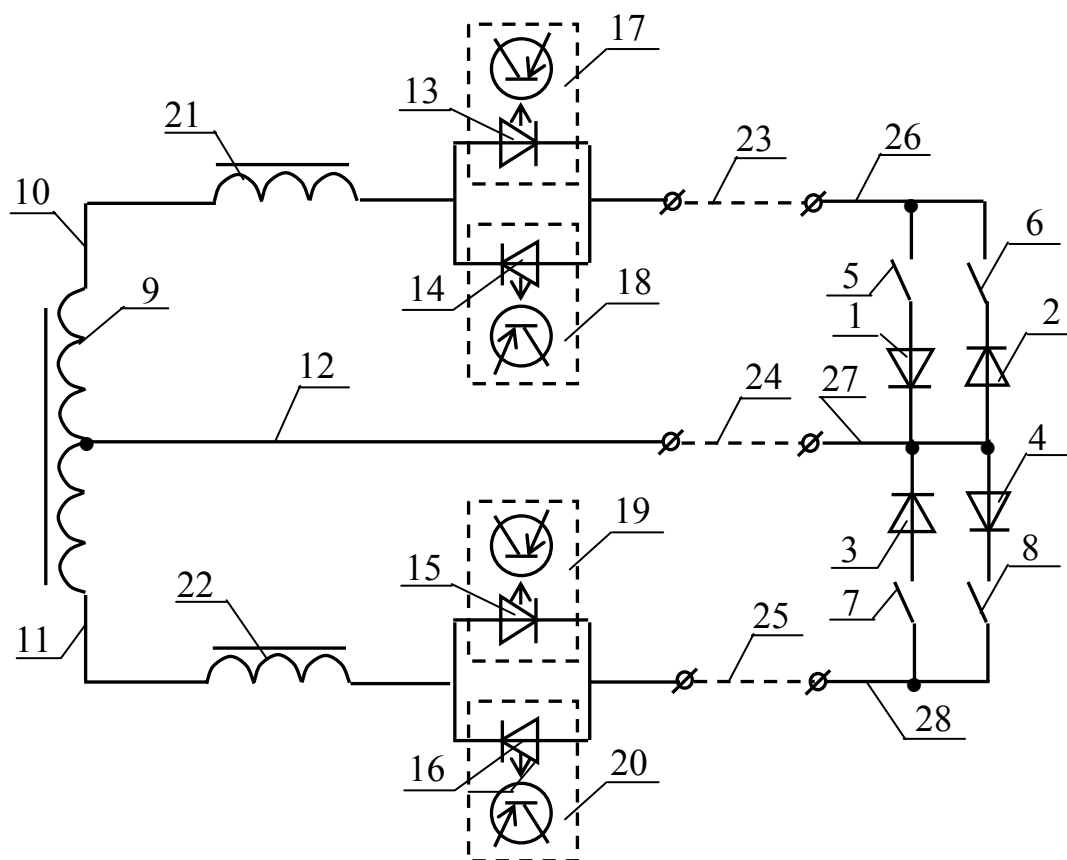


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема устройства передачи с помощью ключей параллельных цепей сигналов от командного пункта к исполнительному пункту при телеуправлении (телесигнализации)

При одновременном замыкании ключей 5 и 6 или замыкании на линии к дросселю 21 прикладывается переменное напряжение, которому обмотка дросселя оказывает большое сопротивление. Через светодиоды 13 и 14 протекают незначительные токи, недостаточные для срабатывания оптоэлектронных ключей 17 и 18. Аналогично при замыкании ключей 7 и 8 или замыкании на линии к дросселю 22 прикладывается переменное напряжение, которому обмотка дросселя оказывает большое сопротивление. Через светодиоды 15 и 16 протекают незначительные токи, недостаточные для срабатывания оптоэлектронных ключей 19 и 20. При замыкании всех ключей 5 – 8 одновременно в схеме проходят токи недостаточные для срабатывания всех оптоэлектронных ключей 17 - 20.

Количество витков каждой из двух частей источника питания 5 (вторичной обмотки трансформатора) рассчитывается, исходя из паспортных данных по напряжениям для нормальной работы оптоэлектронных ключей 17, 18, 19 и 20.

Разработанное устройство используется, например, при телесигнализации четырех состояний уровня жидкости в технологической емкости, а именно: уровня жидкости выше верхнего допустимого значения, уровня жидкости выше верхнего аварийного значения, уровень жидкости ниже нижнего допустимого значения, уровня жидкости ниже нижнего аварийного значения.

В известном устройстве от четырех ключей параллельных цепей по четырем линиям связи и по одной общей (пятой) линии связи передается четыре сигнала информации от командного пункта к исполнительному пункту, то есть, загруженность каждой линии связи передаваемыми сигналами составляет $(4/5) \cdot 100 \% = 80 \%$.

В предлагаемом устройстве телеуправления (телесигнализации) от четырех ключей, расположенных на командном пункте, передаются четыре сигнала на исполнительный пункт по трем линиям связи, и загруженность каждой линии связи передаваемыми сигналами от командного пункта к исполнительному пункту составляет $(4/3) \cdot 100 \% = 133 \%$ или на $(133 - 80) = 53 \%$ больше, чем в известном устройстве. Это обеспечивает экономию проводников по протяженности, используемых для линий связи, равную 53 %.

Таким образом, предлагаемое устройство телеуправления (телесигнализации) позволяет повысить загруженность линий связи сигналами, передаваемыми с помощью ключей параллельных цепей, образованных последовательно соединенными ключами и диодами, от командного пункта к исполнительному пункту на 53 %.

Список использованных источников.

1. Заявка на изобретение № 2009103969 Устройство телеуправления – телесигнализации. Авторы заявки Н.И. Жежера, Д.М. Семенов. Приоритет от 05.02.2009 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКОВ

Соколов В.Ю.

Оренбургский государственный университет.

В настоящее время многие ведущие лаборатории в первую очередь занимаются проведением и истолкованием опытов на моделях. В связи с этим на практике были выработаны некоторые простые положения относительно подобию (работы Эйлера, Рейнольдса, Маха, Фруда). Однако первоначально простые идеи были значительно усовершенствованы с развитием этих работ, и мы получили бы весьма искаженное представление о моделировании, если бы не рассмотрели некоторые практические аспекты этой темы. Поэтому рассмотрим развитие экспериментальной техники некоторых специальных видов моделирования.

Объяснение результатов, полученных при моделировании гаваней, рек, устьев, плотин, водосливов, безнапорных трубопроводов, зависит от практического опыта и интуиции. Достаточно сложно моделирование потока жидкости в так называемых «неподвижных ложах»; еще более трудно с помощью простых математических понятий инспекционного анализа осуществить моделирование эрозионного действия и отложений в случае «подвижного ложа».

При изучении движения жидкости на малых моделях неподвижных русел в первом приближении можно использовать моделирование по числу Фруда. Это значит, что если уменьшение длин равно $L:1$, то скорость должна уменьшиться в отношении $\sqrt{L}:1$, а объемный расход – в отношении $L^{\frac{5}{2}}:1$.

Однако практика моделирования по числу Фруда скоро заставляет признать необходимыми некоторые ограничения. Так затухание волн, и другие эффекты вязкости оказываются завышенными на моделях малых размеров. В небольших моделях элементарные струйки жидкости перемешиваются медленнее (решающим оказывается действие капиллярности). Кроме того, захват воздуха в небольших моделях трубопроводов гораздо меньше, чем в естественных условиях.

Более важен тот факт, что силы вязкости в моделях относительно велики и, следовательно, турбулентность «вихревая вязкость» сравнительно с ними мала. Чтобы этого избежать, обычно в моделях индуцируют турбулентность, искусственно увеличивая шероховатость поверхностей или даже создавая препятствия движению жидкостей в виде вертикальных пластинок или жестких проволоочных сеток (турбулизаторов).

Перенос твердых частиц (загрязнений) движущейся средой в силу его большого практического значения чаще всего рассматривают на моделях «подвижного ложа». Использование таких моделей требует большого индивидуального искусства и связано с законами масштабирования.

Моделирование по числу Фруда весьма приближенно сохраняет как скорости, вызванные силой тяжести, так и волновые движения, но только в случае

турбулентного режима движения или в случае, когда вязкостью можно пренебречь. На модели завышают относительные размеры частиц, отчасти, чтобы избежать силы сцепления, отчасти, чтобы сохранить число Re , а также, чтобы облегчить изготовление модели. Такое завышение размеров препятствует увеличению частиц модели водой. Это явление компенсируется уменьшением их относительной плавучести.

На практике при изучении гидравлических моделей трубопроводов редко обращаются к теоретическим доводам. Надежности добиваются тем, что воспроизводят различные аспекты режима, наблюдаемого в реальных условиях. При этом надеются, что изменения в условиях обтекания также будут воспроизведены в новом масштабе, однако не имеется никаких теоретических доводов в поддержку данного предположения.

При изготовлении лабораторных установок, из соображений удобства проведения эксперимента и экономии, часто выбирают не только размеры модели и скорость среды, но и используемую жидкость (например, вода, воздух, или их смесь). Использование малых моделей для представления действительной картины большего масштаба обычно обосновывается с помощью инспекционного анализа размерностей.

По утверждению Г.Биркгофа (1), можно быть уверенным, что законы ньютоновской механики достаточно точно описывают поведение реальных жидкостей в обычных условиях. Хотя подобные изменения масштаба могут существенно повлиять на такие свойства вещества, как плотность и вязкость. Диапазон плотности и вязкости реальных жидкостей настолько велик, что это влияние обычно остается незамеченным.

В качестве реализации теории моделирования возможно воспользоваться уравнением Навье-Стокса для несжимаемой жидкости, которое согласно работам Руарка можно привести к безразмерному виду следующим образом:

$$\frac{Du_i^1}{Dt'} = \frac{1}{Re} \nabla'^2 u_i^1 + \frac{1}{Fr} \left(\frac{g_i}{g} \right) - \frac{Qdp'}{2dx_i'},$$

где g_i/g – направляющие косинусы силы тяжести, Q – число кавитации (число Тома)

Безразмерные дифференциальные компоненты уравнения находятся в соответствии с техническим опытом. Следовательно, можно получить несколько ориентирующих правил необходимых для построения моделей:

- Если влияние силы тяжести, сжимаемости и кавитации незначительно, то модель должна иметь тоже самое число Рейнольдса (Re).
- Если не имеют значения сжимаемость, кавитация и вязкость, то моделировать надо по числу Фруда (Fr).
- Если можно пренебречь сжимаемостью и вязкостью, но надо учитывать гравитационные и кавитационные эффекты, то следует сохранять неизменным число Fr и число кавитации.
- Нужно сохранять неизменным «отношение сил», при этом дифференциальные компоненты уравнения не должны рассматриваться в явном виде.
- Безразмерные величины остаются без изменения при всех преобра-

зованиях динамических параметров уравнения Навье-Стокса.

Теорема Г.Биркгофа показывает, что в случае несжимаемого течения к уравнениям движения Эйлера, уравнению неразрывности и независимости и к краевым условиям Эйлера на твердых стенках применим принцип инерциального моделирования.

Поскольку сформулированные выше условия определяют корректно поставленную краевую задачу (задачу Неймана) для стационарного течения при заданном начальном давлении, отсюда вытекает справедливость уравнения Эйлера для безвихревого несжимаемого течения, при этом измеренное значение сопротивления не должно зависеть от размеров, скорости движения и плотности жидкости.

Если применить теорему к ускоренному движению, возникающему из начального состояния покоя, то получим, что коэффициент присоединенной массы k (это разность между инертной массой в жидкости и в вакууме), выражающийся отношением)

$$k = \frac{\text{присоединенная} \cdot \text{масса}}{\text{масса} \cdot \text{перемещенной} \cdot \text{жидкости}}$$

определяется формой рассматриваемого тела и не зависит от его размеров, от изменения ускорения и от плотности жидкости. Экспериментально проверено, что принцип инерциального моделирования приближенно справедлив при режимах, соответствующих широкому диапазону изменений Re . Однако он сразу перестает быть справедливым, когда появляются перемежающиеся вихри и турбулентность в пограничном слое (например, вблизи $1/Re = 0,02$ и $0,00005$).

Большое значение имеет применение метода инспекционного анализа к уравнениям для несжимаемых вязких жидкостей. В этом случае течения Пуазейля в трубах для воздуха, воды и многих других жидкостей наступает при одном и том же числе Рейнольдса. Соответствующий результат справедлив для поверхностного трения пластинок, параллельных направлению потока.

При опытной проверке этих результатов необходимо соблюдать следующие две предосторожности, иначе не обеспечивается моделирование по числу Рейнольдса. Во-первых, нужно пользоваться моделями с аналогичной шероховатостью поверхностей. Это существенно влияет на появление турбулентного течения и на переход в пограничном слое от ламинарного течения к турбулентному. Так, вблизи $Re_{кр}$, можно много изменить сопротивление трубы, увеличив (или уменьшив) должным образом шероховатость ее поверхности.

Во-вторых, турбулентность свободного потока должна оставаться той же самой, особенно в динамических трубах с замкнутым контуром.

Моделирование при больших числах Рейнольдса в малом масштабе для больших скоростей в потоке — весьма нелегкая задача. Если использовать данную жидкость (воздух или воду) при атмосферных условиях, то всякое уменьшение диаметра модели должно компенсироваться увеличением в том же отношении скорости. В случае воздуха вязкость ν можно уменьшить, используя сжатый воздух, чтобы компенсировать уменьшение масштаба длин. К сожалению, мы не знаем ни одной жидкости, у которой значение ν было бы много меньше, чем у воды, хотя многие жидкости имеют значительно большее значе-

ние ν . Поэтому только аэродинамические трубы дают экономичные модели по числу Рейнольдса при моделировании течений жидкости.

1.G.Birkhoff ,Hydrodynamics, A study in logic, fact and similitude. Prinseton, New Jersey,1960

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИНАХ

Ушакова Н.Ю.

Оренбургский государственный университет

Современный этап развития высшего профессионального образования характеризуется внедрением в государственные образовательные стандарты нового категориального понятия «компетенция», заменивших применявшиеся ранее понятия «знания» и «умения». Компетенция – отчужденное, заранее заданное социальное требование (норма) к образовательной подготовке обучающегося, необходимой для его эффективной продуктивной деятельности в определенной сфере. Введение компетенций в нормативную и практическую составляющую образования позволяет решать вечную проблему российской высшей школы, когда выпускники вузов хорошо овладевают набором теоретических знаний, но испытывают значительные трудности в деятельности, требующей использования этих знаний для решения конкретных жизненных и производственных задач и проблемных ситуаций.

Компетентностный подход предполагает не усвоение учеником отдельных друг от друга знаний и умений, а овладение ими в комплексе. По определению Хуторского А.В. В соответствии с разделением содержания образования на общее метапредметное (для всех предметов), межпредметное (для цикла предметов или образовательных областей) и предметное (для каждого учебного предмета), выстраиваются три уровня компетенций:

- 1) ключевые компетенции обучающегося - определяют общий уровень его готовности к любому виду деятельности;
- 2) общепредметные компетенции - показывают уровень его подготовки в определенной сфере деятельности, например, связанной с его профессией;
- 3) предметные компетенции - представляются частным случаем двух первых, но имеют конкретное описание. Их формирование осуществляется в рамках изучения любого предмета.

В проектах государственных образовательных стандартов третьего поколения приводится более стройная классификация компетенций:

- 1) универсальные, включающие в себя общенаучные, инструментальные, социально-личностные и общекультурные компетенции;
- 2) профессиональные компетенции по видам деятельности.

Укрупненный перечень всех рекомендуемых компетенций этих уровней уже прописывается в государственных образовательных стандартах. Кроме того, в учебном плане по каждому циклу дисциплин (ГСЭ, ЕН и профессиональному циклам) в базовой и вариативной части конкретизировано, что должен знать, уметь и чем владеть студент в результате освоения этого цикла дисциплин.

Однако при разработке рабочей программы конкретной дисциплины оказывается, что перечисленные в стандарте компетенции:

- а) определяют только конечные цели, которые необходимо достигнуть в результате освоения даже не одной, а совокупности дисциплин (например, «Способность выбирать оборудование энергетики для конкретных условий»);
- б) не учитывают междисциплинарные связи;
- в) не учитывают, что развитие науки и техники, инфокоммуникационных технологий требует вносить постоянные коррективы, как в перечень компетенций, так и в конкретизацию знаний и умений.

Иными словами, по каждой дисциплине перед разработкой рабочей программы целесообразно составить так называемую матрицу компетенций, содержащую (по аналогии с циклами дисциплин) базовую и вариативную части. Матрицу компетенций целесообразно составлять для каждого модуля (дидактической единицы) дисциплины. Она накладывается на матрицу компетенций, устанавливаемых стандартом. Здесь решается одновременно несколько задач:

1) на основе мониторинга компетенций, полученных в процессе обучения предшествующих дисциплин, определяются межпредметные связи и знания и умения, которыми должен владеть обучающийся для освоения данного модуля и которые являлись базовыми компетенциями именно для предшествующих дисциплин;

2) определяются требования к уровню входных знаний, необходимых для освоения модуля;

3) формулируются выходные компетенции, знания и умения, являющиеся базовыми для последующих дисциплин.

Поясним это на примере. Так, например, один из модулей дисциплины «Теоретические основы электротехники» - Трехфазные цепи – базируется в первую очередь на знаниях, полученных их курсов математики, физики и информатики. Отсюда формулируются входящие базовые компетенции: использование методов решения уравнений, теории комплексного переменного, векторной алгебры, знание основных физических законов, умение применять численные методы и математические пакеты для решения уравнений. Кроме того, модуль относится ко второй части ТОО и в свою очередь базируется уже на компетенциях, знаниях и умениях, полученных в предыдущих модулях, таких, как основные законы и методы расчета электрических цепей, преобразование электрических цепей, анализ цепей с синусоидальными источниками и т.п. Во входящих компетенциях есть вариативная часть, особенно она касается информационных технологий, например использования новых версий Mathcad, мультимедийных технологий.

Одно из следствий разработки входящих компетенций - это сопряжение содержания дисциплин, базирующихся друг на друге. Так, например, при обучении студентов электротехнических специальностей ГОУ ОГУ было проанализировано и скорректировано содержание лекций и заданий для самостоятельной работы по матанализу и физике с учетом требований специальных дисциплин. В результате при преподавании физики используется теперь та же система обозначений, что и в электротехнических дисциплинах, типовые расчетные задания тоже носят не абстрактный характер, а сориентированы на будущую специальность и формируют умения и навыки, которые необходимы в дисципли-

нах, базирующихся на физике. В курсе математике была пересмотрена логическая последовательность преподавания некоторых разделов, введены разделы, не читаемые ранее. Кроме того, разработаны интегрированные задания по двум дисциплинам: первая часть таких заданий выполняется в курсе математики, вторая - в курсе ТОЭ. Профессионально направленным стало и преподавание предметов, связанных с информационными технологиями: в курсах информатики, прикладных задач программирования преподаются математические пакеты MathCad, Mathlab, моделирующая программа Elektroniks Workbench. С использованием этих программ студенты выполняют в дальнейшем расчетные задания по курсу ТОЭ, используют их в лабораторных работах, курсовом и дипломном проектировании.

В свою очередь использование того же раздела Трехфазные цепи в специальных дисциплинах для электроэнергетических специальностей накладывает определенные требования к выходным компетенциям, которые приобретут студенты после освоения данного модуля. И, одно из главных требований, это, то, что компетенции должны быть профессионально-ориентированные. В связи с этим необходимо рассмотрение теоретических вопросов обязательно уже в лекционном курсе дополнять практическими примерами и проблемами. Так при рассмотрении вопросов анализа трехфазных цепей при соединении нагрузки звездой целесообразно изучить вопрос заземления и зануления, а также рассмотреть его с точки зрения техники безопасности. Метод симметричных составляющих можно подкрепить реальными расчетными формулами из инструкций для устройств релейной защиты. В теории вращающегося магнитного поля нужно обязательно показать, не только принципы действия, но и конструкцию современных электрических машин. Иными словами, необходимо не только формировать у студента определенные знания и умения, но и се время показывать, где дальше в спецдисциплинах или профессиональной деятельности будут необходимы эти разделы. Ориентирование на практические примеры и будущую профессиональную деятельность дает большую мотивацию студентов к освоению дисциплины.

Профессиональная направленность формирования компетенций на уровне отдельно взятой дисциплины требует пересмотреть не только содержание лекций, но и совершенно другой подход к формированию заданий для самостоятельной работы в курсе ТОЭ – это РГЗ. При этом необходимо учитывать, что переход к многоуровневой системе подготовки и стандартам третьего поколения дает определенную свободу обучающимся: добровольно выбирать уровень усвоения предполагаемого материала при обязательном усвоении установленного государственным компонентом объема знаний. В связи с этим можно сформулировать основные требования к заданиям для самостоятельной работы:

- их профессиональная ориентация;
- не менее трех уровней сложности, который студент выбирает сам;
- возможность выбора технологии реализации и защиты задания;

ПОМЕХОЗАЩИЩЕННЫЙ КАНАЛ ВВОДА АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ

Хлуденев А.В., Пославский А.П., Худорожков О.В.
Оренбургский государственный университет

Одним из основных направлений энергосбережения является внедрение энергосберегающих технологий и оборудования. В Оренбургском государственном университете проводятся исследования, направленные на разработку и использование инструментальных средств для экспериментального определения энергетических и теплофизических параметров технологического оборудования и процессов теплообмена. Разработаны экспериментальные установки и образцы измерительно-вычислительных комплексов (ИВК), позволяющие выполнять регистрацию значений основных параметров (как функций времени):

- мощности, потребляемой от электросети, и энергии, затрачиваемой на выполнение работы;
- температуры теплоносителя или рабочей среды;
- температуры окружающей среды.

ИВК построен на базе персонального компьютера, к портам которого подключены измерительные преобразователи температуры (ИПТ) и активной мощности (ИПМ), потребляемой силовой частью установки от трехфазной сети переменного тока [1].

При разработке ИВК были учтены условия эксплуатации, характеризующиеся воздействием сильных электромагнитных помех, возникающих при протекании по силовым цепям установки токов до 100 А в каждой фазе. Воздействие электромагнитного поля проявляется в виде продольной и поперечной помех на входе канала измерения температуры. Согласно ГОСТ 13384-81 для измерительных преобразователей повышенной помехозащищенности нормируется уровень продольной помехи до 100 В и уровень поперечной помехи до 20 % от номинального уровня входного сигнала [2].

Во многих серийно выпускаемых моделях ИПТ используются дифференциальные нормирующие усилители, способные ослаблять действие продольных помех на 100 – 120 дБ. Для данной задачи этот способ подавления продольной помехи не подходит, так как допустимый диапазон синфазной помехи ограничивается по критерию обеспечения линейного режима усилительных каскадов. При уровнях продольной помехи, превышающих 10 В, единственным средством ее подавления остается гальваническая развязка каждого источника аналогового сигнала от заземленного приемника сигналов.

Возможности эффективности подавления поперечной помехи от сети питания с помощью фильтров нижних частот ограничены требованием обеспечения времени установления на уровне 0.2 – 0.5 секунды. В данном случае более эффективно использовать синхронную фильтрацию сетевой помехи.

Одновременно выполнить рассмотренные требования можно за счет использования сигналов с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Частота ШИМ-сигнала выбрана равной частоте питающей электросети. Этим обеспечивается эффективное подавление поперечных помех с частотой сети и ее высших

гармоник. Пусть входное напряжение u_{in} содержит составляющую полезного сигнала (на интервале периода сети T ее можно считать постоянной величиной U_0) и периодическую помеху, тогда входное напряжение можно представить в виде ряда Фурье

$$u_{in} = U_0 + \sum_{i=1}^n U_{mi} \sin\left(\frac{2\pi \cdot i}{T} \cdot t + \varphi_i\right), \quad (1)$$

где U_{mi} – амплитуда, а φ_i – фаза i -й гармоники помехи. В установившемся режиме работу ШИМ можно описать уравнением баланса заряда

$$\frac{\tau}{T} \cdot E_0 + \frac{1}{RC} \int_0^T u_{in} dt = 0, \quad (2)$$

где τ – длительность импульса;

E_0 – величина опорного напряжения;

RC – постоянная времени интегрирования.

При точном равенстве периода ШИМ-сигнала периоду сети его относительная длительность

$$\theta = \frac{\tau}{T} = -\frac{U_0}{E_0}. \quad (3)$$

ШИМ-сигнал достаточно просто передавать через оптронные элементы, выполняющие функцию гальванической развязки для подавления продольных помех. Эффективность оптронной гальванической развязки по подавлению продольных помех в конечном итоге определяется величиной их проходной паразитной емкости. Использование современных оптоэлектронных трансформаторов позволяет получить коэффициент подавления не хуже 100 дБ.

Через элементы оптоэлектронной развязки также удобно передавать сигналы с частотно-импульсной модуляцией (ЧИМ), которые формируются на выходе интегральных преобразователей активной мощности. Тем самым, обеспечиваются требования безопасности, так как входные цепи ИПМ, связанные с датчиками напряжения (ДН), не изолированы от силовой сети.

ИПМ фазных каналов выполнены на интегральных схемах ADE7757A, предназначенных для построения электронных однофазных счетчиков электроэнергии. Принцип действия ADE7757A основан на перемножении мгновенных значений напряжения и тока с последующим усреднением.

Если предположить, что напряжение и ток имеют гармонический характер, то мгновенная мощность

$$p(t) = U_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \varphi\right) \cdot I_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) =$$

$$0.5 \cdot U_m \cdot I_m \cdot \cos \varphi + 0.5 \cdot U_m \cdot I_m \cdot \cos\left(\frac{4\pi}{T} \cdot t + \varphi\right), \quad (4)$$

где φ - фазовый сдвиг (коэффициент мощности);

U_m – амплитуда напряжения;

I_m - амплитуда тока.

Значение активной мощности можно получить путем интегрирования $p(t)$ на интервале, кратном T

$$P = 0.5 \cdot U_m \cdot I_m \cdot \cos \varphi. \quad (5)$$

Аналогично определяются составляющие мощности высших гармоник

Напряжения трехфазной сети подаются на входы ИС ADE7757A через резистивные ДН, а токи каждой фазы – через понижающие трансформаторы тока (ТТ), нагруженные на измерительные шунты.

Функциональная схема канала ввода аналоговых сигналов приведена на рисунке 1. На схеме показаны один канал ввода сигнала от датчика температуры (ДТ) и один канал активной мощности.

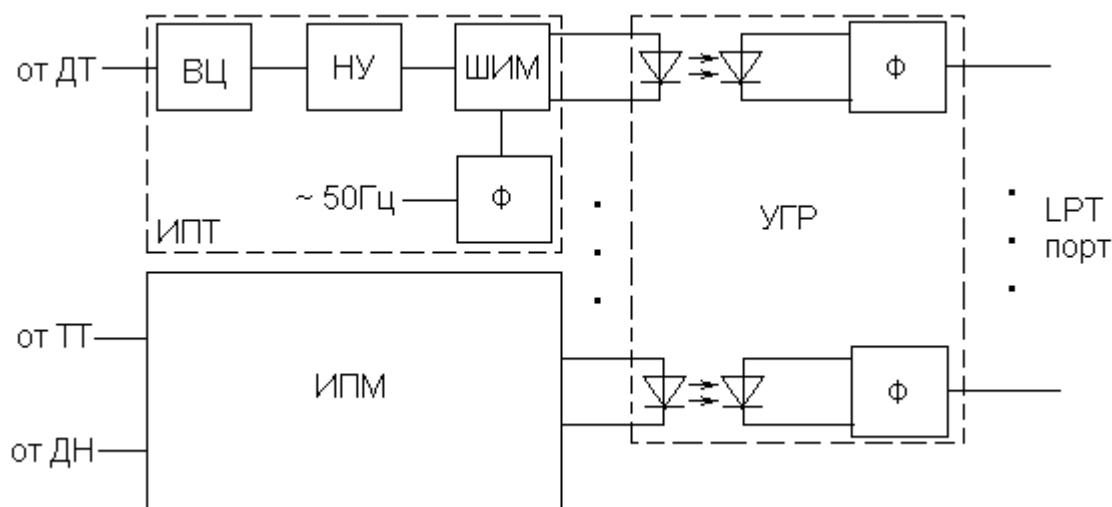


Рисунок 1 - Функциональная схема канала ввода

ИПТ допускает работу с термометрами сопротивления типа ТСП – 100 (рабочий диапазон температур 0 – 320 °С) или термоэлектрическими преобразователями (термопарами) типа ТХА, ТХК, ТПП (рабочие диапазоны температуры соответственно: 0 – 600 °С, 0 – 1100 °С и 0 – 1100 °С).

ИПТ включает входную цепь (ВЦ), предназначенную для подключения термометров сопротивления по трехпроводной схеме, а также для компенсации температуры холодных спаев термопар, нормирующий усилитель (НУ) и широтно-импульсный преобразователь. Частота ШИМ-сигнала задается непосред-

ственно от питающей сети через понижающий трансформатор блока питания ИПТ и формирователь импульсов (Ф).

Выходные каскады ИПТ и ИПМ непосредственно нагружены на светоизлучающие диоды оптронов, таким образом, линии связи между измерительными преобразователями и устройством гальванической развязки (УГР) выполнены в виде токовой петли. ИПТ и ИПМ конструктивно выполнены как самостоятельные модули и подключаются к LPT-порту персонального компьютера через УГР.

В стандартном режиме работы LPT-порт персонального компьютера имеет только пять линий для асинхронного ввода дискретных сигналов: -ACKNLG, PE, SLCT, BUSY, -ERROR по адресу 379h. Таким образом, имеется возможность параллельно вводить сигналы с пяти измерительных каналов. При необходимости, число каналов можно увеличить, используя мультиплексирование. Адрес мультиплексируемого канала можно выводить через линии порта 378h.

Ввод ШИМ и ЧИМ сигналов через линии LPT-порта позволяет отказаться от использования аналого-цифровых преобразователей. Преобразование информации из аналоговой формы в цифровую выполняется поэтапно:

- 1) в параметр периодической импульсной последовательности;
- 2) в двоичный код.

Второй этап преобразования выполняется только программными средствами. Разработанное приложение Power включает модуль ввода импульсных сигналов, измерения и кодирования их информативных параметров.

Для этого создан буфер, в который записывается последовательность дискретных отсчетов пяти каналов в течение заданного окна измерения. Во время заполнения буфера все прерывания должны быть запрещены. Длительность окна измерения, период опроса линий порта, а также объем буфера определяются, исходя из требуемой разрешающей способности.

Алгоритм определения относительной длительности ШИМ-сигнала основан на выделении из буфера отсчетов на протяжении целого числа его периодов N_T . В выделенном подмножестве отсчетов подсчитывается число единичных N^1 и нулевых N^0 отсчетов. Относительная длительность ШИМ-сигнала

$$\Theta = N^1 / (N^1 + N^0). \quad (6)$$

Погрешность квантования относительной длительности

$$\delta\Theta_0 = 1 / (N^1 + N^0). \quad (7)$$

Алгоритм определения частоты следования ЧИМ-сигнала F основан на определении целого числа импульсов N_P (перепадов значений 0 и 1) на протяжении N_T периодов ШИМ-сигнала. Этим обеспечивается синхронная фильтрация пульсаций частоты, возникающих вследствие неполного подавления пульсаций мгновенной мощности

$$p_n(t) = 0.5 \cdot U_m \cdot I_m \cdot \cos\left(\frac{4\pi}{T} \cdot t + \varphi\right). \quad (8)$$

Значения информативных параметров вычисляются путем умножения Θ и F на масштабирующие коэффициенты. Для температурных каналов выполняется дополнительная обработка, связанная с необходимостью линеаризации градуировочных характеристик датчиков температуры. Линеаризация выполняется по данным градуировочных таблиц. Определение значений температуры в интервалах между ближайшими узлами (через один градус) выполняется методом линейной интерполяции.

При необходимости можно выполнить калибровку каналов измерения температуры и потребляемой мощности. Калибровка каналов измерения температуры выполняется по двум реперным точкам, соответствующим 0 °С и существенно более высокой температуре. В первом случае датчик температуры помещается в сосуд с тающим льдом, во втором – в печь. Температура нагретой зоны контролируется образцовым термометром.

Калибровка каналов измерения мощности выполняется по одной реперной точке независимо по каждой фазе. Мощность нагрузки должна быть близкой к полной шкале и контролироваться образцовым ваттметром.

Вычисленные калибровочные коэффициенты записываются в файл конфигурации и считываются при загрузке программы. Выполнение калибровки позволяет исключить влияние на результаты измерения систематических составляющих основной аддитивной и мультипликативной погрешности.

Результаты измерений по всем каналам сохраняются на магнитном диске и отображение в виде графиков на экране монитора. По результатам измерения активной мощности вычисляется текущее значение электроэнергии, полученное нагрузкой от сети.

Разработанный вариант канала ввода отличается от используемых в серийных измерительных преобразователях простотой, но не уступает им по точности и помехозащищенности. Опытный образец ИВК в течение нескольких лет успешно эксплуатируется в проблемной лаборатории кафедры ТЭРА, используется для выполнения научно-исследовательских работ и в учебном процессе.

Список использованных источников.

1 Пославский, А.П. Хлуденев, А.В. Оценка эффективности энергосберегающих технологий и оборудования на предприятиях автотранспортного комплекса [Текст] / А.П. Пославский, А.В. Хлуденев // Вестник ОГУ. Приложение «Автотранспортные системы», 2004 г., С. 66-70.

2 Миронов, В.Д., Сергиевская, Е.Н. Дополнительные требования к источникам информации с унифицированным сигналом постоянного тока [Текст] / В.Д. Миронов, Е.Н. Сергиевская // Приборы и системы управления. – 1980. - № 7. – С.17-19.

АППАРАТНАЯ ТАБЛИЧНО-АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЯ КВАДРАТНОГО КОРНЯ

Хлуденев А.В., Худорожков О.В.
Оренбургский государственный университет

В последнее десятилетие в задачах цифровой обработки сигналов (ЦОС) активно используются интегральные схемы программируемой логики (ПЛИС). Возможность построения структур, аппаратно реализующих различные алгоритмы обработки информации, позволяет находить эффективные решения для реального масштаба времени.

К числу типовых задач ЦОС относятся задачи вычисления элементарных функций, в том числе извлечения квадратного корня. Решения типовых задач для реализации на кристалле ПЛИС представляются в форме мегафункций, которые являются объектами интеллектуальной собственности (IP-cores). Обычно мегафункции описываются на одном из языков описания аппаратуры (HDL).

Целью данной работы являлось построение экономичного варианта мегафункции для вычисления квадратного корня с фиксированной точкой

$$Y = \text{sqrt}(X). \quad (1)$$

В качестве основных показателей эффективности реализации рассматривались показатели быстродействия и требуемые ресурсы кристалла ПЛИС. Исследования выполнялись на программируемой вентильной матрице (FPGA) EP1C3T144 семейства Cyclone фирмы Altera. FPGA семейства Cyclone выполнены по технологии 0.13 мкм с медными слоями металлизации. Модель EP1C3T144 включает 2910 программируемых логических элементов (LE) и 13 встроенных модулей памяти, общей емкостью 59904 бит [1]. В качестве инструментального средства разработки использовалась система Quartus II Web Edition v. 8.1.

В качестве базового варианта реализации рассматривалась параметризованная мегафункция `altsqrt` из стандартной библиотеки IP-cores фирмы Altera. При построении мегафункции `altsqrt` специалисты Altera использовали итерационный алгоритм вычисления корня [2]. Схема аппаратной реализации одной итерации приведена на рисунке 1. Одна итерация должна приходиться на два разряда аргумента.

По результатам компиляции мегафункции для 8-разрядного корня установлено, что для размещения вычислителя требуется 119 программируемых логических элементов (4 % от имеющихся на кристалле). Для асинхронного варианта реализации максимальная задержка формирования результата составила 42 нс.

Традиционно наиболее радикальным решением проблемы ускорения вычислений элементарных функций считается использование табличного метода реализации, который основывается на построении таблицы значений функции для всех допустимых кодовых комбинаций аргумента. Размещается такая таб-

лица в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ), а время получения результата определяется временем вычисления абсолютного адреса ячейки ПЗУ (по значению аргумента) и временем считывания значения функции из этой ячейки.

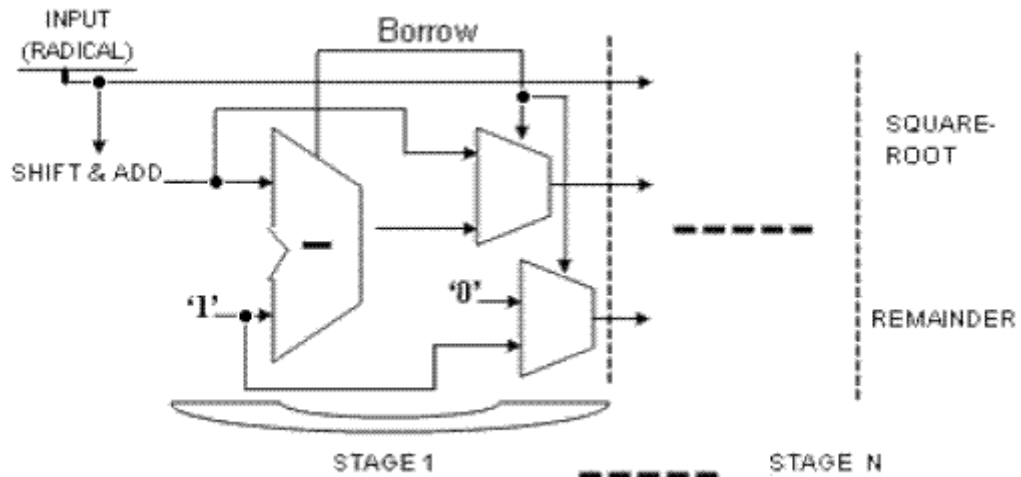


Рисунок 1

К сожалению, этот метод не всегда можно реализовать на практике. Основным препятствием является ограниченная емкость ПЗУ. Пусть $Y \in [0, 255]$ – восьмиразрядное значение корня, тогда для представления аргумента $X \in [0, 65535]$ потребуется 16 разрядов, а для размещения таблицы этой функции потребуется 64К 8-разрядных ячеек ПЗУ. Это многократно больше, чем емкость всех встроенных модулей памяти FPGA модели EP1C3T144.

Аналогичное исследование для программной реализации задачи извлечения квадратного корня показало эффективность использования таблично-алгоритмического метода вычисления [3]. При этом вычисление функции (1) заменяется решением эквивалентного уравнения

$$Y^2 - X = 0. \quad (2)$$

Задаваясь начальным приближением $Y_0 = 0$, уточняют положение корня

$$Y_n = Y_{n-1} + 2^{8-n}, \text{ если } X \geq (Y_{n-1} + 2^{8-n})^2, \\ Y_n = Y_{n-1}, \text{ иначе.} \quad (3)$$

На каждом шаге определяется очередной разряд корня, начиная со старшего. Для данного случая необходимо выполнить 8 шагов ($n = 1..8$). На каждом шаге необходимо вычислять значение квадрата очередного приближения. Эффективным решением является использование табличной реализации. Причем, для размещения таблицы квадратичной функции потребуется всего 256 16-разрядных ячеек ПЗУ. Функциональная схема аппаратной реализации таблично-алгоритмического вычисления корня приведена на рисунке 2.

Вычислитель квадратного корня построен на основе регистра последовательных приближений (SAR). При поступлении новых значений аргумента X подается сигнал начала преобразования BC. Процесс вычисления корня занимает восемь тактов синхроимпульсов Clk, в течение этого времени формируется сигнал Busy. В каждом такте SAR формирует код текущего приближения в соответствии с (3). Соответствующее значение квадрата текущего приближения сравнивается со значением аргумента X. Результат сравнения фиксируется SAR. Снятие активного уровня на линии Busy свидетельствует о готовности результата Y.

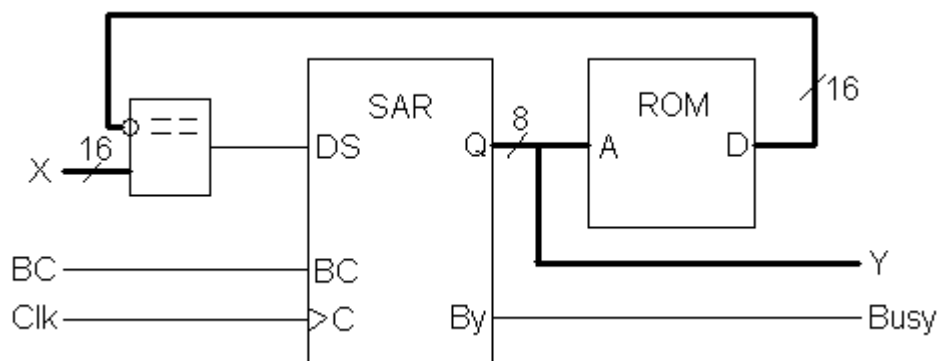


Рисунок 2

Данная структура была описана на языке AHDL. По результатам компиляции установлено, что для размещения вычислителя требуется 43 программируемых логических элемента (1.47 % от имеющихся на кристалле) и 4096 бит встроенных модулей памяти (7 % от ресурсов кристалла). Предельная частота синхронизации составила 50 МГц.

Результаты моделирования работы вычислителя средствами встроенного симулятора системы Quartus II приведены на рисунке 2.

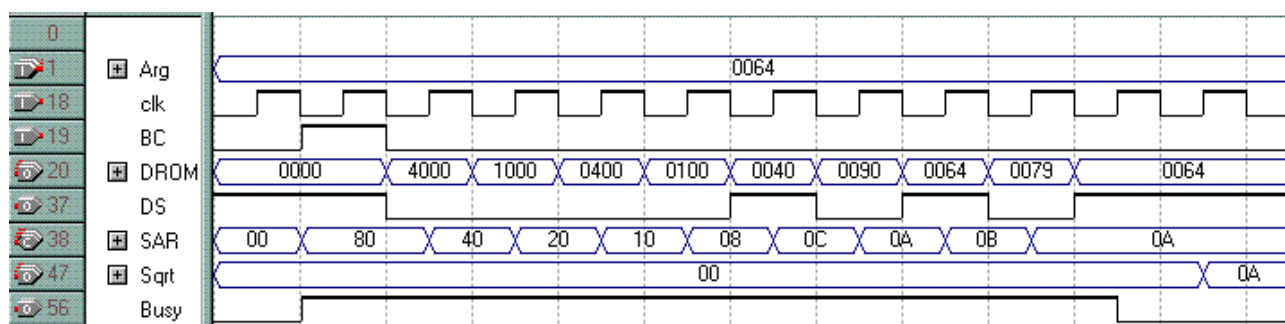


Рисунок 2

Полученные результаты оценок сведены в таблицу 1. Их сравнительный анализ позволяет сделать следующие выводы. Предложенный таблично-алгоритмический вариант реализации метода последовательных приближений дает существенный выигрыш по числу программируемых логических элементов, но уступает по времени вычисления. Его целесообразно использовать при решении задач, критичных по логическим ресурсам кристалла ПЛИС.

Представляет интерес исследование конвейерного таблично-алгоритмического варианта реализации вычислителя.

Предложенный метод можно распространить на целочисленные вычисления значений других функций, у которых мощность множества допустимых дискретных значений аргумента многократно превышает мощность множества дискретных значений функции.

Таблица 1

Показатели качества	Мега-функция altsqrt	Таблично-алгоритмический вариант
Логических элементов	119 (4 %)	43 (1,47 %)
Бит памяти	- (0 %)	4096 (7 %)
Время преобразования, нс	42	160

Список использованных источников

1 Cyclone Device Handbook [Электронный ресурс]: Vol. 1. – Altera Corporation, May 2003. – 488 p. – Режим доступа : WWW.URL : <http://www.altera.com/>. – 27.06.2008.

2 Altsqrt Megafunction [Электронный ресурс]: User Guide. – Altera Corporation, March 2007. . – Режим доступа : WWW.URL : <http://www.altera.com/>. – 27.06.2008.

3 Хлуденев, А.В.Таблично-алгоритмический метод реализации элементарных функций / А.В. Хлуденев // Современные информационные технологии в науке, образовании и практике. Материалы VII всероссийской научно- практической конференций. - Оренбург: ОГУ, – 2008. - С. 177 - 181.

ИЗМЕРЕНИЯ И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ

Худорожков О.В., Хлуденёв А.В.
Оренбургский государственный университет

Перед каждой серией измерений поле зрения радиометра перекрывалось моделью абсолютно черного тела (АЧТ), с температурой, равной температуре окружающего воздуха и АЧТ с известной фиксированной температурой, отличной от окружающей среды, что позволяло постоянно контролировать параметры прибора.

В каждой серии измерений фиксировалась метеорологическая обстановка – величина температуры окружающей среды, тип, балл и высота облачных формирований. Все данные сверялись с информацией, получаемой от метеостанции.

Измерение яркости неба производилось в процессе сканирования пространства оптической осью радиометра, при этом угловые координаты изменялись, как показано на рисунке 1.

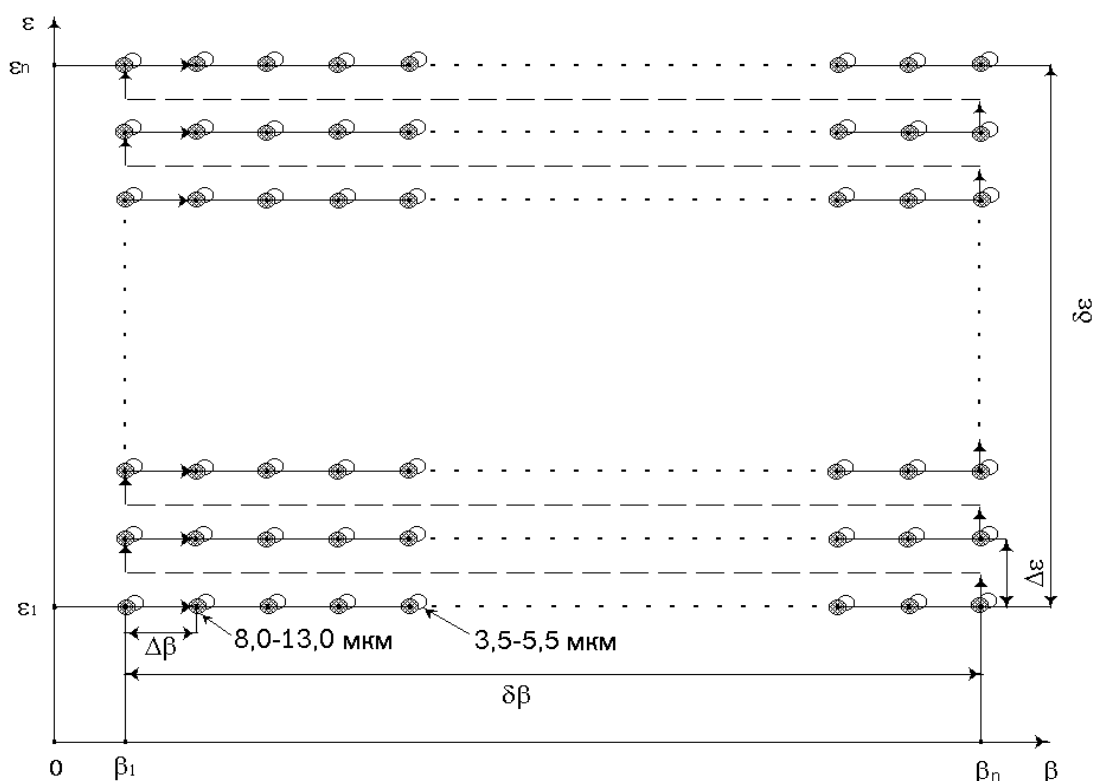


Рисунок 1 – Изменение угловых координат

Исходя из характеристик, сканирующая система позволяла осуществлять сканирование по азимуту в 360° и по углу места от 0 до 90° . Однако область сканирования (растр) ограничивалась по обеим координатам. По азимуту сканирование осуществлялось в секторах, угловые размеры которых находились в

пределах $60-180^\circ$, а по углу места - в секторе от 0° до 60° . При этом количество строк (реализаций) в растре, равнялось 30. Минимальный шаг квантования ($\Delta\epsilon$, $\Delta\beta$) при сканировании соответствовал не менее двух отсчетов на элемент разрешения прибора через 1-2 угловых минуты, что обеспечивает точность при описании излучения облачной атмосферы. Каждая реализация содержала от 4000 до 40000 значений энергетической яркости $B_{j,i}(\beta)$, где j – номер строки в растре, i – порядковый номер точки измерения в строке, соответствующий азимуту β_i . Все строки в растре, для того чтобы исключить ошибки в процессе статистической обработки начинались с одного и того же азимутального угла.

Ограничения, наложенные на геометрические размеры растров, были связаны с конструктивными особенностями используемого прибора.

К конструктивным относятся следующие ограничения: по азимуту не сканировался сектор $\pm 15^\circ$ от направления на Солнце, чтобы не вывести из строя приемник канала 3,5—5,5 мкм, по углу места ограничивались 60° из-за конструктивных особенностей микрохолодильника канала 3,5—5,5 мкм (вытекает азот).

Кроме этих были наложены ограничения на время наблюдения.

В литературе описаны ряд работ [31—40], где приведены результаты исследования характеристик излучения облачной атмосферы и было установлено следующие — радиусы автокорреляции временных флуктуаций излучения кучевых облаков в диапазонах 3,5—5,5 и 8,0—13,0 мкм на уровне 0,5 не превышают 50 секунд. Поэтому в этом интервале времени процессы, протекающие в атмосфере, можно считать стационарными и продолжительность формирования одной реализации не должна превышать этого времени.

Обработка результатов измерений велась методами математической статистики.

Статистические связи между распределением энергетической яркости облачной атмосферы в диапазонах длин волн 3,5—5,5 и 8,0—13,0 мкм исследовались методом корреляционного анализа.

Основная задача, решаемая в ходе проведения корреляционного анализа, — выявление связи между спектральными диапазонами. Она решалась путем точечной и интервальной оценки коэффициентов корреляции. При вычислении коэффициентов корреляции проверялась их значимость, по критерию Колмогорова—Смирнова.

В ходе проведения анализа производился расчет взаимных корреляционных функций. Кроме этого, корреляционный анализ позволил оценить функции регрессии одной случайной величины относительно к другой.

Возможность проведения корреляционного анализа обеспечивалась следующими предпосылками:

распределение энергетической яркости облачной атмосферы в обоих диапазонах является случайной величиной;

случайные величины имеют совместное нормальное распределение.

В процессе корреляционного анализа использовалась методика обработки стационарных временных рядов. Так как реализации можно считать стационар-

ными временными рядами в течение исследуемого времени, что следует из независимости математического ожидания и автокорреляционной функции от времени в течение от 1 до 50 минут в зависимости от условий наблюдения. Помимо этого все реализации подвергались проверке на стационарность по методике представленной в. В результате было установлено, что исследуемые процессы можно считать стационарными в пределах 50 ± 5 минут.

В ходе проведения корреляционного анализа вычислялись оценки статистических характеристик по формулам (1-2):

средние арифметические значения энергетической яркости

$$\bar{B} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N B_i, \quad (1)$$

где B_i – энергетическая яркость,
 i – порядковый номер в реализации;

стандартное отклонение энергетической яркости

$$\sigma = \sqrt{\frac{N \cdot \sum_{i=1}^N B_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N B_i \right)^2}{N \cdot (N - 1)}}; \quad (2)$$

коэффициент взаимной корреляции между пространственным распределением яркостей в двух спектральных диапазонах

$$r_{XY} = \frac{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (B_{X_i} - \bar{B}_X) \cdot (B_{Y_i} - \bar{B}_Y)}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}, \quad (3)$$

где B_X – энергетическая яркость в диапазоне 3,5—5,5 мкм,

B_Y – энергетическая яркость в диапазоне 8,0—13,0 мкм,

$\bar{B}_X$ – среднее значение энергетической яркости излучения в диапазоне 3,5—5,5 мкм,

$\bar{B}_Y$ – среднее значение энергетической яркости излучения в диапазоне 8,0—13,0 мкм,

σ_X – стандартное отклонение значений энергетической яркости излучения в диапазоне 3,5—5,5 мкм,

σ_Y – стандартное отклонение значений энергетической яркости излучения в диапазоне 8,0—13,0 мкм;

взаимная корреляционная функция

$$R_{XY}(k \cdot h) = \frac{1}{N - k} \cdot \sum_{i=1}^{N-k} (B_{X_i} - \bar{B}_X) \cdot (B_{Y_i} - \bar{B}_Y), \quad (4)$$

где k – шаг $k=0, 1, 2, \dots, m$,
 m – максимальное число шагов,
 $k \cdot h$ – сдвиг;

уравнения прямых регрессии

$$B_Y(B_X) = \bar{B}_Y + r_{XY} \cdot \frac{\sigma_Y}{\sigma_X} (B_{X_i} - \bar{B}_X), \quad (5)$$

$$B_X(B_Y) = \bar{B}_X + r_{XY} \cdot \frac{\sigma_X}{\sigma_Y} (B_{Y_i} - \bar{B}_Y). \quad (6)$$

доверительный интервал для оценки математического ожидания

$$\left[\mu \pm t \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \right], \quad (7)$$

где t – число, определяемое по таблице значений функции Лапласа, соответствующее доверительной вероятности $\gamma=0,95$.

Надежность вычисляемых оценок коэффициентов корреляций ослабевает при уменьшении объема выборки, поэтому возможны ситуации, когда отклонение от нуля полученной величины оказывается статистически незначимым, а зависимым от случайных колебаний выборки, на основании которой он вычислен. Поэтому все полученные оценки коэффициентов корреляции были проверены на достоверное отличие от 0, т. е. проверялась гипотеза об отсутствии корреляционной связи между исследуемыми переменными. Для проверки этой гипотезы использовался тот, что величина $t^{(r)}(n-2) = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$ при условии $r=0$ распределена по закону Стьюдента с $n-2$ степенями свободы. Поэтому если окажется, что верно неравенство (8) то гипотеза об отсутствии связи принимается.

$$\frac{|r| \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} < t_{0.05}(n-2), \quad (8)$$

где $t_{0.05}(n-2)$ — 5%-ная точка распределения Стьюдента с $n-2$ степенями свободы.

Доверительный интервал для оценки коэффициента взаимной корреляции находится по методике представленной в. Пусть α - заданная доверительная вероятность. В работе при всех вычислениях доверительная вероятность равнялась 0,95. Из соотношения $2\Phi(\varepsilon_\alpha) = \alpha$ определяется ε_α , где $\Phi(x)$ – интеграл Лапласа. Тогда доверительный интервал определяется соотношениями (9-11):

$$z_1 = \operatorname{arcth}(r) - \frac{\varepsilon_\alpha}{\sqrt{n-3}} - \frac{r}{2 \cdot (n-1)}, \quad (9)$$

$$z_2 = \operatorname{arcth}(r) + \frac{\varepsilon_\alpha}{\sqrt{n-3}} - \frac{r}{2 \cdot (n-1)}, \quad (10)$$

$$\operatorname{th}(z_1) < r < \operatorname{th}(z_2). \quad (11)$$

Полученные значения оценок коэффициентов взаимной корреляции из всей совокупности реализаций необходимо проверить на статистическую значимость различий в значениях оценок. То есть, принадлежат ли оценки коэффициентов корреляции к разным генеральным совокупностям или к одной. Для статистической проверки используется факт приближенной (0-1)—нормальной распределенности справедливый лишь в предположении истинности гипотезы об однородности оценок коэффициентов взаимной корреляции $r^{(1)}$ и $r^{(2)}$ (где 1 и 2 – номера реализаций). Используется формула (12)

$$\gamma = \frac{(z^{(1)} - z^{(2)})}{\sqrt{\frac{1}{n_1 - 3} + \frac{1}{n_2 - 3}}}, \quad (12)$$

где $z^{(1)}$ и $z^{(2)}$ — вычисляются по формуле (13),

$$z = \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right). \quad (13)$$

Если $|\gamma| > \varepsilon_\alpha$, то различия между оценками $r^{(1)}$ и $r^{(2)}$ признаются статистически значимыми с уровнем значимости α .

Однако исследовать по парно полученные оценки требует большого количества времени, поэтому для k оценок коэффициентов взаимной корреляции необходимо вычислить статистику (14).

$$\widehat{X}^2 = \sum_{i=1}^k (n_i - 3) \cdot z^{(i)^2} - \frac{\left(\sum_{i=1}^k (n_i - 3) \cdot z^{(i)} \right)^2}{\sum_{i=1}^k (n_i - 3)}, \quad (14)$$

Эта статистика должна приближенно подчиняться X^2 — распределению с $k - 1$ степенями свободы. Поэтому если значение статистики удовлетворяет неравенству (15),

$$\widehat{X}^2 > X_a^2(k - 1), \quad (15)$$

где $X_a^2(k - 1)$ — величина точки X^2 -распределения с $k - 1$ степенями свободы соответствующая доверительной вероятности a .

То гипотеза об однородности оценок коэффициентов взаимной корреляции отвергается с уровнем значимости a .

Все вычисления проводились с использованием ПЭВМ и математического пакета "STATISTIKA".

КОМПЛЕКС ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОБСТВЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ В ДИАПАЗОНАХ

Худорожков О.В., Хлуденёв А.В., Даминов Д.А.
Оренбургский государственный университет

Для получения корреляционных связей между флуктуациями энергетической яркости, обусловленных неоднородностями облачной атмосферы в диапазонах длин волн 3,5—5,5 и 8,0—13,0 мкм, необходимо получить достоверную информацию об излучении атмосферы одновременно в двух диапазонах с одной точки пространства. Данные измерения проводились с помощью комплекса специальной аппаратуры.

Созданный в 1985 году в измерительно-вычислительный комплекс (ИВК), на основе ПЭВМ ДЗ—28 имел ряд недостатков. Одноканальный АЦП-ЦАП не обеспечивал многоканальную регистрацию результатов измерений. Из-за разрядности АЦП (10-разрядов) минимальная амплитуда сигнала равна 0,01В. Кроме того АЦП оцифровывал аналоговые сигналы амплитудой от 0 до 10В и поэтому для нормальной работы при проведении измерений, необходимо использовать корректирующий сигнал, устраняющий отрицательные значения напряжения радиометра, что увеличивало ошибки измерений. Для хранения данных ПЭВМ комплекса имела в своем составе накопитель на магнитной ленте с низким качеством записи и считывания информации, что приводило к утрате данных. Подобные накопители принадлежат к устройствам хранения информации последовательного доступа с низкой скоростью чтения и записи. Это делает невозможным регистрацию результатов измерений в реальном масштабе времени. Малая оперативная память ДЗ—28 резко ограничивает длину реализаций.

Для устранения имеющихся недостатков была проведена модернизация комплекса.

Внешняя часть - расположенная на крыше здания, на высоте примерно 30 метров над поверхностью Земли, включающая в себя: двухканальный радиометр на 3,5—5,5 и 8,0—13,0 мкм, телевизионный оптический визир (ТОВ) и платформу с двумя электроприводами.

Основной составной частью ИВК остался двухканальный радиометр, который осуществляет прием, преобразование и усиление энергии излучения облачной атмосферы в диапазонах 3,5—5,5 и 8,0—13,0 мкм. Радиометр установлен на платформе, имеющей две степени свободы - по углу места α и азимуту φ .

Платформа управляется с помощью двух электрических следящих приводов в диапазонах 0—90° по углу места и 0—360° по азимуту.

Блок—схема радиометра представлена на рисунке 1. Основными элементами прибора являются: 1 — объектив; 8 — зеркальный модулятор; D1, D2 — фотодатчик; 9, 10 — интерференционные фильтры; 2, 11 — приемники инфракрасного излучения 3,5—5,5 мкм и 8,0—13,0 мкм соответственно; 3 — электронный блок обработки сигналов. В свою очередь электронный блок обработки

сигналов состоит из: 4, 12 – усилителей; 5, 14 – электронных коммутаторов; 6, 15 – дифференциальных усилителей; 7, 16 – фильтров нижних частот и 13 – усилителя сигналов фотодатчика.

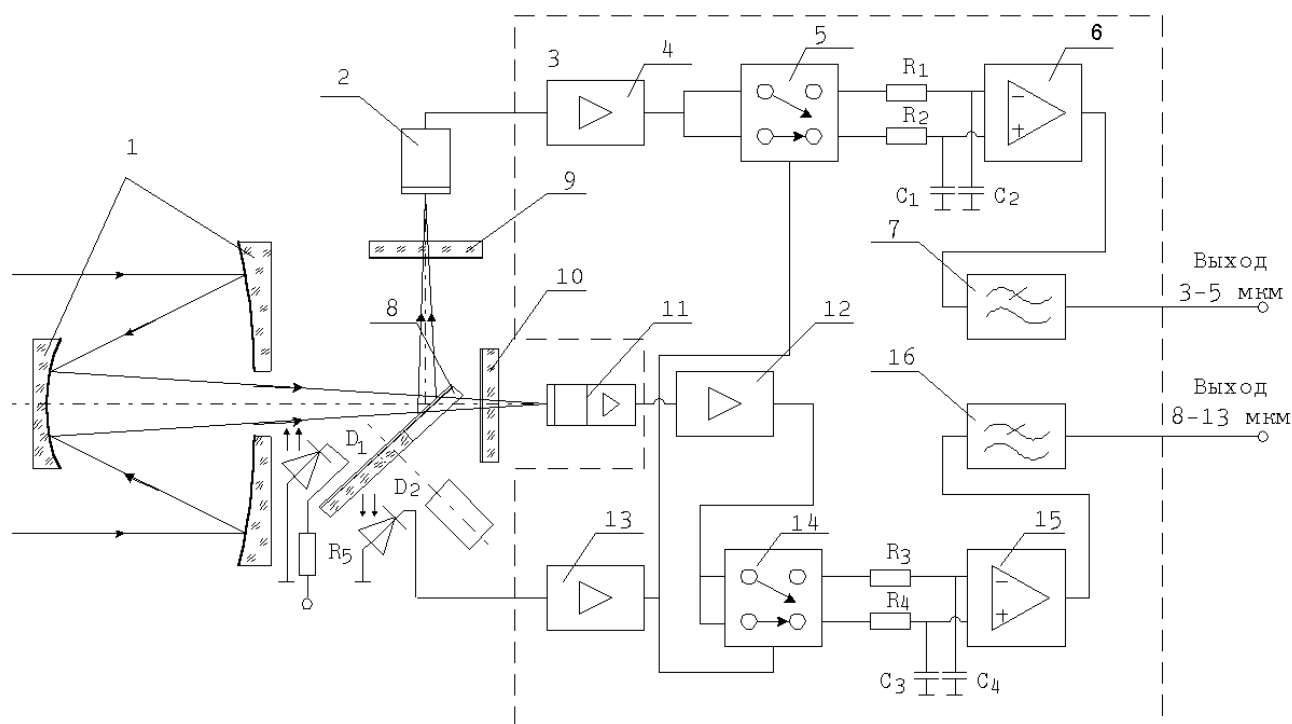


Рисунок 1 – Блок — схема двухканального радиометра

Объектив радиометра двухзеркальный, параболический, системы Кассегрена с фокусным расстоянием 155 мм и относительным отверстием 1/1,4, один на оба канала. Коэффициент передачи зеркал объектива, в полосе пропускания интерференционных фильтров, равен 0,98.

В качестве приемников ИК излучения (ПИИ) в радиометре используются: в диапазоне 8—13 мкм — неохлаждаемый пироэлектрический приемник МГ—30 с площадью чувствительной площадки 0,89 мм² и интегральным предварительным усилителем; в диапазоне 3,5—5,5 мкм — охлаждаемый жидким азотом, до температуры 77 К, приемник из антимонида индия (InSb) с площадью чувствительной площадки 0,85 мм².

Приемник МГ—30 обладает неселективной чувствительностью к излучению в диапазоне длин волн 2—20 мкм, с предельной чувствительностью $0,85 \cdot 10^{-11}$ Вт/Гц^{1/2}. Приемник InSb имеет предельную чувствительность $0,94 \cdot 10^{-12}$ Вт/Гц^{1/2}. Для ограничения полосы пропускания, перед приемниками установлены интерференционные светофильтры 10 на область спектра 8—13 мкм и 9 на область спектра 3,5—5,5 мкм. Коэффициент пропускания фильтров 70-80%. За объективом, под углом 45°, установлен зеркальный модулятор 8, который представляет собой секторный диск, состоящий из четырех одинаковых зеркальных лопастей чередующихся с четырьмя такими же промежутками. Модулятор комммутирует поток энергии, распределяет его по каналам и осуществляет модуляцию потока. Частота модуляции измеряемого потока определяется частотой

вращения модулятора, умноженной на количество лопастей и составляет $120 \text{ Гц} \pm 1\%$. В электронном блоке 3 осуществляется демодуляция сигналов и их усиление.

Сканирующая система управляет работой электроприводов в соответствии с методом обзора пространства. В ходе проведения измерений сканирующей системой управляет либо ПЭВМ в автоматическом режиме либо оператор в полув автоматическом или ручном режиме с использованием телевизионного оптического визира.

В ходе модернизации комплекс был оснащен платой АЦП-ЦАП L—305 фирмы L—CARD (рисунок 2). Плата является быстродействующим и надежным устройством для ввода, вывода и обработка аналоговой и цифровой информации в персональных, IBM совместимых компьютерах. Плата L-305 удобное средство для многоканального сбора информации, и является законченной системой с собственным процессором, позволяющая реализовать различные алгоритмы обработки сигналов. На плате установлен сигнальный процессор ADSP-2105, американской фирмы Analog Devices, который позволяет осуществить программирование режимов работы устройства. Характеристики платы L—305 представлены в таблице 1.

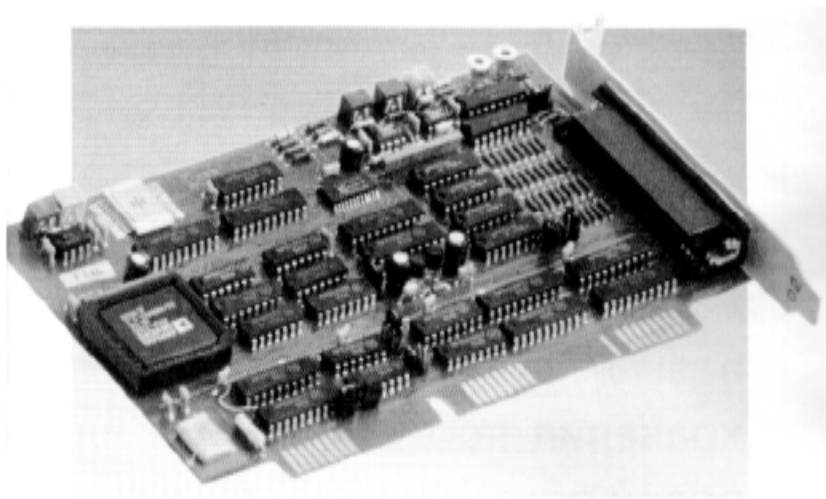


Рисунок 2 – Плата АЦП—ЦАП L—305

В результате структурная схема ИВК приняла вид, показанный на рисунок 3.

Сигналы, поступающие с радиометра, преобразовываются с помощью АЦП L-305 под управлением программы "GeMiS Осциллоскоп" в цифровой код.

Программа "GeMiS Осциллоскоп" предназначена для работы с платами ввода данных производства фирмы L-Card.

Она обеспечивает непрерывную регистрацию сигналов в реальном масштабе времени, отображение их формы и спектра на экране компьютера (рисунок 4). С ее помощью ведется непрерывное автоматическое сохранение зарегистрированных данных в текстовые файлы на диске. Поддерживаются все возможности плат по синхронизации запуска и установке конфигурации каналов.

Таблица 1 – Параметры АЦП L—305

Количество каналов	16 дифференциальных 32 с общей землей
Разрядность	12 бит
Время преобразования	1,7 мкс
Входное сопротивление	более 1 МОм
Диапазон входного сигнала	+5,12В, +2,56В, ±1,024В
Максимальная частота преобразования	300 КГц
Защита входов	при включенном питании компьютера входная защита выдерживает ±20В при выключенном питании входная защита выдерживает ±10В
Интегральная нелинейность преобразования	+0,8 МЗР, макс. ±1,2 МЗР
Дифференциальная нелинейность преобразования	±0,5 МЗР, макс ±0,75 МЗР
Отсутствие пропуска кодов	Гарантировано 12 бит
Время установления аналогового тракта при максимальном перепаде напряжения	3 мкс (при точности установления аналогового тракта до 1 МЗР)
Межканальное прохождение	На полосе 10кГц меньше 0,5 МЗР На полосе 100кГц 1,5 МЗР
Смещение нуля	±0,5 МЗР.

где МЗР — минимальный значимый разряд, равный 0,0025 В.

После окончания одного или серии измерений проводится обработка полученных результатов с использованием математических пакетов (STATISTICA, MathCAD, Maple и др.), что значительно сокращает время и увеличивает точность статистической обработки данных.

Аппаратура современного комплекса на сегодняшний день обладает следующими возможностями:

- прием энергии излучения в заданных диапазонах 3,5-5,5 и 8,0-13,0 мкм;
- высокой чувствительностью к инфракрасному излучению в исследуемых диапазонах;
- двумерным сканированием пространства с высокой точностью отработки задаваемых координат;
- регистрацией результатов измерений по двум и более каналам одновременно (до 16 каналов);
- повышенной точностью регистрации сигналов с амплитудой от ±0,0025 В до ±5,12 В.

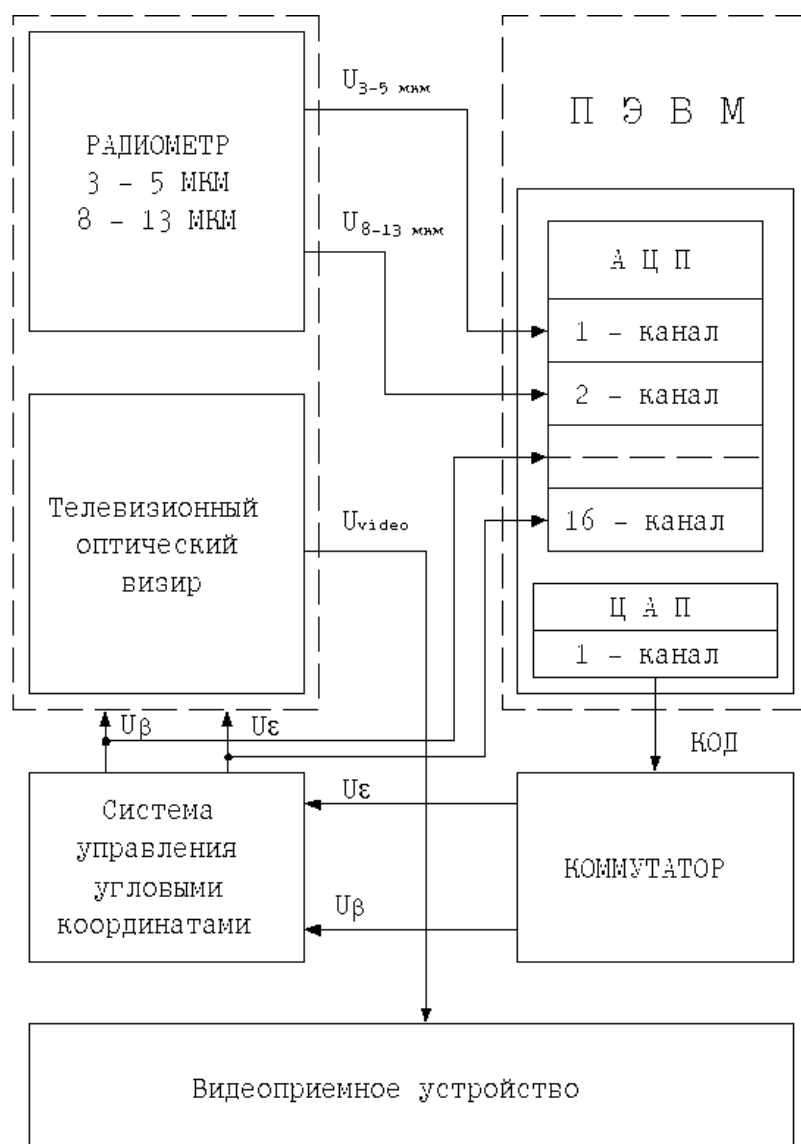


Рисунок 3. Структурная схема ИВК

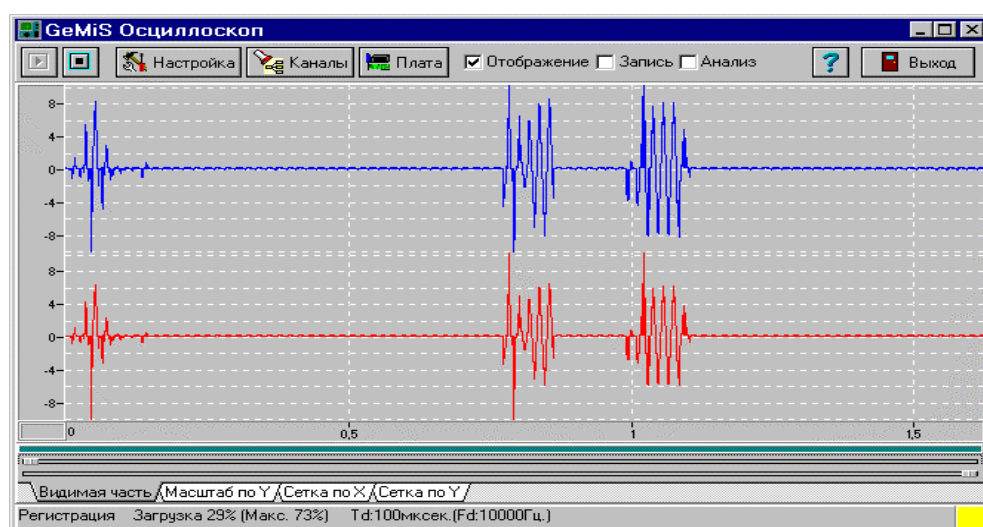


Рисунок 4 – Внешний вид программы GeMiS Осциллоскоп

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ

Худорожков О.В., Хлуденёв А.В., Даминов Д.А.
Оренбургский государственный университет

В ходе проведения экспериментальных исследований с помощью комплекса измерительной аппаратуры, получены реализации пространственного распределения энергетической яркости облачной атмосферы в диапазонах 3,5—5,5 и 8,0—13,0 мкм рисунок 1.

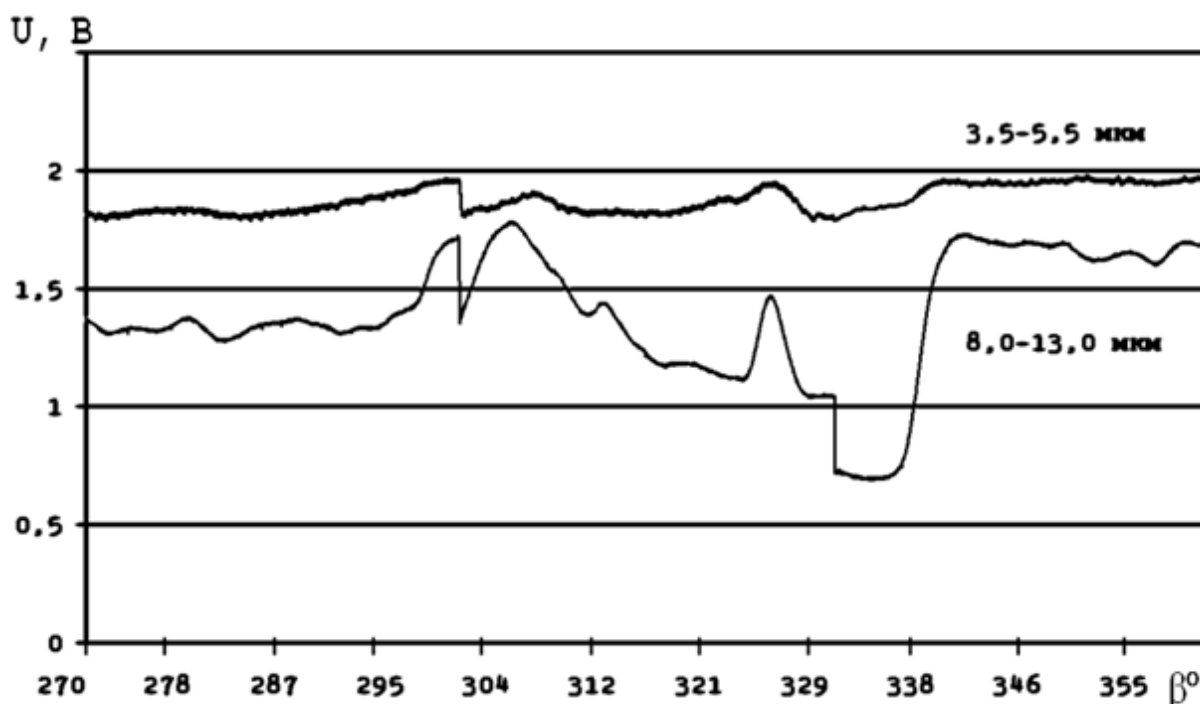


Рисунок 1 – Пример реализации пространственного распределения энергетической яркости кучевой облачности 4—6 баллов в строке при $\varepsilon=20^\circ$

Экспериментальные исследования проводились в весенне-летний и осенний периоды при различных метеорологических условиях. Количество реализаций и условия, при которых они получались, представлены в таблице 1.

В результате обработки экспериментальных данных были определены статистические характеристики излучения облачной атмосферы в диапазонах 3,5—5,5 мкм и 8,0—13,0 мкм. Корреляционный анализ выявил взаимосвязь между пространственными флуктуациями собственных излучений в рассматриваемых диапазонах.

Учитывая, что коэффициент корреляции безразмерная величина, поэтому перевод данных из кодов АЦП в энергетическую яркость, по причине снижения ошибок связанных с вычислением градуировочного коэффициента, не проводился. Это позволило снизить ошибку вычисления коэффициента корреляции до 1%.

Таблица 1 – Количество реализаций, полученных в ходе экспериментальных исследований взаимных корреляционных связей, угловые размеры растров ($\Delta\epsilon$ и $\Delta\beta$ в градусах), типы и бальность облачности

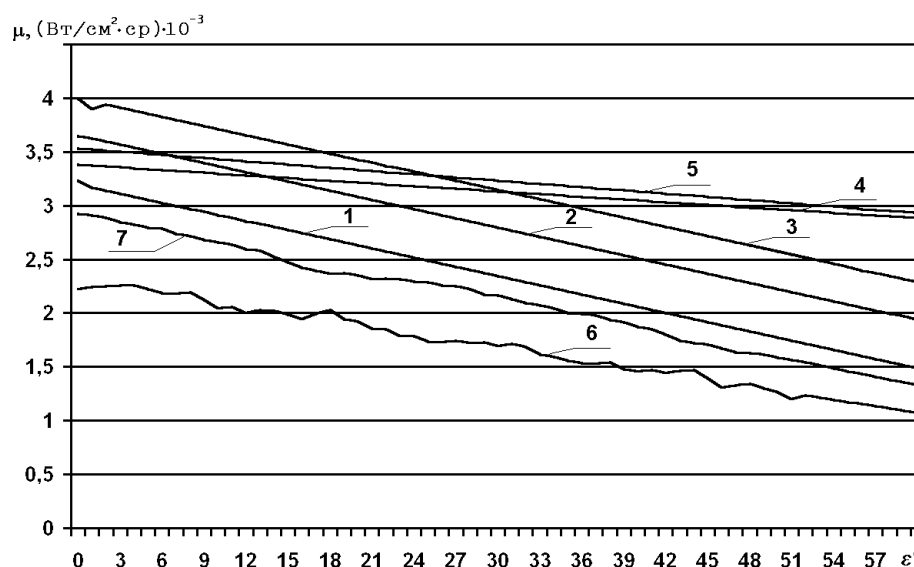
Форма облачности	Кол-во реализаций и угловые размеры растров в градусах	Количество облачности в баллах		
		1 – 3	4 – 6	7 – 9
Кучевые (Cu)	Количество реализаций	89	364	193
	$\Delta\epsilon$	0÷60	0÷60	0÷60
	$\Delta\beta$	30÷90	30÷90	30÷90
Слоисто-кучевые (Sc)	Количество измерений	-	35	12
	$\Delta\epsilon$	-	0÷60	0÷60
	$\Delta\beta$	-	50÷100	50÷100
Высоко-кучевые (Ac)	Количество измерений	-	78	18
	$\Delta\epsilon$	-	0÷60	0÷60
	$\Delta\beta$	-	45÷110	45÷110

В связи с тем, что данные исследования проводились в интересах увеличения вероятности селекции целей на фоне кучевых облаков, исследования ограничены рассмотрением различных типов кучевой облачности, которая создает наиболее интенсивные помехи этим средствам.

В соответствии с современной классификацией облаков и методами исследований полей облачной радиации, результаты измерений были сгруппированы в ансамбли реализаций по типам и бальности облачности. С учетом этого проводились исследования семи ансамблей реализаций: кучевая облачность (Cu) 1—3 балла; Cu 4—6 баллов; Cu 7—9 баллов; слоисто-кучевая (Sc) — 4—6 баллов; Sc 7—9 баллов; высоко-кучевая (Ac) — 4-6 баллов; Ac 7—9 баллов.

В исследуемых диапазонах наблюдается обратная зависимость энергетической яркости фона облачной атмосферы от угла места, близкая к линейной (рисунки 2 и 3).

В исследуемых диапазонах наблюдается прямая зависимость дисперсии пространственных флуктуаций энергетической яркости фона облачной атмосферы от угла места близкая к линейной (рисунки 4 и 5).



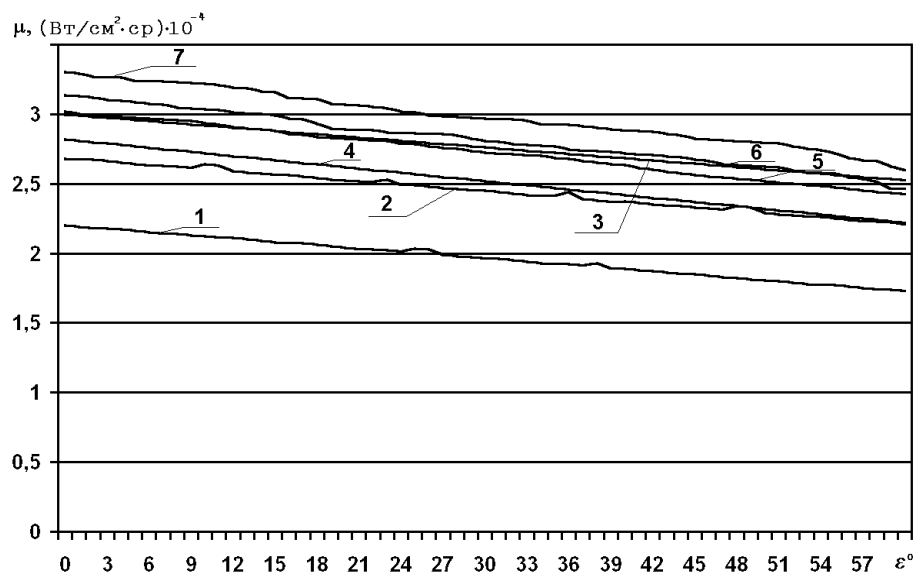
1 — Cu 1—3 балла; 2 — Cu 4—6 баллов;
 3 — Cu 7—9 баллов; 4 — Sc 4—6 баллов;
 5 — Sc 7—9 баллов; 6 — Ac 4-6 баллов;
 7 — Ac 7—9 баллов

Рисунок 2 – Пространственное распределение математического ожидания энергетической яркости фона облачной атмосферы в диапазоне 8,0—13,0 мкм сгруппированного по ансамблям реализаций

Коэффициент корреляции между пространственными флуктуациями энергетической яркости фона облачной атмосферы в исследуемых диапазонах в области горизонта ($\varepsilon=0^\circ \div 10^\circ$) сильно зависит от угла места. Величина коэффициента корреляции на этих углах изменяется от 0,1 до 0,8, что связано с вкладом собственного излучения нижнего слоя атмосферы в излучение облачных формирований и с влиянием подстилающей поверхности на флуктуации энергетической яркости фона облачной атмосферы (рисунок 6).

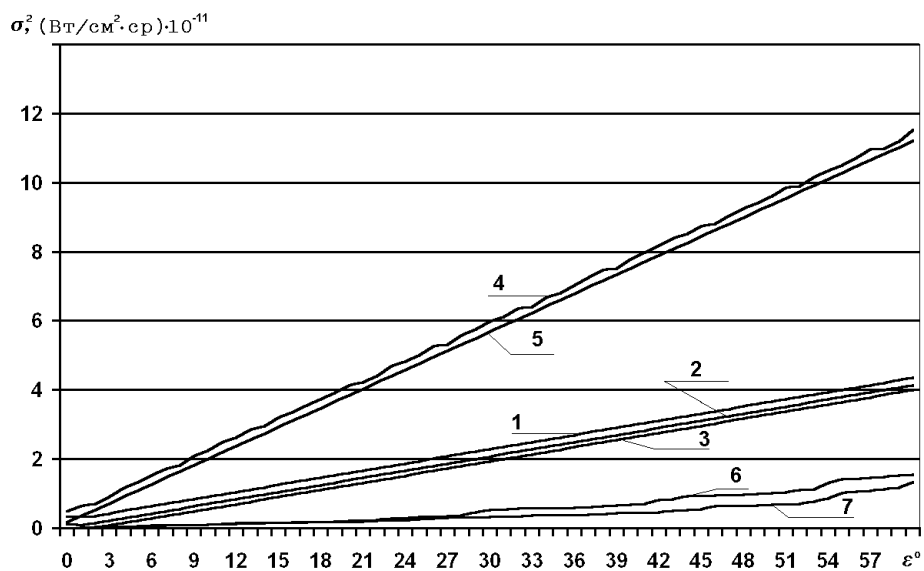
Коэффициент корреляции между пространственными флуктуациями энергетической яркости фона облачной атмосферы в исследуемых диапазонах при углах места больших 10° незначительно возрастает, а его значения лежат в интервале от 0,8 до 0,99. Это связано с одинаковым характером пространственного распределения энергетической яркости фона облачной атмосферы (рисунок 6).

Зависимость коэффициент корреляции между пространственными флуктуациями энергетической яркости фона облачной атмосферы в исследуемых диапазонах от азимута во всех реализациях отсутствовала, а его величина стремилась к 1 и не была меньше 0,99.



1 — Cu 1—3 балла; 2 — Cu 4—6 баллов;
 3 — Cu 7—9 баллов; 4 — Sc 4—6 баллов;
 5 — Sc 7—9 баллов; 6 — Ac 4-6 баллов;
 7 — Ac 7—9 баллов

Рисунок 3 – Пространственное распределение математического ожидания энергетической яркости фона облачной атмосферы в диапазоне 3,5—5,5 мкм сгруппированного по ансамблям реализаций



1 — Cu 1—3 балла; 2 — Cu 4—6 баллов;
 3 — Cu 7—9 баллов; 4 — Sc 4—6 баллов;
 5 — Sc 7—9 баллов; 6 — Ac 4-6 баллов;
 7 — Ac 7—9 баллов

Рисунок 4 – Пространственное распределение дисперсии флуктуаций яркости фона облачной атмосферы в диапазоне 3,5—5,5 мкм сгруппированного по ансамблям реализаций

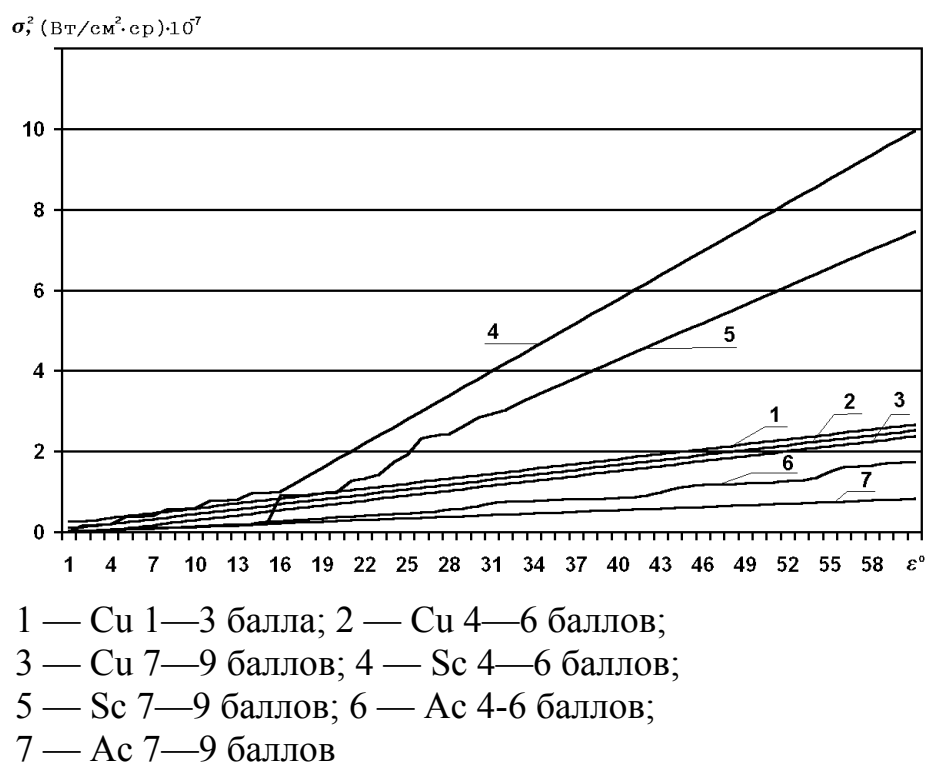


Рисунок 5 – Пространственное распределение дисперсии флуктуаций яркости фона облачной атмосферы в диапазоне 8,0—13,0 мкм сгруппированного по ансамблям реализаций

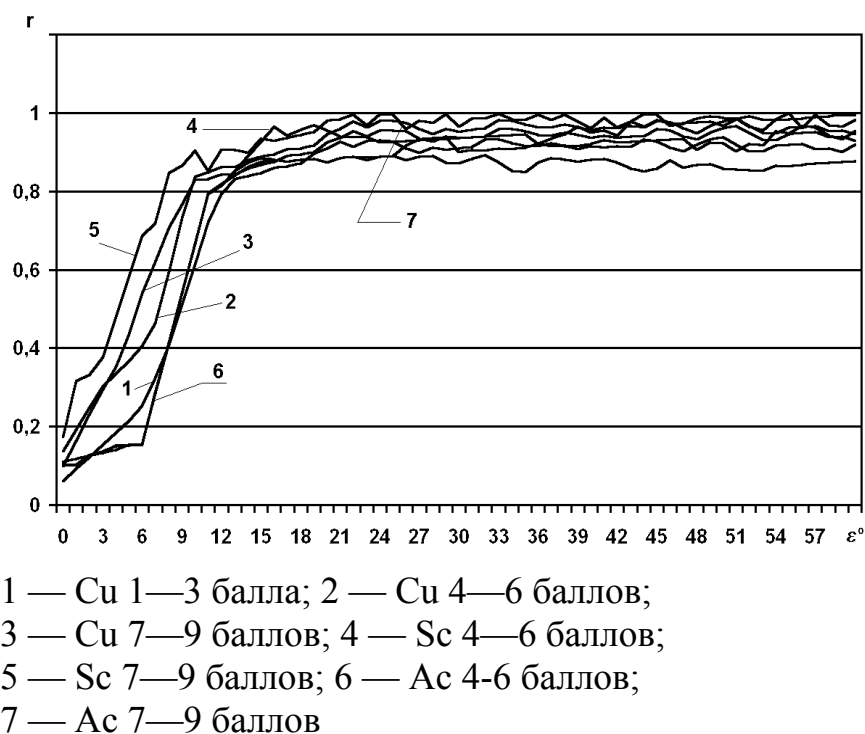


Рисунок 6 – Пространственное распределение коэффициента корреляции между флуктуациями яркости фона облачной атмосферы в диапазонах 3,5—5,5 и 8,0—13,0 мкм сгруппированного по ансамблям реализаций

О НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

Ямансарин И.И.

Оренбургский государственный университет.

Электрические машины являются основными потребителями электрической энергии на предприятиях горнодобывающей отрасли. Электрические машины приводят в движение конвейера, дробилки, флотомашин и т.д. При этом все оборудование объединено в единую технологическую цепь. Выход из строя одного электродвигателя приводит к обрыву технологической цепи и нарушению технологического процесса.

Электрические машины эксплуатируются в довольно жестких условиях: перепады температур, повышенная влажность, запыленность воздуха, агрессивные газы.

Средний срок службы электродвигателей до первого капитального ремонта составляет – 8 лет, при наработке 20000 часов. Но в условиях горнорудных предприятий значительное количество этих электродвигателей преждевременно выходит из строя (при наработке 5-6 тыс. часов) по следующим причинам:

- 1 неправильной эксплуатации;
- 2 брака при изготовлении электродвигателей (при кап. ремонте);
- 3 конструктивные недостатки электродвигателей;
- 4 ускоренный износ трущихся частей, износ изоляции;
- 5 неправильное составление (или отсутствие) графика проведения ППР.

Все эти причины приводят к дополнительным финансовым затратам, связанным с простоем оборудования, нарушением технологического процесса, ремонтом вышедших из строя электродвигателей.

Для разработки мероприятий направленных на уменьшение затрат, связанных с преждевременным выходом из строя электродвигателей, и выявления наиболее частых отказов электродвигателей, необходимо проведение статистического исследования. По результатам исследования можно провести и внедрить следующие мероприятия по повышению надежности электрооборудования:

- 1 рассчитать показатели надежности электрооборудования;
- 2 выявить конструктивные, производственные и эксплуатационные факторы влияющие на надежность;
- 3 разработать предложения по повышению надежности;
- 4 разработать ремонтный норматив с учетом численности и квалификации персонала ремонтных групп;
- 5 разработать математическую модель надежности электрооборудования.

Надежность является комплексным свойством, которое включает в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Каждое из этих свойств, количественно характеризуется единичными показателями надежности. Так, безотказность характеризуется вероятностью безотказной рабо-

ты $P(t)$, интенсивностью отказов $\lambda(t)$, средней наработкой до отказа T , наработкой на отказ t .

Электрическая машина состоит из следующих основных частей, определяющих её работоспособность: магнитной системы, обмоток статора и ротора, подшипников, коллектора или контактных колец и щеточного устройства. Отказ в работе любой из этих частей приводит к выходу из строя машины. Каждая из этих частей имеет различный уровень надежности. Электрическую машину рассматривают как устройство из последовательно соединенных названных выше частей, так как, отказ в работе любой из них всегда связан с остановкой машины. Тогда надежность машины будет определяться:

$$P_{эм} = P_{м.с.} \cdot P_{ст} \cdot P_{рот} \cdot P_{подш} \cdot P_{щ},$$

где, $P_{м.с.}$, $P_{ст}$, $P_{рот}$, $P_{подш}$, $P_{щ}$ - надежность магнитной системы, обмоток статора и ротора, подшипникового узла, щеточного узла.

Значение надежности частей машины, сильно различаются. Отказы некоторых частей машины практически не возможны и их учет при определении результирующей надежности только усложняет расчеты, практически не меняя окончательный результат. Поэтому при расчете надежности пользуются методом «слабых звеньев», используя только те части надежность которых в данных условиях минимальна.

В асинхронных двигателях при исследовании на надежность следует выделять как «слабые звенья» обмотку статора и подшипниковый узел. В синхронных машинах следует выделять обмотки статора и ротора, щеточный аппарат и контактные кольца, подшипники, системы охлаждения и т.д. Машину постоянного тока с точки зрения её надежности представляют состоящей из следующих узлов: коллекторно-щеточный и подшипниковый узлы, обмотки якоря, возбуждения, добавочных полюсов и компенсационную.

Определить слабые звенья можно при сборе статистических данных об отказах, различных типов электрических машин.

Причины отказов можно дифференцировать следующим образом: технологические, эксплуатационные и конструкционные.

Отказы связанные с дефектами, допускаемыми в процессе изготовления двигателей, могут быть вызваны различными причинами: нарушением технологического процесса, несоответствием станков, приспособлений и инструмента предъявляемым требованиям, недостаточной квалификацией рабочих, низким уровнем производственной культуры и т.д.

Эксплуатационные отказы связаны: с неправильным использованием электрических машин по условиям эксплуатации и работы, низким качеством обслуживания.

При исследовании отказов электрических машин можно обнаружить определенную группу повреждений, обусловленных дефектами проектирования. Эти дефекты связаны с излишним повышением использования активных и конструкционных материалов, высоким коэффициентом заполнения пазов, малым

запасом теплостойкости изоляции, малым воздушным зазором, недостаточной жесткостью конструкции, низким качеством материалов и комплектующих изделий и т.д.

Задача обеспечения технически возможной надежности электрических машин в условиях Бурибаевского и Гайского горно-обогатительных комбинатов может быть решена, прежде всего, с повышением эксплуатационной надежности, а именно:

- совершенствованием монтажа и технического обслуживания;
- разработкой и внедрением системы планово-предупредительных ремонтов;
- улучшением качества ремонтов электрооборудования.

Повышение надежности связано с определенными материальными затратами. Поэтому обоснованное решение этой проблемы должно содержать экономическое исследование вопроса. Для каждого типа и назначения электрической машины и конкретных условий её применения должны быть разработаны и экономически обоснованы оптимальные показатели надежности и долговечности. Такие показатели следует выбирать с учетом физического и морального износа, себестоимости машины, расходов на обслуживание и ремонт.