

## ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБМОТОК СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ МЕТОДОМ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Делич К. В. – студент, Понимаскин П. С. – студент,  
Грибанов А. А. - к. т. н., доцент, Попов А. Н. - к. т. н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Актуальность вопроса определения состояния (диагностики) трансформаторного оборудования возрастает с каждым днём и напрямую зависит от динамики износа парка оборудования, находящегося в эксплуатации. При возникновении коротких замыканий (КЗ) обмотки трансформатора подвергаются значительным электродинамическим воздействиям, при этом механические напряжения нередко выходят за пределы упругости материала обмоток и элементов опорных конструкций.

Остаточные деформации катушек и элементов опорных конструкций приводят к изменению изоляционных расстояний и местным повреждениям изоляции. Возникающие при этом внутренние замыкания могут вызвать целую лавину разрушений, а также взрыв или пожар. Правильная оценка возможности дальнейшей эксплуатации оборудования на основании проведенной диагностики позволяет избежать неоправданных финансовых затрат, а также потерь, связанных с аварийным отключением электроснабжения.

Сущность метода заключается в следующем: на одну из обмоток расшинованного трансформатора подается прямоугольный зондирующий импульс низкого напряжения (100–500 В) и одновременно наблюдается ток на измерительных шунтах, подключенных к другим обмоткам. Таким образом, исследуется переходный процесс, возникающий в обмотках как реакция на воздействие прямоугольного импульса.

Основными задачами научной работы являются создание прибора, позволяющего на практике осуществлять диагностику состояния обмоток силового трансформатора по вышеуказанному методу, проведение экспериментальных исследований с помощью данного прибора, анализ полученных результатов.

В ходе научной работы был разработан прибор для диагностики. Основным элементом его является транзистор, используемый в качестве ключа. Эмиттер транзистора является общим. На базу транзистора подается прямоугольный управляющий импульс от генератора прямоугольных импульсов, основанного на микросхеме-таймере. Между коллектором и эмиттером подается постоянное напряжение амплитудой от 100 до 400 В от умножителя напряжения, состоящего из четырех ступеней, которые обеспечивают значения напряжения соответственно 100, 200, 300 и 400 В. Питание генератора прямоугольных импульсов осуществляется от источника постоянного тока напряжением 12 В, подключаемого к сети переменного тока 50 Гц, 220 В. На умножитель подается питание через понижающий трансформатор 220/35,5 В. Значение вторичного напряжения трансформатора подобрано так, чтобы на выходе умножителя напряжение находилось в заданных пределах.

Таким образом, при наличии тока в базе транзистора он переходит в открытое состояние, и на исследуемый трансформатор подается низковольтный прямоугольный импульс. Частота таких импульсов напрямую зависит от частоты управляющего сигнала, а также от коммутирующей возможности транзистора. В данном приборе реализован диапазон частот прямоугольных импульсов от 20 Гц до 20 кГц.

В результате проведения экспериментов планируется выявить зависимость искажения тестового сигнала, подаваемого на трансформатор, от характера и тяжести повреждения его обмоток.

Данный прибор можно будет использовать при диагностике трансформаторов в системах электроснабжения для повышения информативности и получении сведений о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования.

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ**  
Бабушкин Д. В. – студент, Демченко Т. В. - студент, Попов А. Н. - к. т. н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время, по мере истощения природных запасов невозобновляемых энергоресурсов, всё более остро встают вопросы эффективного энергосбережения. При этом экономия электроэнергии имеет приоритетное значение и ему следует уделять наиболее пристальное внимание. Зарубежный опыт внедрения систем управления энергопотреблением показывает, что за счет сокращения непроизводительных затрат электроэнергии может быть достигнута значительная экономия электроэнергии. Только за счет организации эффективного управления осветительными установками может быть достигнута двукратная и более экономия электроэнергии. Также внедрение систем управления освещением позволяет существенно увеличить срок службы осветительных приборов, что особенно актуально в связи со всё ускоряющимся переводом осветительных установок на экономичные, но дорогостоящие люминесцентные и светодиодные светильники, значительно увеличивая срок службы последних.

Вышесказанное определило актуальность темы работы, а её целью явилась разработка устройства управления уличным освещением, позволяющего производить включение и отключение осветительных установок в соответствии с заданной программой, в зависимости от освещенности, времени суток, дня недели и по командам оператора.

В соответствии с целью работы были сформулированы задачи, требующие своего выполнения для её достижения:

- проанализировать ситуацию в области энергосбережения и выявить наиболее перспективные пути его развития;
- провести анализ методов сокращения расхода электроэнергии;
- провести анализ проблем в области уличного освещения и выявить направления, требующие совершенствования;
- разработать структурную схему устройства управления уличным освещением;
- разработать принципиальную схему устройства управления уличным освещением;
- провести испытания, наладку и снятие рабочих характеристик разработанного устройства.

В условиях напряженного состояния бюджетов городов и отдельных предприятий и учреждений, дефицита и постоянного роста цен на энергоресурсы, проведение мероприятий по энергосбережению следует рассматривать как новый энергетический источник и потенциал для решения существующих проблем.

Наряду с экономией от мероприятий по энергосбережению одновременно повышается надежность энергоснабжения, комфортность пребывания людей в помещениях, решается экологическая проблема, снижается социальная напряженность.

Проведенный анализ периодических изданий энергетической тематики за последние три года показал, что основными мероприятиями по снижению нерациональных потерь потребляемых энергоресурсов является применение:

- энергосберегающих технологий;
- энергосберегающих приборов и оборудования;
- изменение менталитета у населения страны;
- капитальный ремонт и замена технологического оборудования.

Энергосберегающие приборы и оборудование могут внедряться в различных производственных и коммунальных сферах, а также на различных этапах технологического процесса. При этом наиболее перспективным направлением было и остается энергосбережение в области электрического освещения, так как именно в нем обычно сокрыты максимальные резервы для экономии.

Энергосбережение в области уличного освещения базируется на следующих базовых составляющих: сокращение времени работы осветительных установок за счет времени, когда в

освещении нет необходимости; сокращение количества включенных светильников и сокращение яркости (светимости) светильников на время, когда не требуется полная нормируемая освещенность рабочей поверхности; разделение освещения на дежурное и рабочее; регулирование интенсивности работы осветительных установок в соответствии с текущей естественной освещенностью и временем суток и т.п.

На основании этого были выработаны требования к проектируемому устройству управления уличным освещением, в соответствии с которыми была разработана структурная схема данного устройства, реализующего базовые функции управления уличными осветительными установками.

Блок микроконтроллера (МК) – управляет работой устройства в соответствии с заданной программой.

Блок ввода-вывода (ВВ) – воспринимает информацию о состоянии (включено/отключено) контролируемых светильников осветительной установки и обеспечивает формирование управляющих воздействий для их включения и отключения.

Блок часов реального времени (ЧРВ) – обеспечивает блок МК информацией о текущем времени суток и дне года.

Блок питания (БП) – обеспечивает все блоки устройства необходимым напряжением питания.

Такая структура устройства позволяет реализовать независимое управление всеми светильниками осветительной установки по времени суток, дня недели и месяца года; разделение светильников на рабочие и аварийные.

## СИММЕТРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГИИ

Иунихин А.В., Вдовико А.А. – студенты, Попов А.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Электроэнергия является важнейшим сырьем, потребляемым в процессе материального производства. Ее качество существенно влияет на технико-экономические характеристики и надежность работы электрооборудования. Провалы, колебания, отклонения, несимметрия напряжений, а так же другие факторы приводят к экономическим потерям из-за неоптимальной работы электроприемников и увеличения брака продукции [1]. Так, на предприятии НПФ ЗАО «Святозар» в городе Барнауле при производстве изделий из полимерных соединений при помощи термопластавтомата Tianjian PLUTO PL 3600 вследствие несимметрии напряжения в трехфазной сети возникает брак продукции. Проведенные службой главного энергетика предприятия исследования показали, что причиной подобного брака являются процессы, происходящие в электромагнитной системе асинхронного двигателя под влиянием фазных напряжений. Так как ток прямой последовательности в статоре двигателя создает магнитное поле, вращающееся с синхронной частотой в направлении вращения ротора, а при несимметрии токи обратной последовательности в статоре создают магнитное поле, вращающееся относительно ротора с двойной синхронной частотой в направлении, противоположном вращению, из-за этих токов двойной частоты в электрической машине возникает тормозной электромагнитный момент [2]. Электродвигатель несколько снижает обороты, при этом шнек термопластавтомата не может создать достаточного давления в цилиндре, а следовательно, в пресс-форму не поступает необходимое количество расплава, что вызывает брак продукции. Сопротивление обратной последовательности электродвигателей примерно равно сопротивлению заторможенного двигателя и, следовательно, в 5 — 8 раз меньше сопротивления прямой последовательности. Поэтому даже небольшая несимметрия напряжений вызывает значительные токи обратной последовательности. Токи обратной последовательности, накладываясь на токи прямой последовательности, вызывают также дополнительный нагрев статора и ротора (особенно массивных частей ротора), что приводит к ускоренному старению изоляции и, как следствие, уменьшению к.п.д. двигателя. При этом срок

службы полностью загруженного асинхронного двигателя, работающего при несимметрии напряжения 4%, сокращается в 2 раза, а при несимметрии напряжения 5% мощность двигателя уменьшается на 5 — 10% [3].

Такого рода проблемы на современном этапе развития техники могут быть решены разными путями: установкой устройств регулирования напряжения под нагрузкой с тиристорно-контактным способом коммутации отводов, управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов, статических тиристорных компенсаторов, силовых параллельных фильтров для компенсации неактивных составляющих мощности [4].

Целью работы является разработка устройства, которое бы устраняло несимметрию и скачки напряжения в сети не нарушая при этом производственный цикл термопластавтомата Tianjian PLUTO PL 3600.

На основании литературных источников доказано, что наиболее приемлемым в данном случае является применение устройства, работа которого основана на принципе бесконтактного трансформаторно-тиристорного регулятора показателей качества электроэнергии. Разработана структурная схема устройства, изображенная на рисунке 1.

В дальнейшем планируется:

- разработать принципиальную схему;
- создать опытный образец;
- провести испытания и выявить эксплуатационные характеристики разработанного устройства;
- на основании технико-экономического расчета доказать эффективность применения разработанного устройства.

Благодаря ценным свойствам полимеры применяются в машиностроении, текстильной промышленности, сельском хозяйстве и медицине, автомобиле- и судостроении, авиастроении, в быту (текстильные и кожаные изделия, посуда, клей и лаки, украшения и другие предметы). На основании высокомолекулярных соединений изготавливают резины, волокна, пластмассы, пленки и лакокрасочные покрытия. Установки, предназначенные для производства изделий из полимеров, а также подобные им, применяются на многих предприятиях страны, поэтому контроль показателей качества электроэнергии, питающей такие установки, является основной задачей.

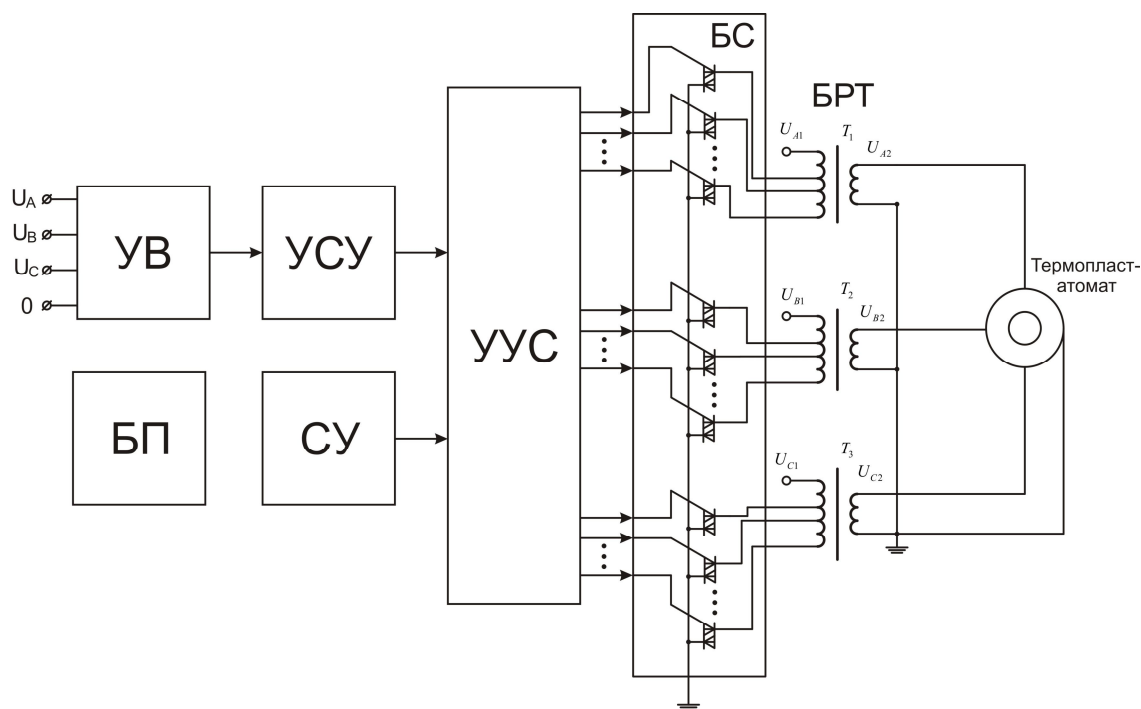


Рисунок 1 – Структурная схема

Структурная схема устройства состоит из: УВ – устройство ввода, обеспечивает подключение устройства к питающей сети термопластавтомата; УСУ – устройство согласования уровней фазных сетевых напряжений в уровни, воспринимаемые блоком УУС; УУС – устройство управления симисторами, в соответствии с логикой восстановления симметрии фазных напряжений, формирует сигналы, подаваемые на управляющие электроды симисторов, подключенных к обмоткам вольдобавочного трансформатора; СУ – система управления; БП – блок питания, обеспечивает преобразование одного из фазных напряжений питающей сети в постоянное напряжение, необходимое для питания всех других блоков устройства; БРТ – блок регулируемых трансформаторов; БС – блок симисторов.

#### Литература:

1 Кириенко, В. П. Улучшение качества электроэнергии с помощью трансформаторно-тиристорного модуля с микропроцессорной системой управления при резкопеременном характере энергопотребления в цеховой сети [Текст] / В. П. Кириенко, А. Б. Лоскутов, С. А. Ваганов // Промышленная энергетика. – 2007. – №5. – С. 42–46.

2 Карташев, И.И. Управление качеством электроэнергии [Текст] / И. И. Карташев, В. Н. Тульский, Р. Г. Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 320 с.: ил.

3 Железко, Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии [Текст]: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.: ил.

4 Ваганов, С. А. Трансформаторно-тиристорный модуль с микропроцессорной системой управления для улучшения качества электроэнергии цеховых сетей [Текст] : дис. ... канд. тех. наук : 05.09.12 / Ваганов Сергей Александрович; – Нижний Новгород, 2006. – 193 с.: ил.

5 Современные технологии повышения качества электроэнергии при ее передаче и распределении // Электронный журнал Новости электротехники // [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – 2005. – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2005/31/05.php>

6 Пат. 2113753 Российская Федерация, МПК6 Н02J003/12 Н02J003/18 Н02M005/257. Способ стабилизации и регулирования параметров электроэнергии в трехфазных электросетях и устройство для его осуществления [Текст] / Туманов И. М., Алтунин Б. Ю., Блинов И. В., Корженков М. Г., Ким А. К., Шетинин О. В. ; заявитель и патентообладатель Нижегородский государственный технический университет.; заявл. 96119241.- 2 с.п.ф-лы, 3 ил.

7 Пат. 2056692 Российская Федерация, МПК7 Н02J003/18. Трансформаторно-тиристорный компенсатор реактивной мощности [Текст] / Климаш В.С.; заявитель и патентообладатель Комсомольский-на-Амуре политехнический институт.; заявл. 93048663/07, 3 ил.

8 Пат. 2094839 Российская Федерация, МПК6 G05F001/30 Н02J003/18 . Трансформаторно-тиристорный компенсатор отклонений напряжения и реактивной мощности [Текст] / Климаш В. С.; заявитель и патентообладатель Комсомольский-на-Амуре политехнический институт.; заявл. 94024357, 1 ил.

9 Пат. 2046490 Российская Федерация, МПК6 Н02J3/18, Н01F37/00, Н02J3/26. Устройство повышения качества электроэнергии в трехпроводных электрических сетях [Текст] / Бачков Ю.В.; заявитель и патентообладатель Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина.; заявл. 93029276/07, 3 ил.

#### УСТРАНЕНИЕ ПОМЕХ НА ПРОГРАММНОМ УРОВНЕ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Панин В.В. – студент, Рыбакова А.М. – студент, Белицын И. В. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время в крупных городах и в частности в г. Барнаул в черте города в зоне жилой застройки проходят воздушные линии электропередач (ВЛЭП) напряжением 10 -500 кВ. Охранная зона ВЛЭП определяется двумя параметрами электромагнитного поля, которое

она создает. Первый параметр напряженность электрического поля второй – индукция магнитного поля, на эти параметры влияют многочисленные факторы, которые носят вероятностный характер, следовательно, и сами параметры будут носить вероятностный характер [1]. Исследования, проведенные в России и за ее пределами показали, что магнитное поле влияет на работу различных систем и органов человека, например, сердечнососудистую, нервную, эндокринную и т.д. Поэтому необходимы исследования, направленные на мониторинг магнитных полей создаваемых ВЛЭП, что и остановило наш выбор на данной проблематике и определило цель нашей работы - разработка измерительной системы для мониторинга параметров магнитного поля.

По итогам проведенного анализа первичных преобразователей для контроля параметров магнитного поля мы остановили свой выбор на датчике, основанном на эффекте Холла, как наиболее подходящим из рассмотренных [2, 3]. Так же был произведен анализ восемнадцати патентов с 1987 по 2006 гг., который показал, что шесть датчиков являются магнитомеханическими, шесть феррозондовыми, один индукционным, один магниторезистивным, два основанными на эффекте Холла и два на явлении ядерного магнитного резонанса.

Для создания системы для мониторинга параметров магнитного поля прежде всего необходимо создать тесламетр, принцип работы, которого основан на измерении ЭДС Холла, возникающей при наличии магнитного поля в зоне датчика при питании последнего постоянным током, состоящего из следующих компонентов: щуп с трехкомпонентным датчиком Холла, источник постоянного тока, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), персональный компьютер для сбора, обработки вывода информации в режиме реального времени, а также ее хранения.

В качестве первичного преобразователя был выбран датчик на эффекте Холла компании Honeywell с линейным выходом. Он состоит из полупроводникового элемента Холла, стабилизатора питания, дифференциального усилителя и выходного каскада. В зависимости от модели, выходной каскад датчика может представлять собой усилитель на биполярном транзисторе, включенном по схеме с открытым коллектором (р-п-р) или по двухтактной схеме (р-п-р + п-р-п). Выходное напряжение линейных датчиков находится в линейной зависимости от величины вектора магнитной индукции. За пределами рабочей области датчик входит в насыщение. При отсутствии внешнего магнитного поля напряжение на выходе равно половине напряжения питания. Размах выходного напряжения и чувствительность датчиков находятся также в линейной зависимости от напряжения источника питания (пропорциональный выход). Этот тип датчиков характеризуется высокой нагрузочной способностью, линейной характеристикой преобразования в рабочем диапазоне магнитных полей, широким диапазоном рабочих температур и питающих напряжений, долговременной стабильностью параметров и малым током потребления. В сводной таблице 1 приведены для сравнения различные типы линейных датчиков магнитного поля.

В качестве АЦП выбран Zet-210 “Sigma USB” предназначенный для измерений параметров сигналов в широком частотном диапазоне, поступающих с различных первичных преобразователей. Модуль функционирует в режиме непрерывного ввода/вывода аналоговых и цифровых сигналов в память персонального компьютера с возможностью цифровой обработки сигналов. Оцифровывание выбранных каналов происходит последовательной коммутацией ключей с использованием одного АЦП, позволяет подключать и обрабатывать различные источники сигналов с различными частотными диапазонами и проводить сравнительный анализ

Для расширения функциональных возможностей, универсализации и увеличения номенклатуры подключаемых первичных преобразователей совместно с аналого-цифровым преобразователем Zet-210 “Sigma USB”, можно использовать предварительный усилитель TDA. Для питания датчика Холла был также использован предварительный усилитель TDA, в результате выходной сигнал был с гораздо меньшим количеством искажений.

Таблица 1 - Линейные датчики магнитного поля на эффекте Холла

Наименование	Индукция В, Гс	Чувствительность, мВ/Гс	Напряжение питания $U_{пит.}$ , В	Ток питания $I_{пит.}$ мА	Максимальный ток $I_{вых. макс.}$ , мА	Рабочая температура $T_{раб.}$ , °С
SS49	±400	0,6...1,25	4...10	4	20	-25...85
SS495A	±670	6...14	4,5...10,5	8,7	1,5	-40...150
SS495A1	±670	6...14	4,5...10,5	8,7	1,5	-40...150
SS495A2	±670	6...14	4,5...10,5	8,7	1,5	-40...150
SS496A	±840	4,8...12	4,5...10,5	8,7	1,5	-40...150
SS496A1	±840	4,8...12	4,5...10,5	8,7	1,5	-40...150
SS494B	±420	9,7...24	4,5...10,5	8,7	1,5	-40...150
SS94A1	±500	5	6,6...12,6	13	1	-40...125
SS94A1E	±500	5	6,6...12,6	13	1	-40...125
SS94A1F	±100	25	6,6...12,6	13	1	-40...125
SS94A2	±500	5	6,6...12,6	13	1	-40...125
SS94A2D	±2500	1	6,6...12,6	13	1	-40...125
91SS12-2	±400	7,5	8...16	19	10	-40...150
91SS16-3	±400	9	8...16	19	10	-40...150

Для подтверждения возможности измерения датчиком Холла переменного магнитного поля промышленной частоты был произведен эксперимент в котором источником магнитного поля выступал проводник по которому протекал регулируемый ток.

Значение индукции магнитного поля было рассчитано по известной теоретической зависимости для случая если расстояние от оси до точки измерения  $r$  на порядок меньше длины проводника

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

где  $I$  – ток протекающий по проводнику;  $\mu_0$  - магнитная постоянная.

Затем произведено сравнение с экспериментальными данными, форма выходного сигнала приведена на рисунке 1, которое показало что разница между теоретическими и экспериментальными данными не превышает 3 %.

Как показывают исследования проведенные, как с помощью математических моделей, так и с помощью натуральных экспериментов значения напряженности магнитного поля вблизи поверхности земли лежат обычно в диапазоне от 0,01 до 40 А/м, что соответствует 0,00013-0,5 Гс таким образом для надежной регистрации сигнала необходим предварительный усилитель с коэффициентом усиления 1000. В этом случае при использовании датчика SS495A2 с характеристикой приведенной на рисунке 2 мы сможем измерять напряженность магнитного поля в диапазоне 0,025 - 51 А/м с дискретностью не более 0,03 А/м.

Нами были изучены принципы работы АЦП, получены практические навыки работы с ним. Было осуществлено подключение датчика Холла к АЦП и определение характера зависимости изменения напряженности магнитного поля, что может использоваться в учебном процессе в качестве лабораторных работ.

Из данных опыта можно сделать вывод, что при помощи датчика Холла возможно измерить параметры переменного магнитного поля промышленной частоты, однако как показывает форма выходного сигнала необходимо отфильтровать полезный сигнал на основной частоте от высокочастотных помех, также необходимо усиление сигнала, что будет осуществлено усилителем TDA. Таким образом предварительный усилитель TDA будет выступать как источник постоянного напряжения, так и, собственно, усилитель. В дальнейшем необходимо разработать трехкомпонентный датчик и соответствующее программное обеспечение для анализа данных, а также построения пространственной модели магнитного поля.

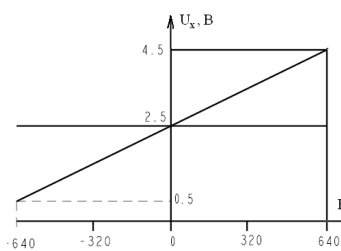


Рисунок 1 – Зависимость напряжения Холла от индукции магнитного поля при напряжении питания 5 В и температуре 25 °С

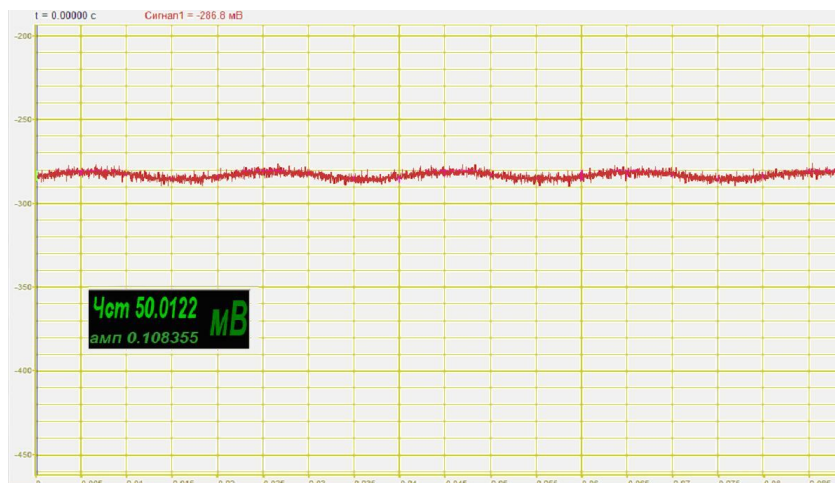


Рисунок 2 – Форма выходного сигнала при источнике переменного магнитного поля

#### Литература:

1. О.И. Хомутов, И.В. Белицын, Е.О. Мартко, А.В. Макаров, Р.С. Старухин Вероятностный подход к оценке факторов, влияющих на работу электроустановок// Ползуновский вестник № 4, 2007. –С. -215-224..
2. Белицын И.В., Старухин Р.С. Первичные преобразователи измерительной системы для мониторинга параметров магнитного поля Материалы VIII Международной научно практической конференции «Экология и ресурсов энергосберегающие технологии на предприятиях народного хозяйства». – Пенза, 2008. с. 123-125
3. Белицын И.В., Старухин Р.С.Измерительная система для мониторинга параметров магнитного поля Материалы VIII Международной научно практической конференции «Экология и ресурсов энергосберегающие технологии на предприятиях народного хозяйства». – Пенза, 2008. с. 125-127

### АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ПО ВЫБОРУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Иунихин А.В. – студент, Гутов И.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На современном этапе развития общества большое значение имеет электроэнергетика. Общий уровень развития и надежная работа электроэнергетических систем и сетей определяют в целом состояние производства и экономики страны. Проектирование электрических сетей требует от специалистов применения глубоких теоретических знаний для решения сложных комплексных вопросов. Задачами такого проектирования являются комплексный подход к выбору и оптимизации схем электрических сетей и технико-экономическое обоснование решений, определяющих состав, структуру, внешние и внутренние связи, динамику развития, параметры и надежность работы системы в целом и ее отдельных элементов [1, 2].

Одной из проблем при проектировании являются рутинные работы, связанные с оптимальным выбором исполнения электрической сети. При этом необходимо выполнять типовые расчеты режимов работы и выбор оборудования для различных вариантов сети. Поэтому основной задачей данной работы является сокращение сроков учебного проектирования систем внешнего электроснабжения и, в частности, районных электрических сетей. В связи с этим возникла необходимость создания программы, позволяющей автоматизировать процесс проектирования электрических сетей.

Для решения этой задачи была разработана программа, реализованная в приложении Microsoft Excel, позволяющая автоматизировать данный процесс. Применение именно этой



программы обусловлено удобством использования, невысокими системными требованиями, предъявляемыми к персональному компьютеру, и возможностью взаимосвязи с приложением Microsoft Word. Наиболее удобным видом представления исходных данных и результатов расчетов является табличная форма, что и было реализовано в данном проекте.

Исходными данными для расчетов являются параметры источника питания и потребителей электроэнергии.

С помощью данной программы удалось достигнуть автоматизации следующих этапов:

- выбора номинальных напряжений электрической сети по эмпирическим формулам;
- расчета баланса активной и реактивной мощностей сети;
- расчета и выбора числа и мощности компенсирующих устройств;
- определения числа и мощности силовых трансформаторов на подстанциях;
- выбора и проверки сечений проводов воздушных линий электропередачи (ЛЭП) по экономическим интервалам мощности;
- определения параметров схем замещения воздушных ЛЭП и трансформаторов электрических сетей;
- определения технико-экономических показателей электрической сети;
- точного расчета потокораспределения мощности в электрической сети в максимальном, минимальном и послеаварийном режимах;
- расчет ответвлений устройств регулирования под нагрузкой (РПН) трансформаторов подстанций.

Особенностью данной программы является возможность использования справочных данных [3], которые автоматически учитываются при расчете. В каждом следующем разделе проекта используются результаты расчетов предыдущих разделов. Таким образом, весь проект представляет собой определенную взаимосвязь всех этапов проектирования. Кроме того, данный проект позволяет автоматически импортировать результаты расчетов из среды Microsoft Excel в среду Microsoft Word, что позволяет упростить составление отчета о результатах проектирования. Иллюстрации примеров автоматизации расчета приведены на рисунках 1 и 2.

На данном этапе автоматизация была достигнута не полностью, поэтому возможно дальнейшее усовершенствование программы, вплоть до полной автоматизации данного расчета.

Необходимо отметить, что использовать данную программу для выполнения проектирования электрических сетей не представляется возможным без обладания начальными навыками и знаниями процесса проектирования. Поэтому данная программа является не основным средством процесса проектирования, а лишь инструментом, позволяющим сократить сроки проектирования.

Использование данной программы даст возможность обеспечить качественно новый уровень проведения занятий по учебному проектированию, будет способствовать активизации самостоятельной работы студента, учебно-познавательной деятельности, повысит эффективность и качество труда студентов. Широкое использование информационных технологий при обучении студентов-энергетиков является одним из эффективных способов подготовки будущих специалистов к работе с реальными объектами электроэнергетической системы.

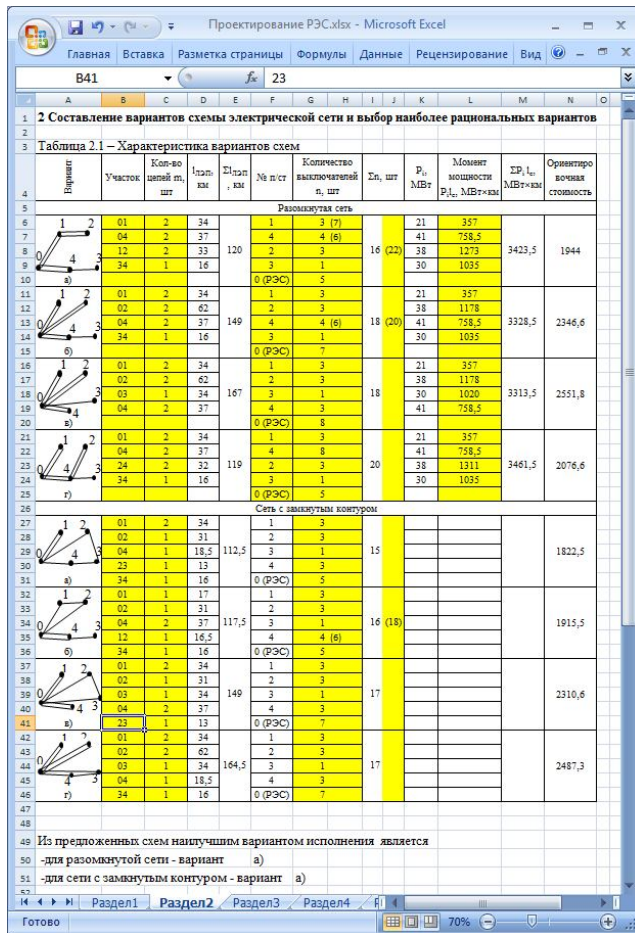


Рисунок 1 – Экранная форма раздела программы по составлению вариантов схемы электрической сети

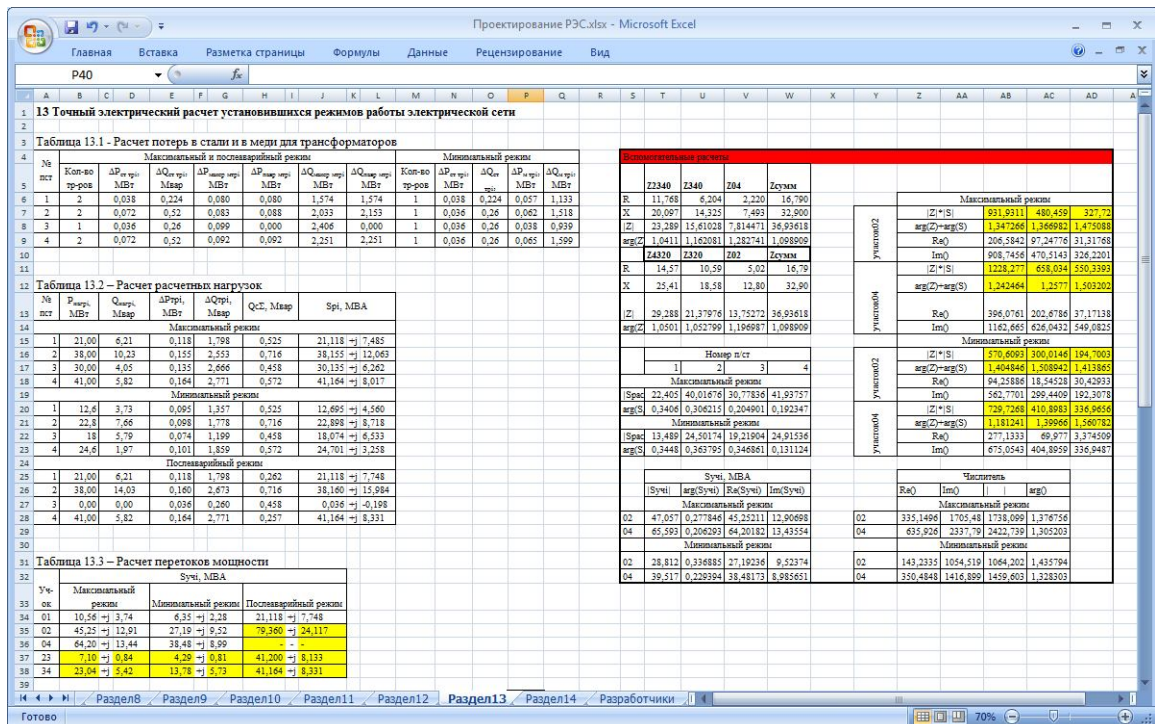


Рисунок 2 – Экранная форма раздела программы с точным электрическим расчетом установившихся режимов работы электрической сети

#### Литература:

1. Гутов, И. А. Проектирование районной электрической сети [Текст] : В 3 частях. Часть 1 и 2. Выбор варианта исполнения электрической сети и электрооборудования : методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Электрические сети» для студентов специальности 140211 «Электроснабжение» / И. А. Гутов. – Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 71 с.
2. Гутов, И. А. Проектирование районной электрической сети [Текст] : В 3 частях. Часть 3. Расчеты установившихся режимов работы электрических сетей : методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Электрические сети» для студентов специальности 140211 «Электроснабжение» / И. А. Гутов. – Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 44 с.
3. Ершевич, В. В. Справочник по проектированию электроэнергетических систем [Текст] / В. В. Ершевич, А. Н. Зейлигер, Г. А. Илларионов [и др.]; под ред. С. С. Рокотяна и И. М. Шапиро. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352 с.

### СОЗДАНИЕ БАНКА ДАННЫХ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Стацун А. М. – студент, Гутов И. А. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При подготовке специалистов в области проектирования, эксплуатации и ремонта электрических сетей большое внимание уделяется проверке и тестированию знаний и умений, контролю достижения уровня обязательных результатов обучения. Процесс усвоения знаний индивидуален, поэтому необходимы формы контроля, позволяющие осуществлять проверку [1]:

- достижения каждым обучаемым уровня обязательной подготовки;
- глубину сформированности учебных умений;
- умение применять полученные знания в ситуациях, отличных от обязательных результатов обучения.

Актуальность проблемы и темы исследования определяется противоречиями в деятельности каждого педагога, который призван с одной стороны максимально объективно оценивать знания обучаемых, а с другой стороны обеспечить личностно-ориентированный и индивидуальный подходы в образовании.

Поиск оптимальных способов диагностики уровня подготовки студентов является частью общей проблемы оценки качества обучения.

В настоящее время ввиду широкого использования ПК наиболее приоритетным методом определения уровня подготовки студентов является компьютерное тестирование. Для реализации этой задачи требуется создать банк данных тестовых вопросов по проектированию, эксплуатации и ремонту электрических сетей.

На кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ им. И. И. Ползунова совместными усилиями преподавателей и студентов началось создание банка данных для проверки знаний студентов специальности 140211 «Электроснабжение» по дисциплине «Электрические сети». Разрабатываемый банк данных содержит как вопросы по общему теоретическому курсу, так и вопросы, ответы на который требуют глубокой проработки материала. Конечным результатом тестирования является отнесение учащегося к одной из групп по уровню усваивания материала.

- нулевой уровень - это такой уровень, при котором учащийся способен понимать, т.е. осмысленно воспринимать новую для него информацию. Условно деятельность учащегося на нулевом уровне называют Пониманием;

- первый уровень - это узнавание изучаемых объектов и процессов при повторном восприятии ранее усвоенной информации о них или действий с ними. Условно деятельность первого уровня называют Опознанием;

- второй уровень - это воспроизведение усвоенных ранее знаний от буквальной копии до применения в типовых ситуациях. Деятельность второго уровня условно называют Воспроизведением;

- третий уровень - это такой уровень усвоения информации, при котором учащийся способен самостоятельно воспроизводить и преобразовывать усвоенную информацию для обсуждения известных объектов и применения ее в разнообразных нетиповых ситуациях. При этом учащийся способен генерировать субъективно новую (новую для него) информацию об изучаемых объектах и действиях с ними. Деятельность третьего уровня условно называют Применением;

- четвертый уровень - это такой уровень владения учебным материалом темы, при котором учащийся способен создавать объективно новую информацию (ранее неизвестную никому). Условно назовем деятельность данного уровня Творческой деятельностью.[2]

Вся работа по созданию банка данных делится на следующие этапы:

а) первый этап включает в себя поиск, отбор и систематизацию материалов по созданию заданий тестирования, его проведению, а так же анализу полученных данных;

б) второй этап включает в себя поиск и отбор материалов по дисциплине «Электрические сети»;

в) третий этап - создание пробной версии тестовых заданий;

г) четвертый этап - апробация тестовых заданий и, при необходимости, их корректировка;

д) пятый этап – внедрение тестового контроля знаний студентов.

В результате проделанной работы будет создана тестовая программа для проверки знаний студентов по дисциплине «Электрические сети». Для ее создания используется программа IREN, разработанная Сергеем Останиным. Выбор данного рабочего инструмента обусловлен его свободным распространением, простотой использования, как при создании тестов, так и при прохождении контроля знаний и широкими возможностями по созданию тестовых программ. Разрабатываемая тестовая программа отличается простым, удобным, наглядным интерфейсом, простотой использования и модификации. Тестирование студентов проходит на персональных компьютерах, причем как по локальной сети, так и при помощи сети Интернет.

К достоинствам тестирования относятся [3, 4]:

а) объективность. Исключается фактор субъективного подхода со стороны экзаменатора. Обработка результатов теста проводится через компьютер или в присутствии студентов с использованием карты ответов;

б) валидность. Исключается фактор «лотереи» обычного экзамена, на котором может достаться «несчастливый билет» или задача - большое количество заданий теста охватывает весь объем материала того или иного предмета, что позволяет тестируемому шире проявить свой кругозор и не «провалиться» из-за случайного пробела в знаниях;

в) простота. Тестовые вопросы конкретнее и лаконичнее обычных экзаменационных билетов и задач и не требует развернутого ответа или обоснования - достаточно выбрать правильный ответ и установить соответствие;

г) демократичность. Все тестируемые находятся в равных условиях;

д) массовость и кратковременность. Возможность за определенный установленный промежуток времени охватить большее число тестируемых;

е) технологичность. Проведение экзамена в форме тестирования как при машинном, так и без машинном контроле весьма технологично. Это позволяет использовать соответственно машинную обработку или карточки ответов.

Недостатками тестирования как метода контроля знаний обучаемых являются [1, 4]:

а) относительная сложность создания качественного теста, имеющего достаточные коэффициенты надежности и валидности;

б) возможность угадывания ответов при использовании закрытой формы тестовых заданий;

в) необходимость приобретения дорогостоящих технических средств, для использования тестов при машинном контроле.

При дальнейшем развитии данного вопроса возможно создание системы автоматизированного тестирования. Система может быть разработана на основе двух моделей. Первая – аналог федерального тестирования, в которой существует сервер с расположенным на нем банком вопросов для тестирования, а так же клиентская часть с налаженным каналом связи с сервером, по которому происходит тестирование On-Line. Вторая модель включает в себя сервер, содержащий материалы, тесты по всем необходимым на тот момент отраслям знаний (производства), а так же ПО для обработки полученных результатов тестирования. Так же модель включает в себя клиентскую часть, на которой будет содержаться необходимое ПО для проведения тестирования.

Созданная программа тестирования охватывает существенно больше разделов, чем стандартные методы контроля знаний (опросы, проверочные работы). Так же она позволяет быстро диагностировать освоение учебного материала, как каждым студентом, так и группой в целом, на основе чего, при необходимости, будут пересматриваться методы подготовки студентов с целью улучшения усваивания информации.

Так как банк данных можно значительно расширить, это позволяет создать на его основе единую систему контроля и оценки качества знаний, как студентов, так и квалифицированных специалистов в области проектирования, эксплуатации и ремонта электрических сетей.

Литература:

1. Морозова, О. В. Тестирование как одна из форм текущего контроля [Электронный ресурс] / О. В. Морозова. - Режим доступа: <http://malomichailovskaya.narod.ru/morozova.htm>
2. Проектирование комплексов учебно-методических материалов [Электронный ресурс] / Самарский ЦНИТ СГАУ. - Режим доступа: [http://cnit.ssau.ru/ito/modul\\_3/m3\\_2.htm](http://cnit.ssau.ru/ito/modul_3/m3_2.htm)
3. Беспалько, В. П. Теория учебника [Текст] : дидактический аспект / В. П. Беспалько. – М. : Педагогика, 1988. – 160 с.
4. Аванесов, В. С. Вопросы объективизации оценки результатов обучения [Текст] : обзорная информация / В. С. Аванесов. – М. : Высш. шк., 1976. – 68 с.

## КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

Зарубин А.А. – студент, Гутов И. А. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В соответствии с Федеральным законом «Об электроэнергетике» электроэнергетика является основой функционирования экономики и жизнеобеспечения. Общими принципами организации отношений и основами государственной политики в сфере электроэнергетики являются: обеспечение энергетической безопасности Российской Федерации; технологическое единство электроэнергетики; обеспечение бесперебойного и надежного функционирования электроэнергетики в целях удовлетворения спроса на электрическую энергию потребителей, обеспечивающих надлежащее исполнение своих обязательств перед субъектами электроэнергетики [1]. Эти особенности предъявляют особые требования к знанию инженеров принципов работы, конструктивных особенностей разрабатываемых и используемых технических средств, правил и норм охраны труда, техники безопасности и др.

Развитие и нормальное функционирование электроэнергетической отрасли возможно только при условии постоянного притока квалифицированных молодых специалистов. Эксплуатация электроустановок связана с риском для жизни электротехнического персонала, так и с рисками для потребителей электрической энергии. Перебой в электроснабжении может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи, угрозы взрывов и пожаров [2].

Эти особенности отрасли предъявляют высокие требования к качеству знаний, как к работающим специалистам, так и к обучению студентов по соответствующим специальностям, а также необходимость периодического контроля знаний.

Контроль качества знаний студентов является одним из основных элементов оценки качества образования, важнейшим компонентом педагогической системы и частью учебного процесса. В объективной оценке качества знаний специалистов должны быть заинтересованы все субъекты педагогической деятельности. Небольшое количество вопросов не позволяет объективно проверить весь курс; вопросы часто не являются отражением тех знаний, умений и навыков, которые необходимо сформировать. Количество дополнительных вопросов и их сложность зависят от экзаменатора, что также оказывает влияние на общий результат. Соответственно важными условиями являются [3]:

- стандартизация условий и результатов;
- возможность проверки знаний по всему курсу;
- дифференцированный характер оценки;
- возможность компьютеризации;
- четкая фиксация знаний, умений (методов и технологии выполнения работ).

Отсюда следует пригодность тестов к контролю знаний. Тестирование также является одной из наиболее технологичных форм проведения автоматизированного контроля с управляемыми параметрами качества. Тесты применяются на всех этапах дидактического процесса. С их помощью эффективно обеспечивается предварительный, текущий, тематический и итоговый контроль знаний [4].

На кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ им. И. И. Ползунова ведутся работы по созданию банка данных для тестирования студентов специальности «Электроснабжение» по дисциплине «Передача и распределение электрической энергии», апробация прошла успешно. В настоящий момент продолжается работа по его совершенствованию. Параллельно идет работа по созданию банка данных для тестирования по дисциплине «Электрические сети». Созданные тесты отвечают предъявляемым к ним критериям и позволяют произвести контроль знаний с значительной экономией времени. Время проведения теста текущего контроля (20 вопросов) не превышало 15 минут, а время теста итогового контроля (60 вопросов) не превышает 40 минут, тем не менее, тесты показали объективный уровень оценки знаний, а также содержат большее количество вопросов, чем включает в себя стандартный опрос. В ходе тестирования так же было выявлено, что студенты не работают с дополнительным (не лекционным) материалом, за исключением одного-двух источников, указанных как «основные». Это показали включенные в тест вопросы из Правил устройства электроустановок (ПУЭ), ГОСТов или из учебников других авторов. Таким образом, тестирование не только показывает уровень знаний студентов (по контрольным точкам), но так же дает возможность корректировки образовательного процесса, выявляя его «слабые» стороны. Одним из достоинств является меньшая вероятность «списывания», т.к. время проведения теста лимитировано, а так же преподаватель может лучше контролировать процесс выполнения тестов. Немаловажным фактором является большой объем существующих вопросов в банке данных и случайный подбор вопросов с чередованием правильных ответов, что накладывает существенные ограничения на возможность создания «шпаргалок».

Тем не менее, существующий тест по дисциплине «Передача и распределение электрической энергии», а также создаваемый тест по дисциплине «Электрические сети» имеют некоторые недостатки, присущие всем тестам. Вероятность слепых (автоматических) ошибок, когда испытуемый не понял инструкцию и стал отвечать совсем не так, как требует стандартная инструкция. Такие случаи, как правило, вызваны сложной формулировкой вопроса. Недостатком также является потеря индивидуального подхода и стрессогенность. В результате чего испытуемые, особенно при итоговом тестировании, испытывают стресс. Люди начинают волноваться и ошибаться в элементарных для себя вопросах. Также есть необходимость непрерывного обновления, пополнения и совершенствования баз данных, с целью со-

ответствия тестов предъявляемым к ним требованиям, а также исключения периодического повторения одних и тех же вопросов.

Таким образом, использование тестов для контроля знаний позволяет корректировать программу курса, выявлять сложные темы, требующие повышенного внимания, и устранять «слабые» стороны. Тест является более быстрым и прогрессивным методом контроля знаний, охватывающим во время контроля большой объём информации и имеющий возможность автоматизации обработки полученных результатов. Преимуществом этого способа контроля знаний является также его объективность, достигаемая с помощью проведения стандартных процедур обработки получаемых результатов.

Литература:

1. Российская Федерация. Законы. Об электроэнергетике [Текст] : федер. закон : [принят Гос. Думой 21 февраля 2003 г. : одобр. Советом Федерации 12 марта 2003 г.].
2. Правила устройства электроустановок [Текст]. – 6-е изд., перераб. и доп. с изм. – М. : Главгосэнергонадзор России, 1998. – 608 с.
3. Беспалько, В.П. Теория учебника [Текст]: дидактический аспект. / В. П. Беспалько. – М.: Педагогика, 1988. – 160 с.
4. Аванесов, В. С. Вопросы объективизации оценки результатов обучения [Текст]: обзорная информация. / В. С. Аванесов. – М., 1976. – 68 с.
5. Беспалько, В. П. Слагаемые педагогической технологии [Текст] / В. П. Беспалько. – М.: Педагогика, 1989. – 192 с.: ил.
6. Основы педагогики и психологии высшей школы [Текст] / Под ред. А.В. Петровского. – М.: Изд - во МГУ, 1986. – 303 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Сигитов Е.А – студент, Гутов И.А – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет(г.Барнаул)

В настоящее время большое значение придаётся вопросам экологии. ОАО «МРСК Сибири» в полной мере осознаёт свою ответственность перед обществом за сохранение благоприятной окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов во всех регионах своей деятельности и принимает на себя обязательство неукоснительного исполнения провозглашённой Экологической Политики генеральным директором ОАО «МРСК Сибири» А.В.Антропенко [1].

Основными направлениями, сформулированными высшим руководством ОАО «МРСК Сибири», в области природоохранной деятельности являются:

- постоянное улучшение природоохранной деятельности и системы экологического менеджмента;
- не превышение установленных нормативов воздействия на природную среду;
- соответствие деятельности Общества требованиям Российского законодательства, международных договоров и соглашений Российской Федерации, стандартов и правил в области природопользования, охраны окружающей среды, а также иным требованиям применимым к деятельности Общества.

Для реализации экологической политики в ОАО «МРСК Сибири» разработана и внедряется система экологического менеджмента, являющаяся составной частью системы управления Общества и отвечающая требованиям международного стандарта ISO 14001.

Цели экологического менеджмента ОАО «МРСК Сибири» [1]:

- повышение уровня экологической безопасности Общества за счёт обеспечения надёжного и экологически безопасного транспорта и распределение энергии;
- сотрудничество с общественными организациями, работающими в области сохранения популяции редких птиц занесённых в Красную книгу, а также научно - исследовательскими

организациями занимающимися работами в области охраны окружающей среды.

В России и в странах ближнего зарубежья миллионы птиц ежегодно становятся жертвами воздушных линий электропередачи. Ущерб орнитофауне причиняется в результате электротрагедий. Наибольшую опасность для птиц представляют воздушные линии электропередачи (ВЛ) напряжением 6 - 10 кВ на железобетонных опорах со штыревыми изоляторами на металлических траверсах.

Биологическая несовместимость линии обусловлена заземлением, связывающим металлические элементы опоры (траверсу и арматуру стойки) в единую цепь. Поражение электрическим током происходит в момент замыкания цепи, когда в промежутке между заземляющим элементом и электрическим проводом оказывается одна или несколько птиц. Расстояние между проводом и углом заземлённой траверсы составляет порядка 15 - 25 см, что сопоставимо с размером тела (и размаха крыльев) относительно небольшой птицы. Для вновь возводимых и модернизации существующих ВЛ 6-10 кВ следует рекомендовать внедрение самонесущего изолированного провода "СИП-3", обеспечивающих полную электробезопасность для живых организмов (включая птиц), а также применение деревянных опор нового поколения, разработанных Институтом "РОСЭП" по техническому заданию Департамента электрических сетей РАО "ЕЭС России". Недостатком данных способов является их преимущественная применимость к новому строительству и, следовательно, чрезмерная отдалённость перспективы решения проблемы гибели птиц на многочисленных действующих ВЛ.

Все птицевзащитные устройства, выпускавшиеся для ВЛ 6-10 кВ в нашей стране прежде, оказались неэффективными. Но в последнее время ситуация изменилась. В 2008 г. в нашей стране появились достаточно эффективные отечественные полимерные (пластиковые) птицевзащитные устройства, поставляемые Ульяновским ООО "ЭкоНИОКР".

Специальные птицевзащитные устройства (ПЗУ-6-10кВ и его модификации) применяются на воздушных линиях электропередачи напряжением 6-10 кВ и устанавливаются на рабочие штыревые изоляторы с примыкающими к ним участками токоведущих проводов. Назначение устройств - предотвращение гибели птиц всех размерных групп от поражения электрическим током на опорах с траверсами различных конструкций.

Наряду со своим прямым назначением, устройство обладает полезными свойствами защиты изоляторов от негативного воздействия окружающей среды (атмосферных осадков, ультрафиолетового излучения), загрязнения птичьим помётом и иными агрессивными примесями различных веществ, содержащихся в атмосфере.

ПЗУ производства «Эко-НИОКР» имеют ряд важных конструктивных особенностей, выгодно отличающих их от ПЗУ других изготовителей, включая зарубежные модели защитных устройств [2].

Параметры ПЗУ выбраны таким образом, что юбка защищаемого изолятора остается максимально открытой, что, в свою очередь:

- позволяет производить полноценный низовой осмотр линии;
- исключает скопление под кожухами воды, снега, льда, мусора и пыли;
- препятствует использованию внутреннего пространства кожуха мелкими животными (птицами, осами, пчёлами и др.) для устройства гнёзд либо убежищ.

Конструкция устройства и упругость материала позволяют открывать (отгибать) капот путем вращения всего кожуха вдоль продольной оси, что обеспечивает возможность контроля целостности изолятора и вязки провода при проведении верхового осмотра, не прибегая к демонтажу самого устройства.

Цельная конструкция кожуха не требует предварительной сборки устройства.

Простота крепления устройства обеспечивает максимальную быстроту и удобство его монтажа, что немаловажно для проведения монтажно-высотных работ на опоре.

Благодаря своей лёгкости, устройства практически не создают дополнительных нагрузок на конструкции ВЛ.



Устройство ПЗУ-6-10кВ и его модификации соответствуют требованиям экологической безопасности и технической совместимости, предъявляемым действующим законодательством и ведомственными нормативными актами, включая:

- Федеральный закон «О животном мире» (ст.ст. 22 - 28);
- требования по предотвращению гибели объектов животного мира при осуществлении производственных процессов, а также при эксплуатации транспортных магистралей, трубопроводов, линий связи и электропередачи (п.п.33 - 34), утв. пост. Прав. РФ № 997 от 13.08.1996 г.;
- «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» (п. 1.7.25), утв. приказом Минэнерго РФ от 13 января 2003 года № 6.

В Ульяновске прошли натурно-стендовые испытания птицезащитного устройства ПЗУ-6-10кВ (ООО «Эко-НИОКР»). Целью испытания являлось изучение поведенческих реакций хищных птиц на различные участки устройства.

В процессе эксперимента, при всех смоделированных и спонтанно возникших контактах птиц с траверсой и ПЗУ, не было зафиксировано ни одной потенциально опасной для птиц комбинации, при которой могло бы возникнуть перекрытие искрового промежутка (короткое замыкание в электрической сети с летальным для птицы исходом).

В заключение следует отметить, что при проведении эксперимента ни одна птица не пострадала, а расход энергии, потраченной птицами во время испытаний, был адекватно скомпенсирован.

Первую партию ПЗУ алтайские энергетики смонтировали на участке воздушной линии 10 кВ от подстанции "Огневская" Усть-Калманского района электрических сетей Филиал ОАО «МРСК Сибири» - «Алтайэнерго». На 190 железобетонных опорах установлено 570 устройств. Приспособления изолируют провода, находящиеся под напряжением, и таким образом защищают птиц от контакта с ними. Внешний вид и характеристики применяемых ПЗУ представлены на рисунке 1.



Тип изоляторов – ШФ,ШС. Тип вязки провода – боковой.

Габаритные размеры устройства в (сборе) (длина x ширина x высота) - 1185 x 270 x 136 мм.

Масса(в сборе) - не более 0,300 кг

Рисунок 1 - ПЗУ-6-10кВ-К 2009-0004 ТУ 3494-001-25526559-2007

(для концевых и промежуточных опор)

Комплексная программа по защите хищных птиц, занесённых в Красную книгу, инициирована "МРСК Сибири". Мероприятия направлены на обеспечение охраны объектов животного мира при эксплуатации линий электропередачи 6–10 кВ.

По результатам произведённых учёными исследований, на объектах сетевого комплекса региона за прошлый год погибло около 450 пернатых. В "Алтайэнерго" опасные зоны расположены на территории ответственности Западных, Южных, Белокурихинских электрических сетей.

В рамках экологической программы в филиале планируется продолжить такую работу: нужное количество ПЗУ закупят и установят в других районах. Персонал будет держать под постоянным контролем состояние защитных устройств на линиях электропередачи в пред-

горях Алтая, горной степи, лесостепи, на открытых участках ленточных боров.

Литература:

1 Заявление генерального директора ОАО «МРСК Сибири» Антропенко А.В.

2 Материалы сайтов: [www.birdprotect.ru](http://www.birdprotect.ru), [www.altapress.ru](http://www.altapress.ru), [www.hubix.ru](http://www.hubix.ru), [www.ref.ru](http://www.ref.ru)

### ПИКОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ БАРНАУЛЬСКОГО УЗЛА

Поляков И. А. – студент, Макаров М. Ю. – студент, Капустин С. Д. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Проблема Барнаульской энергосистемы (БЭС) заключается в:

- дефиците электроэнергии;
- неравномерности графика нагрузки;
- наличии сетевых ограничений на передачу электроэнергии из системы.

Дефицит БЭС обостряется в летний период в связи со спецификой производства электроэнергии на ТЭЦ, которые не могут вырабатывать ее без тепловой загрузки. Поэтому в летний период времени ТЭЦ снижают нагрузку, проводят ремонтные и профилактические предприятия. При этом на электростанциях единичная мощность достигает больших величин и вывод в ремонт даже одной турбины резко снижает возможности по производству электроэнергии.

Неравномерность графика нагрузки связана с преобладанием в качестве потребителя бытового сектора и зависит от температуры, времени года и т.д.

Сетевые ограничения связаны с пропускной способностью ПС Власиха и ПС Чесноковская 220/110 кВ. После реконструкции планируется поднять значение максимально допустимого перетока (МДП) активной мощности для Барнаульского узла до 400 МВт. Значение это может снижаться в зависимости от аварийных ситуаций, а также при проведении обслуживания и ремонтных работ на ПС.

В связи с этим в ряде случаев в часы максимума возникает ситуация, когда сумма генерируемой мощности и МДП недостаточна для обеспечения потребителей в полной мере.

При этом используются схемные решения, которые позволяют обеспечить еще до 100 МВт мощности.

Тем не менее, возникают ситуации, когда временное отключение потребителей неизбежно. Однако мера эта нежелательна, т.к. приводит к экономическим и социальным последствиям.

Имеющаяся в городе газотурбинная электростанция ОАО «ГТ ТЭЦ-Энерго» установленной мощностью 36 МВт имеет высокую мобильность и низкую себестоимость, однако ее руководство находится в Москве и Екатеринбурге и заявляет на федеральном оптовом рынке электроэнергии и мощности (ФОРЭМ) высокие цены, поэтому используется в крайних случаях.

В связи с изложенным выше возникает необходимость выравнивания графика нагрузки, т.е. заполнение максимумов пиковыми, высокоподвижными электростанциями:

- газотурбинными;
- парогазовыми;
- газопоршневыми.

В результате научного исследования был определен тип (типы) пиковой электростанции, число электростанций, мощность электростанций, а также место (места) расположения.

Также предложены организационные и технические методы выравнивания графика нагрузки.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Скорняков А.А. – студент, Стальная М.И. - к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Невозможно представить жизнь современного человека без мощных источников энергии. Список энергоемких потребностей человека велик. Большинство таких благ воспринимаются, как нечто естественное, без чего трудно обойтись.

Вода, постоянно должна поступать в любые помещения. Без неё трудно поддерживать санитарные условия. Для человека важно, что бы температура воды приблизительно совпала с температурой тела. Так как холодная вода быстро забирает тепло человеческого тела. Но ее подогрев требует значительных затрат. Кроме того, микроклимат в помещениях создается путем еще больших энергетических затрат. Жилые и производственные помещения нужно отапливать – в холодное время года, и охлаждать – в теплое. Воздух в помещениях накапливает продукты жизнедеятельности находящихся там людей и животных. Пыль проникает в комнаты сквозь различные щели или образуется в виде отходов на производстве. Такие скопления твердых частиц вредны для человека. Поэтому вентиляция так же является необходимым условием создания комфортного микроклимата. Еще одна часть микроклимата – это освещение. Ночью солнце скрывается за горизонтом, и свет поддерживается искусственно, как на улице, так и в помещениях. Следует отметить, что большое количество механической энергии затрачивается на производстве.

Сильный скачок в развитии, в последние годы, получила вычислительная техника и средства связи. Эти приборы отличаются сравнительно малым энергопотреблением, но в них закладываются новые дополнительные функции, которых становится больше и это увеличивает мощность таких приборов. Особенно популярно портативное исполнение. Где прибор питается от аккумуляторных батарей, а они, в свою очередь, заряжаются электричеством из сети. Такая схема значительно снижает коэффициент полезного действия, так как мощность проходит через аккумуляторы и там теряется. Все это, наряду с неограниченным ростом их числа делает этого потребителя достаточно весомым. Для наглядности можно привести такой пример. Мощность среднего офисного компьютера составляет около 300 Вт. Предположим, что в фирме работают около ста сотрудников. Суммарная мощность работающих компьютеров составит 30 кВт.

Результатом экономической деятельности человека является непрерывное совершенствование всех полезных приборов, увеличение объемов выполняемых ими операций и их количества. Не смотря на то, что новое оборудование по сути экономичнее старого, но из-за большей производительности требует большего количества энергии. Формируется тенденция к росту потребления энергоресурсов. Мировая экономика постоянно растет и требует все больших энергетических затрат. За период с начала реализации Энергетической стратегии России на период до 2020 года в связи с ускоренным развитием экономики страны спрос на электроэнергию растёт более высокими темпами, чем прогнозировалось. В то же время ввод новых мощностей в электроэнергетике существенно отстает от прогноза, предусмотренного указанной стратегией, и не в полной мере удовлетворяет потребности растущей экономики. 13 ноября 2009 г. утверждена распоряжением правительства новая «Энергетическая стратегия России на период до 2030 г.» Согласно данным из приложения №4 этой стратегии внутреннее потребление электроэнергии по сравнению с уровнем 2005 г. в 2008 г. увеличилось на 8 %, и прогнозируется увеличение на 11 - 30 % к 2015 г., 40-60% к 2020-му и 85-130% к 2030г. Значит, с каждым годом возникает необходимость выработки все большего количества энергии. За счет каких ресурсов это сделать? Уже сегодня выработка необходимого количества энергии сопровождается загрязнением, которое накапливается в окружающей человека среде. Природа не успевает утилизировать такое количество вредных выбросов. Таким образом, получая большое количество новых, высокотехнологичных устройств, человек лишает себя самого важного – чистой среды обитания. В рамках реализации стратегической инициа-

тивы по развитию не топливной энергетики прогнозируется значительный (в 2 - 2,5 раза) рост объемов производства электроэнергии на базе атомных электростанций и возобновляемых источников энергии. В целом предусматривается увеличить к концу третьего этапа реализации Энергетической стратегии России на период до 2030 г. долю не топливных источников в производстве электроэнергии примерно с 32 процентов (2008 год) до не менее чем 38 процентов. При этом конкретные траектории и относительные темпы развития каждой из указанных не топливных составляющих на различных этапах реализации данной стратегии подлежат уточнению в рамках соответствующих программных документов, в первую очередь в рамках Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики.

По существующим оценкам, технический ресурс возобновляемых источников энергии, преобладающую долю в котором имеет потенциал использования энергии солнца и энергии ветра, составляет не менее 4,5 млрд. тонн условного топлива в год, что более чем в 4 раза превышает объем потребления всех топливно-энергетических ресурсов России. Экономический потенциал возобновляемых источников энергии зависит от существующих экономических условий, стоимости, наличия и качества запасов ископаемых топливно-энергетических ресурсов, а также региональных особенностей. Указанный потенциал меняется во времени и должен специально оцениваться в ходе подготовки и реализации конкретных программ и проектов по развитию возобновляемых источников энергии (с учетом комплексной оценки их конкретного вклада в достижение указанных стратегических целей). [1] В 2008 г. атомная энергетика вырабатывала 15,7 % всей электроэнергии. Электростанции на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) — 16,1 %, и электростанции на базе сжигаемого топлива — 68 %. К 2030 г. планируется увеличение доли атомных электростанции до 19,7 %, ВИЭ до 17,7 %. Снижение доли угольных и газовых электростанции до 56 %. [1] Если учитывать, что общее потребление электроэнергии к тому же году возрастет на 85-130%, как было сказано выше, то в сравнении с 2008 г. их число увеличится на 35 – 50 %. Из этих цифр видно, что угольные и газовые электростанции по прежнему останутся основным источником электроэнергии.

Из региональных особенностей развития топливно-энергетического комплекса по Сибирскому федеральному округу. К 2030 году регион будет устойчиво занимать первое место в России по добыче коксующегося и энергетического угля, второе место по добыче нефти и газа, одно из ведущих мест в российской нефтехимии, а также будет играть лидирующую роль в поставках гелия на российский и мировые рынки. Расширится использование возобновляемых источников энергии в удаленных и изолированных районах Сибирского федерального округа.

С 2004 г. ветровая энергетика значительно возросла. Установленная мощность ВЭС в мире возросла с 40 ГВт. в 2003 г. до 94 ГВт. в 2007г. Составив рост около 25 %. При этом Европа является безусловным лидером в ветровой энергетике. 60 % мировой ветровой мощности установлено в Европе. Уровень интеграции в электроэнергетический сектор в Дании составил 7 %, 12% в Германии и Испании. [2] Алтайский край принадлежит к пятой группе по ветровой нагрузке из семи возможных при среднегодовой скорости ветра 10 м/с [3]. Этого достаточно для эффективного использования ВЭС в качестве мощного источника энергии. Кроме того, в приземном слое почти всегда имеется значительная горизонтальная турбулентность – порывы ветра. В среднем мощность ВЭС равна 300 Вт. с кубического метра площади, обметаемой ветроколесом. Для радиуса 3 м. площадь будет равна 7 м<sup>2</sup>, а мощность составит 2 кВт. При этом не следует забывать, что лопасть достаточно легкая, и ВЭС может располагаться на крышах зданий [4].

По конструкции ветроустановки выполняются с вертикальной и горизонтальной осью вращения. К первым относятся ветроколеса Савониуса и Дарье, ко второй самые распространенные трех лопастные.

Савониус конструктивно устроен, как два полу цилиндра, сдвинутых относительно центра вращения. Обладают одним из самых низких коэффициентов использования ветра 0,2. Достаточно тихоходны. При достижении точкой, находящейся на наибольшем удалении от

оси вращения скорости равной скорости ветра момент уменьшается на столько, что дальнейший разгон прекращается. Отношение скорости вращения такой точки к скорости ветрового потока называется быстроходностью ветроколеса. Этот параметр приводит вращательное движение ветроколеса к поступательному движению ветра. Имея такую низкую быстроходность, эти ветроколеса требуют тихоходный генератор, который дороже обычного. Достоинства этих генераторов – значительный момент при малой скорости вращения самого ветроколеса. Поэтому они больше подходят для соединения напрямую к насосам, а не для выработки электроэнергии [6].

Лопастей ветроколеса Дарье имеют профиль крыла самолета. Для вращения используется подъемная сила, возникающая из-за разности скоростей потоков воздуха. Эти колеса обладают коэффициентом использования ветра 0,4, но при остановленном колесе момента недостаточно, чтобы его раскрутить. Достоинства — самая высокая быстроходность, что очень важно при выработке электроэнергии. Так же расход материала на изготовление гораздо меньше любых других типов ветроколес. Наконец, общее для всех ВЭС с вертикальной осью вращения — это отсутствие устройства позиционирования на ветер, что не только упрощает и удешевляет конструкцию, но и снимает ограничение по массогабаритным показателям генератора [6].

Ветроколеса с горизонтальной осью вращения по конструкции напоминают винт самолета. Коэффициент использования ветра 0,4. В зависимости от числа лопастей значительно меняются характеристики ветроколес. При большем числе лопастей они обладают большим стартовым моментом, но малой быстроходностью. При уменьшении числа лопастей максимум момента смещается в сторону более высоких оборотов. Наибольшее распространение получили ветроколеса с тремя лопастями [1].

В последнее время появилось несколько перспективных видов ветроустановок.

Во-первых, оптимизированный профиль Савониуса. Который позволяет получить коэффициент использования ветра 0,4 при неизменных прочих параметрах [6]. Во-вторых, разработка ветровых вертолетов, которые запускаются на высоту около 4,5 километра в зону стабильных сильных ветров. Мощности этих колес хватает не только для удержания самого колеса и удерживающих токосъемных тросов, но и для выработки значительной мощности. Такие ветроустановки были испытаны учеными из сиднейского университета [7]. Разработка норвежскими учеными плавающей ветроэлектростанции [8].

Таким образом: возобновляемые источники способны вырабатывать значительные мощности для удовлетворения потребности населения. Так же необходимо более подробное исследование возможностей их применения, для увеличения вырабатываемой мощности без ухудшения экологической обстановки.

#### Литература:

1 ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ РОССИИ на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г.

2 Европейская ассоциация ветровой энергетики «Ветровая энергетика — факты» 2009 г.

3 СНиП 2.01.07-85\* НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ, карта 3 Районирование территории СССР по давлению ветра

4 Куликова Л.В. "Основы использования возобновляемых источников энергии"  
<http://ecoclub.nsu.ru>

5 Большая советская энциклопедия, издание второе, 1951 г. том 7

6 Сайт Малая энергетика <http://rosinmn.ru/index.html>

7 Сайт Электроветер <http://electroveter.ru>

8 Сайт мембрана, статья "Высотный вертолёт будет сбрасывать электричество на землю"  
<http://www.membrana.ru/>

# ВЕКТОРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ МЕТОД КРУГОВЫХ ДИАГРАММ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОМЕНТА НА ВАЛУ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО КОРОТКОЗАМКНУТОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ПИТАНИИ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Еремочкин С.Ю. - студент, Стальная М.И. - к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Развитие фермерских хозяйств предопределило разработку ряда новых электрифицированных машин для работы на мелкоконтурных участках, теплицах, садах и огородах: рыхлители ротационного типа, почвенные буры, культиваторы, сучкорезы, кормодробилки, электронасосы, индивидуальные доильные аппараты и т.п. Основным средством для приведения в движение этих машин является асинхронный электродвигатель.

Однако включение трехфазного асинхронного электродвигателя в однофазную сеть выдвигает ряд особенных требований.

На сегодняшний день существуют три основных способа питания трехфазного двигателя от однофазной сети [1]:

- метод прямого включения;
- использование емкостных или индуктивно-емкостных фазосдвигающих цепей;
- запуск и работа с помощью частотного преобразователя;

Главный минус первых двух способов запуска и работы трехфазного двигателя от однофазной сети это низкое значение момента и развиваемой мощности электродвигателя по причине эллиптической формы электромагнитного поля статора, а также необходимость в наборе конденсаторов различной емкости при различной величине нагрузки. Применение известных частотных преобразователей с явно выраженным звеном постоянного тока в однофазной сети для питания трехфазных асинхронных электродвигателей в ряде случаев экономически не целесообразно. По этой причине при непосредственном питании от однофазной сети переменного тока для запуска, работы и регулирования скорости трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя целесообразно разработать специальную надежную схему однофазного частотного регулятора скорости, ведомого сетью.

Для более точного расчета электрической мощности и электромагнитного момента на валу трехфазного асинхронного короткозамкнутого двигателя при питании от однофазной сети при помощи однофазного частотного регулятора скорости, ведомого сетью, разработан векторно-алгоритмический метод круговых диаграмм.

Согласно с диаграммой пофазного изменения магнитного потока и напряжения в обмотках статора, может быть построена осциллограмма мгновенных значений напряжений в обмотках статора следующим образом: по формуле  $U = U_m \sin(\omega t)$  и, учитывая величину напряжения на обмотка в соответствие с алгоритмом работы однофазного частотного регулятора скорости, ведомого сетью, в равный промежутки времени можно рассчитать значения напряжения  $U_a$ ,  $U_b$ ,  $U_c$ .

Затем, исходя из пространственного расположения обмоток электродвигателя, было рассчитано суммарное действующее значение напряжения  $U_{abc}$ , с помощью которого построена осциллограмма мгновенных значений этого напряжения (рисунок 1).

В соответствие с тактовой диаграммой пофазного изменения магнитного потока в обмотках статора и пространственного расположения обмоток электродвигателя, может быть построена векторная диаграмма в полярных координатах (рисунок 2) из которой видно, что поле статора равномерно вращается по кругу, образуя круговую диаграмму вращения поля статора.

Однако величина векторов не постоянна и изменяется во времени, поэтому для построения круговой диаграммы напряжений на статорной обмотке электродвигателя необходимо было получить текущие значения напряжения в обмотках статора электродвигателя в определенные промежутки времени в декартовой системе координат. Для перехода от полярной системе координат к декартовой были использованы формулы:  $x = r \cdot \cos(\varphi)$ ,  $y = r \cdot \sin(\varphi)$  (рисунок 3).

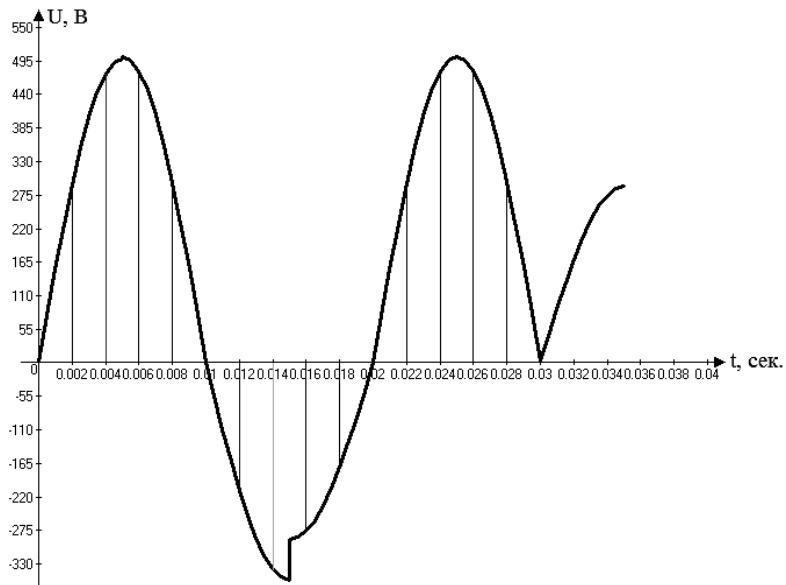


Рисунок 1 - Осциллограмма мгновенных значений напряжений в обмотках статора электродвигателя

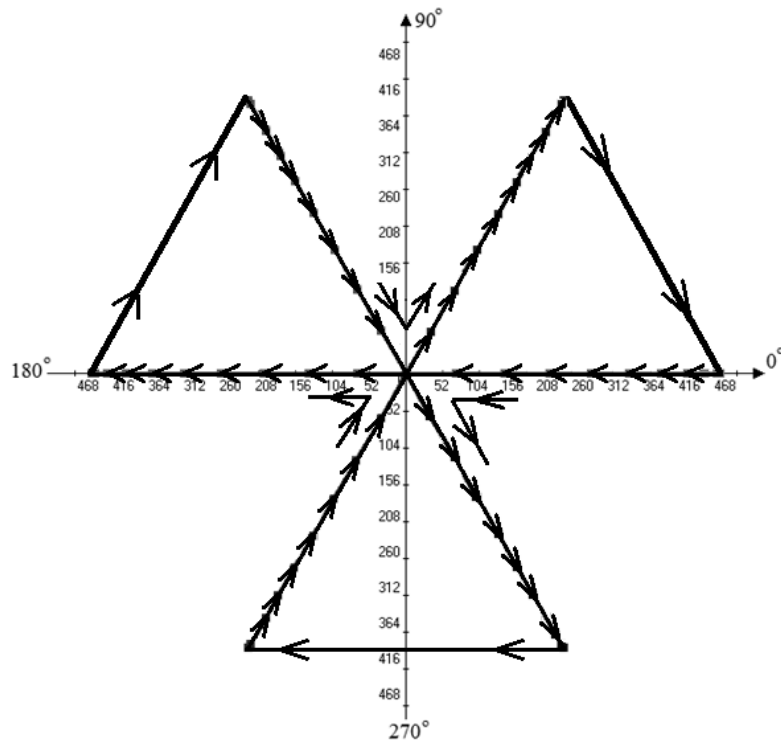


Рисунок 2 - Векторная диаграмма в полярных координатах

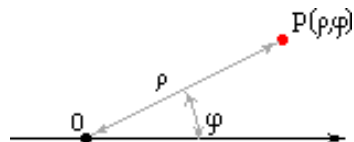


Рисунок 3 – Переход от полярной к декартовой системе координат

По полученным данным построена круговая диаграмма напряжений на статорной обмотке электродвигателя (рисунок 4).

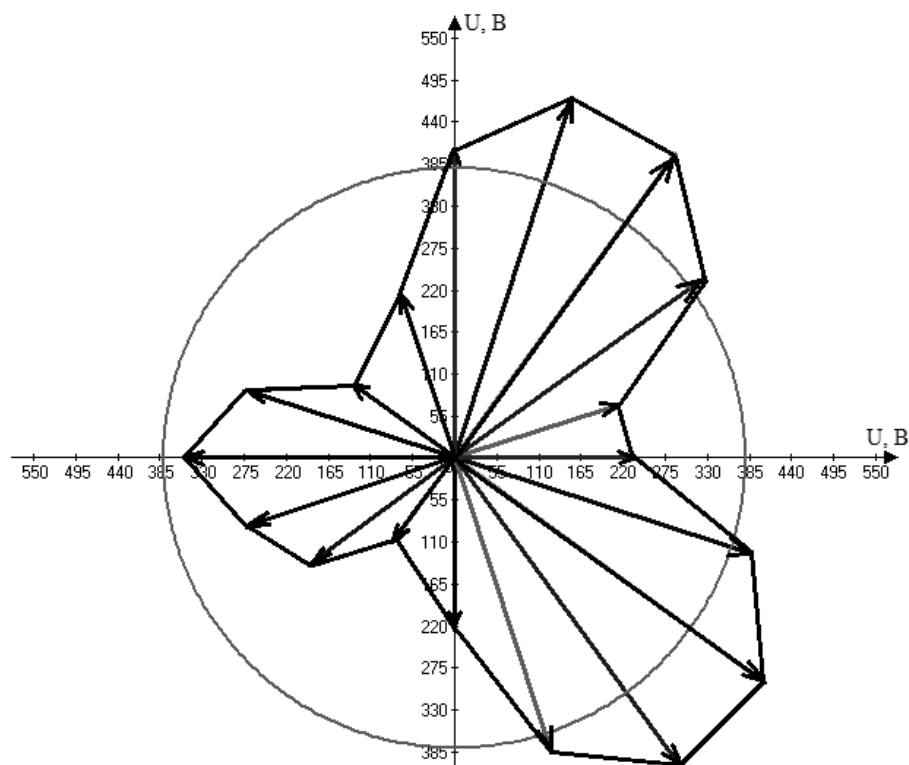


Рисунок 4 - Круговая диаграмма напряжений на статорной обмотке электродвигателя

На рисунке 7 показано:

- длинные стрелки-векторы – значения напряжения в обмотках статора электродвигателя в определенные промежутки времени при подключении трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя к однофазной сети при помощи однофазного частотного регулятора скорости ведомого сетью;

- круг – напряжение в обмотках статора электродвигателя в определенные промежутки времени при подключении трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя к трехфазному источнику питания.

Для расчета развиваемого момента трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя при питании от однофазной сети, при помощи однофазного частотного регулятора скорости ведомого сетью, необходимо произвести расчет и сопоставление площадей полученного многоугольника и круга.

Литература:

1 Андреев, В.П. Основы электропривода [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.П. Андреев, Ю.А. Сабинин. – М. : Госэнергоиздат, 2009.-768 с.

#### СОВМЕЩЕНИЕ МЕТОДА ТЕРМОВАКУУМНОЙ НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ ПРОПИТКИ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ

Борисова Н. П. – студентка, Вытовтов А. А. – студент, Рыбаков В. А. - к. т. н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Необходимым условием безубыточной работы и эффективного функционирования в рыночных условиях любого промышленного предприятия является минимизация всех производственных издержек, которые зависят в большинстве случаев от эффективной работы электрооборудования (ЭО). В процессе эксплуатации электродвигателей общепромышленного назначения на интенсивность старения изоляции, как наиболее «слабого» и уязвимого элемента электродвигателя (ЭД), влияют различные факторы: окружающая среда, режимы работы двигателя, техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), а также текущее состояние



электрической изоляции обмоток.

Процесс восстановления изоляции обмоток электродвигателей может быть условно представлен в виде трех последовательно выполняемых взаимосвязанных этапов:

- предварительного нагрева обмоток ЭД;
- пропитки статорных обмоток;
- сушки после пропитки.

В данной работе будет предложен метод пропитки ЭД, в котором будет совмещено два уже известных метода: ультразвуковой метод и вакуумно-нагнетательный метод. Благодаря чему улучшится пропитка электродвигателей, которая позволит улучшить эффективность и надежность дальнейшей работы ЭД после их ремонта.

Суммируя результаты проведенных теоретических исследований процессов переноса энергии и вещества в капиллярно-пористом теле, каковым является обмотка электрического двигателя, можно сделать вывод, что решение задачи обеспечения высокого качества проникновения пропитывающей жидкости внутрь тела обмотки невозможно без учета явлений адсорбции, диффузии, десорбции. Даже не смачивающие поверхность твердого тела жидкости могут проникать в поры, каналы и капилляры тела обмотки ЭД под действием градиента давления, создание которого возможно за счет вакуума определенной величины.

Ультразвуковое воздействие получило наиболее широкое распространение при реализации технологических процессов, связанных с жидким состоянием реагентов, так как условия ввода ультразвуковых колебаний из колебательных систем с помощью металлических рабочих инструментов в жидкости наиболее благоприятные, по сравнению с введением ультразвуковых колебаний, например, в газовые среды. Обусловлено это тем, что удельное волновое сопротивление жидких сред значительно больше, чем у газов и поэтому, большая мощность излучается из колебательной системы в жидкость при одинаковой амплитуде колебаний инструмента колебательной системы.

Основные задачи исследования:

- научно обосновать выбор метода оценки степени влияния факторов, воздействующих на состояние изоляции электродвигателя в реальных условиях эксплуатации и ремонта, а также разработать механизм и количественно оценить степень данного влияния;
- построить математические модели, описывающие процессы старения и восстановления изоляции электродвигателей, устанавливающие взаимосвязь между параметрами переноса теплоты и массы под действием сил различной природы и значениями показателя качества изделий;
- совместить две методики пропитки электродвигателей;
- выбрать оборудования для проведения данного исследования;
- выявить достоинства и недостатки нового метода пропитки;
- применение данного метода в промышленных условиях.

## УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Авдеев Н.Ю., Сидоркина В.П. – студенты, Попов А.Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Электрическая энергия прочно вошла в нашу жизнь, она находит свое применение во всех сферах жизнедеятельности человека и непосредственно участвует в создании других видов продукции. Поэтому в современном промышленном производстве особое внимание уделяется качеству электрической энергии.

Одной из наиболее часто возникающих проблем с качеством электрической энергии, является низкая величина коэффициента мощности (общепринятое обозначение –  $\cos \varphi$ ).

Низкий коэффициент мощности приводит к следующим негативным последствиям:

- необходимости увеличения полной мощности цеховых трансформаторов, что в свою очередь требует дополнительных капитальных вложений;

- увеличению потерь мощности и напряжения в проводниках, кабелях и шинопроводах;
- излишним затратам на оплату электрической энергии, которая будет выражаться в повышении себестоимости продукции и снижать конкурентоспособность предприятия на рынке производителей;
- дополнительным потерям на нагрев и увлечению падения напряжения в элементах сети.

Повышение коэффициента мощности может осуществляться техническими и организационными методами. К техническим методам относятся:

- использование синхронных двигателей;
- использование синхронных компенсаторов;
- применение статических источников реактивной мощности;
- применение батарей конденсаторов.

К организационным методам относятся:

- упорядочение технологического процесса, ведущее к улучшению энергетического режима, а, следовательно, к улучшению  $\cos \varphi$ ;
- повышение качества ремонта оборудования с сохранением его номинальных данных;
- рациональное построение схем электроснабжения.

Наиболее целесообразным видится применение батарей конденсаторов. Однако встает необходимость компенсации постоянно изменяющейся (к примеру, за сутки, что видно из любого суточного графика нагрузки) величины реактивной мощности. Все более широкое применение получает регулирование мощности конденсаторной батареи путем подключения или отключения ее секций. Регулируемая автоматическая конденсаторная установка компенсации реактивной мощности обеспечивает соблюдение требуемого коэффициента мощности с большой точностью и в широком диапазоне компенсируемой мощности.

Для практической реализации данного метода было принято решение о проектировании устройства, на практике реализующего все достоинства данного способа. Для изготовления схемы устройства встала необходимость использования микроэлектронной вычислительной техники, то есть использования микроконтроллера для автоматизации всех процессов.

Был выбран микроконтроллер фирмы Atmel семейства ATmega, как наиболее распространенные и включающие в себя все необходимые функции для проведения исследования. Работа проводилась с микроконтроллером ATmega1284, который обладает 16 Кб собственной оперативной памятью, требуемой для проведения операций измерения тока и напряжения сети и вычисления коэффициента мощности [4].

Необходимо отметить, что важнейшим критерием, по которому проводился выбор микроконтроллера, является наличие встроенного аналогово-цифрового преобразователя. В данном микроконтроллере находится встроенный 8-ми канальный 10-ти разрядный АЦП, который непосредственно занимается сбором показаний сети. АЦП преобразует напряжение (аналоговый сигнал) в код, над которым микропроцессор и программное обеспечение выполняют определенные действия.

Так для проведения эффективной и чувствительной процедуры компенсации реактивной мощности, количество выборок для одной электрической величины, допустим для напряжения, в период должно составлять не менее 500 в период синусоиды и не менее 2,5 кГц в секунду. Соответственно для мониторинга тока и напряжения потребуется выборка их мгновенных значений со скоростью 5 кГц в секунду. Такое количество выборок было определено степенью точности вычисления  $\cos \varphi$ , а именно с точностью до сотых. Более точное вычисление не представляется целесообразным, так как не несет значимых изменений в составе полной мощности.

Процесс вычисления  $\cos \varphi$  сводится к вычислению разности между пиковыми значениями синусоиды напряжения и тока сети [2]. Данный принцип измерения коэффициента мощности наглядно изображен на рисунке 1.

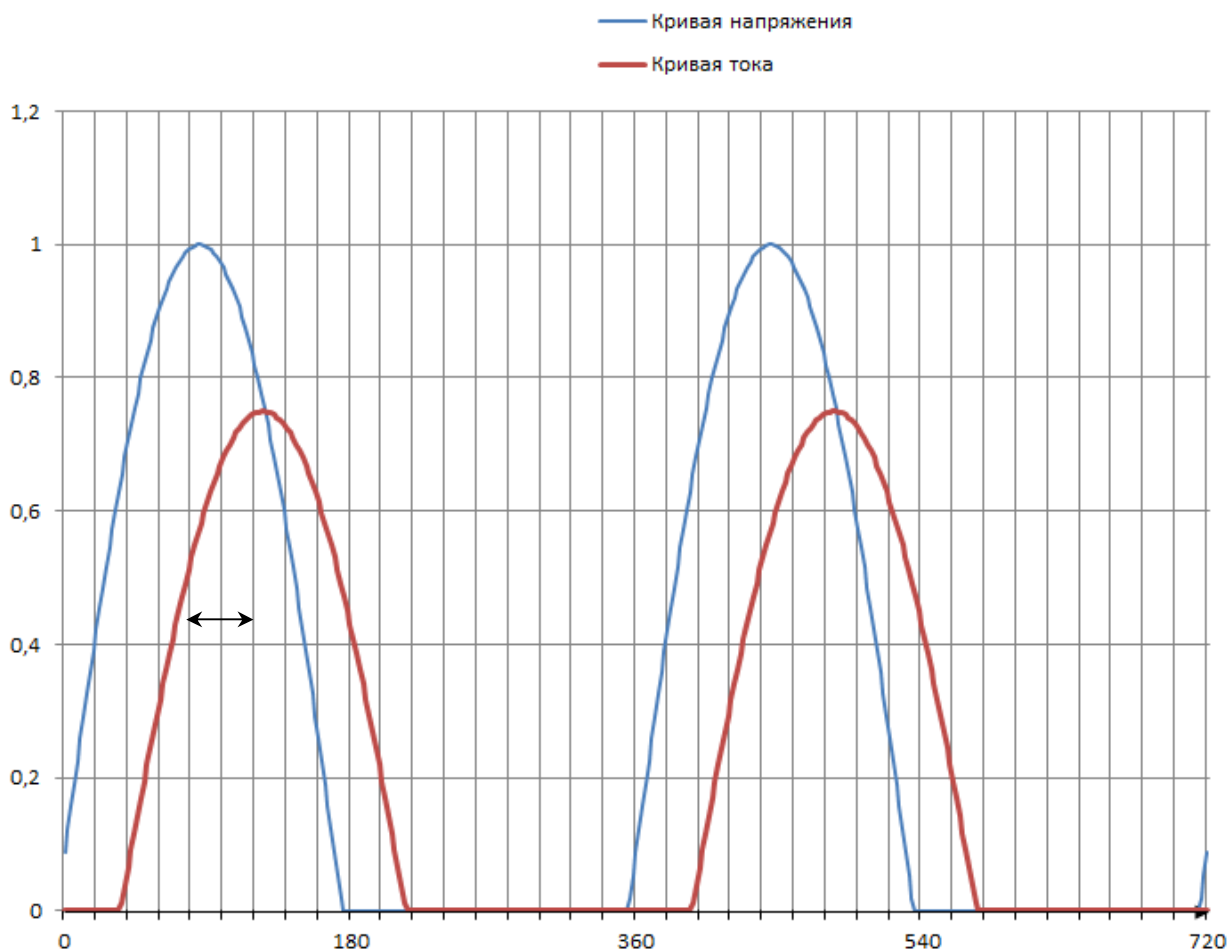


Рисунок 1 – График синусоиды напряжения и тока подводимого к АЦП

На данном рисунке синяя кривая изображает изменение напряжения в сети, а красная кривая – ток. Зная моменты времени, когда амплитудное значение кривой напряжения и тока достигают максимума и, рассчитав их разность, можно узнать фазу сети. Таким образом, косинус угла сдвига кривой тока относительно напряжения и дает искомый коэффициент мощности. За один период синусоиды микроконтроллер выполняет 500 измерений мгновенных значений тока и напряжения. Мы получаем два массива данных, из которых путем попарного сравнения определяются пиковые значения для тока и напряжения. Этим значениям соответствует определенное время, которое можно перевести в угол.

На текущем этапе работы успешно осуществляется мониторинг коэффициента мощности сети. Принципиальная схема устройства представлена на рисунке 2.

Схема питания микроконтроллера выполнена следующим образом. Понижающий трансформатор напряжения  $T_1$  преобразует напряжение сети и на выводах вторичной обмотки выдает 13,5 В. Величина вторичного напряжения была выбрана исходя из параметров стабилизатора, минимальным напряжением работы которого является 10 В. Далее через диодный мост  $VD_1$  и стабилизаторную группу, состоящую из двух конденсаторов  $C_1$ ,  $C_2$  и стабилизатора, переменное напряжение выпрямляется и на вход питания в микроконтроллер поступает 5 В постоянного напряжения, требуемого для его питания [1, 3].

Схема измерения представляет собой два подстроечных резистора  $R_1$  и  $R_2$ , включенных параллельно вторичной обмотки трансформатора. Они выполняют роль делителей напряжения. Их сопротивление выставляется таким образом, что на вход АЦП в микроконтроллере подается напряжение с амплитудным значением 2,5 В. Сопротивление  $R_{ш}$  в цепи второго подстроечного резистора позволяет получить эквивалентное напряжение току сети. Диоды  $VD_2$  и  $VD_3$  срезают отрицательную полуволну.

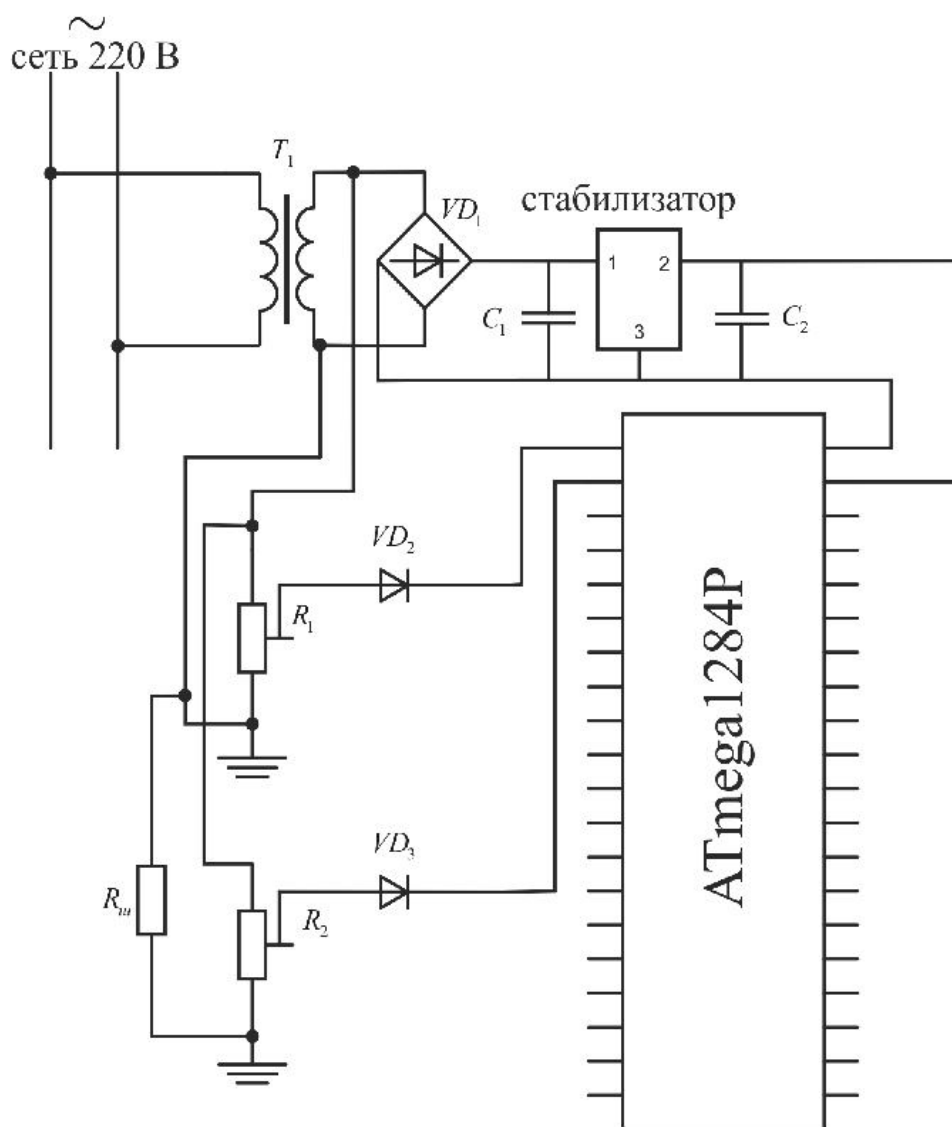


Рисунок 2 - Принципиальная схема устройства

В настоящий момент ведутся работы по проектированию исполнительного блока установки, обеспечивающей включение батарей компенсации в цепь. Параллельно проводится разработка программного кода микроконтроллера для управления секциями батарей. Также, для наглядной демонстрации прибора планируется собрать устройство, которое намеренно будет понижать коэффициент мощности.

#### Литература

1. Граф, Р. Электронные схемы: 1300 примеров [Текст] : пер. с англ. / Р. Граф. – М. : Мир, 1989. – 688 с. : ил. – ISBN 5-03-000735-0
2. Вениаминов, В. Н. Микросхемы и их применение [Текст] : справочное пособие / В. Н. Вениаминов, О. Н. Лебедев, А. И. Мирошниченко. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1989. – 240 с. : ил. – ISBN 5-256-00352-6
3. Карташев, И.И. Управление качеством электроэнергии [Текст] / И. И. Карташев, В. Н. Тульский, Р. Г. Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 320 с.: ил.
4. Геворкян, М. В. Современные компоненты компенсации реактивной мощности [Текст] : справочное издание / М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2003. – 64 с.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Бекетов С.В. – студент, Белицын И.В. – к.п.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Электроустановки высокого напряжения, которые включают в себя воздушные линии электропередач (ВЛЭП) высокого и сверхвысокого напряжения (свыше 220 кВ) являются источником электромагнитного поля (ЭМП). Для точных расчетов, моделирования и прогнозирования электромагнитной обстановки вблизи широкого класса излучающих технических средств – электрических установок необходим метод прогнозирования электрических нагрузок имеющий вероятностный характер [1].

Для возможности использования метода SSA [2-5] для прогнозирования энергопотребления и выработке рекомендаций для его использования на рисунках 2- 4 показаны результаты прогнозирования электропотребления для одной из точек поставки электрической энергии ОАО «Городская электрическая сеть г. Барнаула». Данные о почасовом потреблении электроэнергии приведены для января месяца 2009 года представлены на рисунке 1.

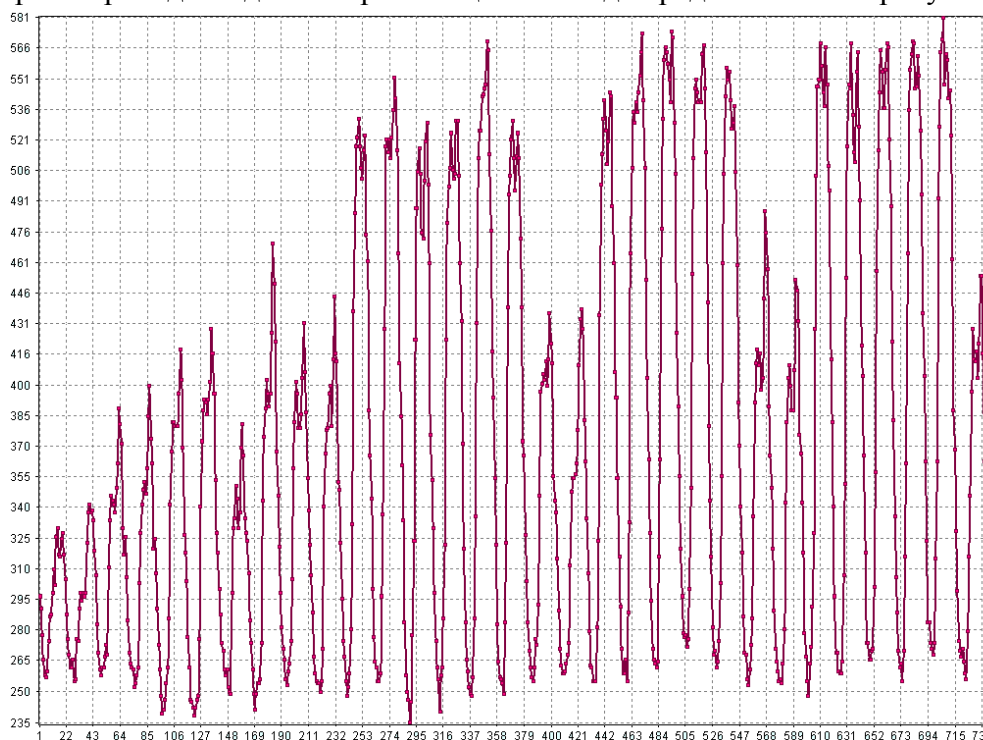
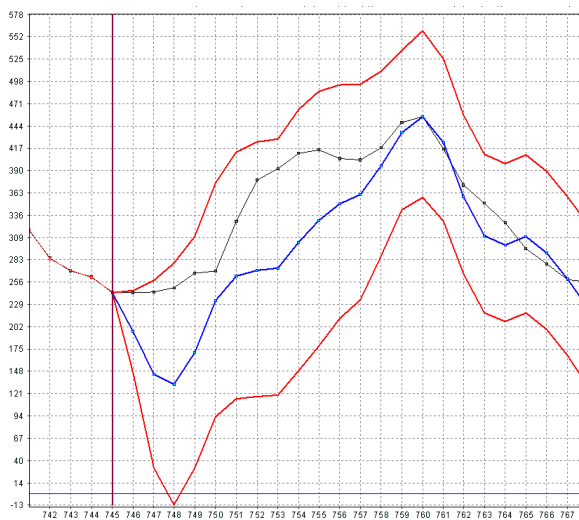


Рисунок 1 – Почасовое потребление электроэнергии за январь 2009 года.

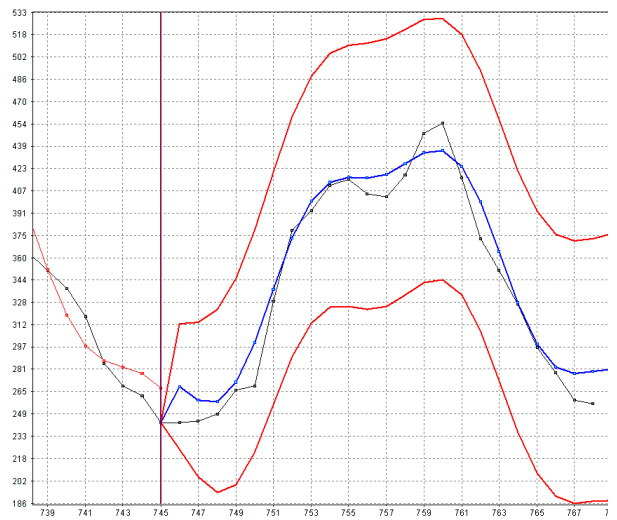
Как было показано выше, большое значение при применении метода спектрального сингулярного анализа играет длина окна. Априорно мы знаем о циклическом изменении потребляемой электрической энергии в течение суток, поэтому для дальнейшего анализа были выбраны следующие длины окна и количество главных компонент:

- для варианта I - 12 (соответствует половине суточного цикла), 10;
- для варианта II - 24 (соответствует суточному циклу), 9;
- для варианта III - 48 (соответствует двум суткам), 9;
- для варианта IV - 168 (соответствует недельному циклу), 9.

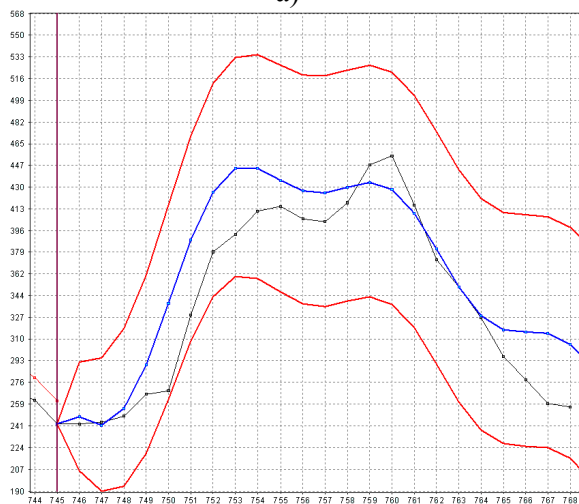
Согласно методу спектрального сингулярного анализа было произведено разложение, восстановление, аппроксимация и прогнозирование электропотребления на следующие сутки 01.02.2009 для выбранных вариантов. Результаты прогнозирования показаны на рисунке 2.



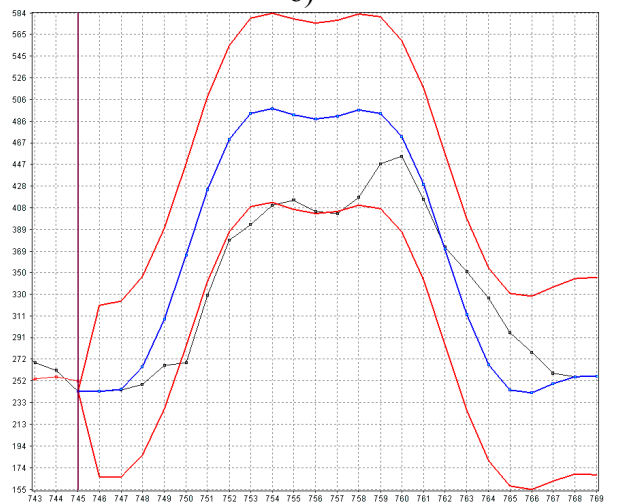
а)



б)



в)



г)

- Исходные данные
- Прогнозируемые данные
- Верхняя граница доверительного интервала
- Нижняя граница доверительного интервала

Рисунок 2 – Прогноз электропотребления

а) для варианта I; б) для варианта II; в) для варианта III; г) для варианта IV

Анализируя прогноз электропотребления с фактическим потреблением, можно сделать вывод, что наиболее точным является прогноз с длиной окна равной 24, в этом случае средняя относительная погрешность составляет 3,22 % и лежит по отдельным прогнозируемым часам в диапазоне от 0,1 % до 8,3 %.

Наихудшие результаты прогнозирования наблюдаются при длине окна 12 и 168, в этом случае средняя погрешность превышает 15 %, что не может считаться удовлетворительным результатом, однако даже такой прогноз находится в границах доверительного интервала.

На рисунках 3, 4 показаны дополнительные статистические графики, характеризующие восстановленный временной ряд при длине окна 24, а именно, исходный и восстановленный ряд, ряд остатков, абсолютные и относительные ошибки осреднения при восстановлении исходного ряда.

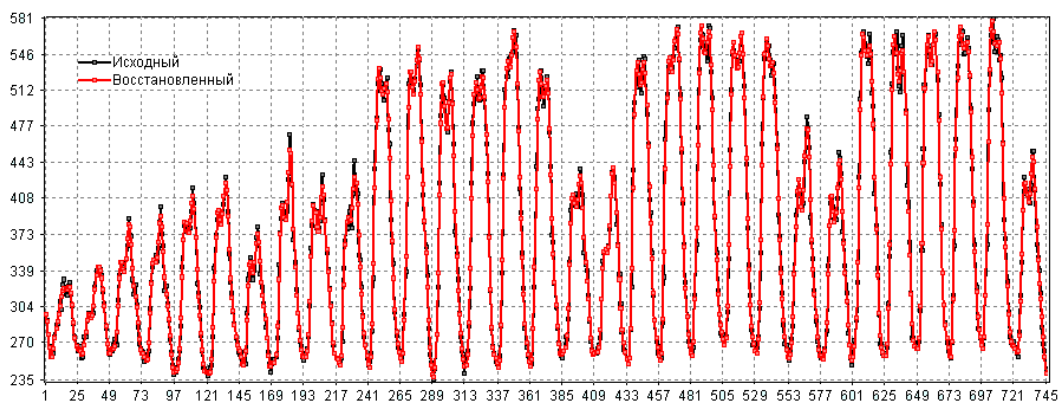


Рисунок 3 – Исходный и восстановленный ряд для варианта I

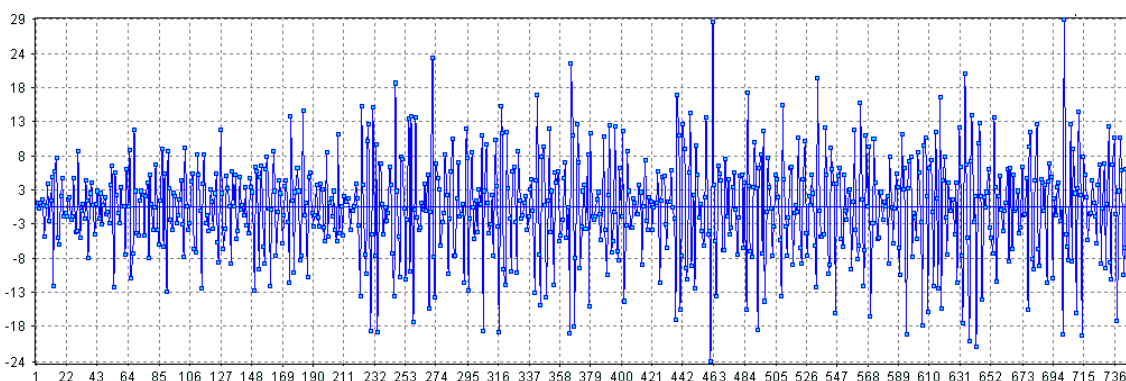


Рисунок 4 – Ряд остатков для варианта I

Из графика ряда остатков видно, что явно выраженные выбросы отсутствуют, поскольку остатки моделирования не выходят за границы трехкратного среднеквадратичного отклонения. Проверка подчиненности нормальному закону распределения по критерию Пирсона показала, что теоретические и эмпирические частоты отличаются не значительно, следовательно, гипотеза о нормальном распределении остатков верна. Тест на белый шум остатков моделирования показал, что спектр остатков не выходит за пределы доверительного интервала, следовательно, это не коррелирующие остатки – белый шум

Выводы: Полученные данные позволяют говорить о том, что метод сингулярного спектрального анализа может быть использован для моделирования и прогнозирования электропотребления. Длина окна, соответствует суточному графику, при которой достигается наименьшая средняя погрешность, не превышающая 3,5%, составляет 24 и может быть использована для прогнозирования энергопотребления в распределительных электрических сетях. Точное количество главных компонент не значительно влияет на точность прогноза, и для распределительных электрических сетей может приниматься равным девяти.

#### Литература

1. Хомутов О.И., Белицын И.В. Вероятностный подход к факторам, влияющим на работу электроустановок, на примере ВЛЭП и ЭД // Ползуновский вестник 2007- № 4. С. 215-223.
2. Воронцов К. В., Егорова Е. В. Динамически адаптируемые композиции алгоритмов прогнозирования. – М.: Искусственный интеллект, 2006. – С. 277 – 280 с.
3. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница» // Под. ред. Д.Л. Данилова, А.А. Жиглявского. СПб: Пресском, 1997. 307 с.
4. Golyandina N., Nekrutkin V., Zhigljavsky A. Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2001. 305 p.
5. Голяндина Н.Э. Метод “Гусеница”-SSA: анализ временных рядов: Учеб. пособие. СПб: Изд-во СПбГУ, 2004. 76 с.

# УСТРОЙСТВО ВЫДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭМП

Дузенко К. – студент, Белицын И.В. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Для мониторинга электромагнитного поля или какой-либо его составляющей необходима совокупность функционально объединенных измерительных преобразователей, размещенных в разных точках контролируемого поля, линий связи, компьютера с аналого-цифровой платой сбора данных, других технических средств, с целью измерений одного или нескольких параметров электромагнитного поля, т.е. измерительная система или виртуальный прибор.

Ниже будет рассмотрено устройство, позволяющее усилить снимаемый сигнал и выделить из него основную гармонику промышленной частоты. На рисунке 1 представлена блок схема устройства.

Усилитель. Поскольку напряжение сигнала с датчиков изменяется в широких пределах, необходимо использовать усилитель с регулируемым коэффициентом усиления. Усилитель должен обеспечивать высокое входное сопротивление для работы с различными датчиками. При использовании дифференциальных датчиков, усилитель должен обеспечивать высокую степень подавления синфазного сигнала.

Данным требованиям соответствует инструментальный усилитель, предназначенный для задач, требующих прецизионного усиления с высокой точностью передачи сигнала.

Инструментальный усилитель относится к классу операционных усилителей с одним принципиальным отличием, связанным с работой исключительно с замкнутыми линейными цепями обратных связей. Поэтому в инструментальных усилителях отсутствует в качестве контролируемого параметра коэффициент усиления с разомкнутой обратной связью. Вместо этого вводятся параметры точности и нелинейности передачи сигналов при выбранных фиксированных значениях коэффициентов усиления по напряжению, обычно, 1, 10, 100, 1000.

Наиболее часто используемая схема измерительного усилителя показана на рисунке 2. Измерительный усилитель представляет собой двухкаскадный усилитель. Первый каскад — дифференциальный усилитель на двух взаимосвязанных неинвертирующих усилителях. Для повышения входного сопротивления входной каскад строят на двух отдельных (независимых) неинвертирующих усилителях. Второй каскад — дифференциальный инвертирующий усилитель. Буферные взаимосвязанные неинвертирующие усилители увеличивают входное сопротивление (импеданс) низкоимпедансного дифференциального инвертирующего усилителя. Резистор R1 - общий для обоих неинвертирующих усилителей.

Модернизацией классической схемы ИУ, является схема AD623 (Рисунок 3) фирмы ANALOG DEVICES. Микросхема AD623 представляет из себя микро мощный инструментальный усилитель общего применения, обладающий прекрасными точностными параметрами.

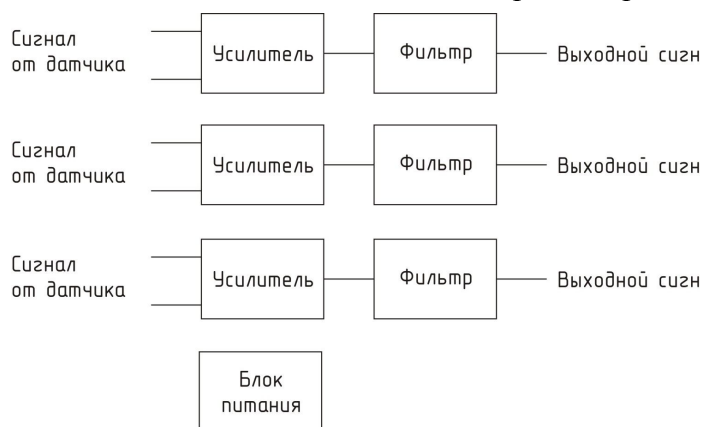


Рисунок 1 - Блок схема устройства

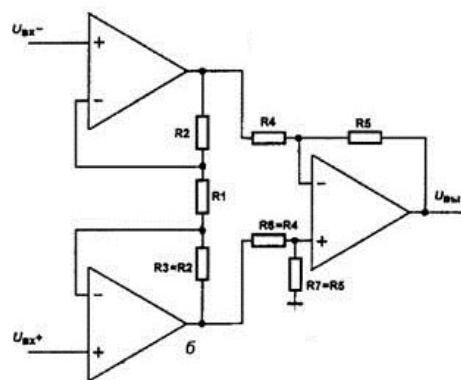


Рисунок 2 - Схема измерительного усилителя



рами. Гибкая структура из трех операционных усилителей и малый размер делают его идеальным для множества применений. Входная цепь с обратной связью по току обеспечивает широкую полосу пропускания даже при высоком коэффициенте усиления (70 кГц при КУ = 100). Три внешних резистора устанавливают один из коэффициентов усиления 1, 10, 100. Внутренние цепи защиты входного каскада выдерживают напряжение до  $\pm 40$  В без повреждения прибора. Лазерная подгонка обеспечивает очень низкое напряжение смещения (50 мкВ), малый дрейф (0.5 мкВ/°С) и высокий коэффициент подавления синфазных входных сигналов (110 дБ при КУ = 1000).

Она наилучшим образом подходит для проектируемой измерительной системы для усиления малых сигналов на фоне высоких синфазных помех.

**Фильтр.** Для получения необходимой характеристики сигнала необходимо использование полосового фильтра.

В качестве пассивных фильтров широко применяются LC-фильтры, т. е. цепи, содержащие реактивности разных знаков. Благодаря резонансным явлениям в таких цепях выделяются колебания, находящиеся в полосе пропускания.

Вместо затрат значительных средств на совершенствование теории, технологии и изготовления LC-фильтров, расширяется тенденция по исключению последних из современной электронной аппаратуры, поскольку интегральные схемы полностью изменили обычные системы и критерии, принятые раньше в разработках. В качестве активного прибора неизменно используется операционный усилитель благодаря своим исключительным свойствам, приемлемой стоимости и быстрой поставке. Термин «активные фильтры» включает множество различных построений схем и методов проектирования, важнейшие из которых можно сгруппировать в следующие три категории:

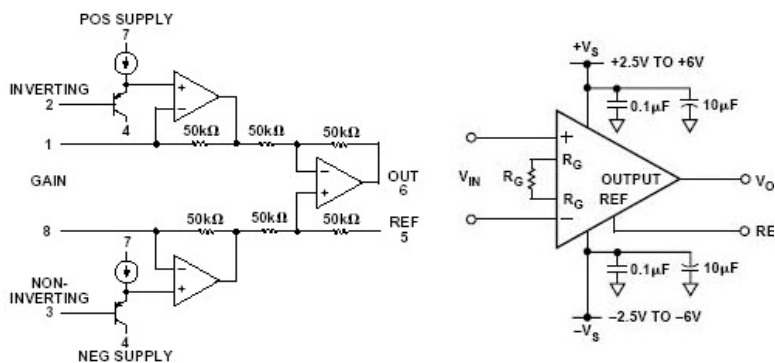
**Каскадное проектирование фильтров.** Здесь подразумеваются изолированные звенья фильтров второго, соединяемые каскадно для реализации требуемых передаточных функций более высокого порядка.

**Имитация LC-фильтров.** Исходной позицией является структура LC-фильтра. Далее она реализуется либо имитацией каждой индуктивности гираторно-конденсаторной цепью, либо преобразованием первоначальной схемы фильтра.

**Связанные фильтры.** В общем случае здесь исходной точкой является каскадное соединение активных фильтров первого и второго порядков (предпочтительно функциональных узлов общего назначения), которые затем охватываются дополнительными петлями отрицательной обратной связи. Последние вводятся для обеспечения в результирующей каскадной структуре активного фильтра той же стабильности, которая достигается в имитируемой схеме LC-фильтра.

**Схемы активных фильтров**

**Схемы на ИНУН.** В фильтрах на ИНУН используется минимальное число элементов (один операционный усилитель на два полюса характеристики), при этом они дают дополнительный выигрыш в виде не инвертирующего коэффициента усиления, низкого выходного полного сопротивления, малого разброса значений параметров, простоты регулировки коэффициента усиления и способности работать при большом коэффициенте усиления или высокой добротности.



а) б)  
Рисунок 3- Инструментальный усилитель AD623:  
а) принципиальная схема, б) условное обозначение

Фильтры, построенные на основе метода переменных состояния. Изображенный на рисунке 4 двухполосный фильтр куда более сложен по сравнению с фильтрами на ИНУН, но он широко применяется благодаря повышенной устойчивости и легкости регулировки. Кроме того, частоту фильтра можно регулировать при неизменном значении добротности  $Q$  (или неизменной полосе пропускания - по выбору) характеристики в полосе пропускания. Как при работе с фильтрами на ИНУН, несколько секций могут быть соединены каскадно для создания фильтров более высоких порядков.

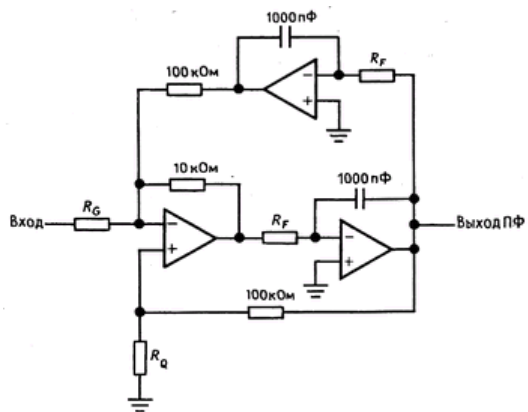


Рисунок 4 - Фильтр, построенный на основе метода переменных состояния

Биквадратные фильтры. Наиболее близко к фильтру на основе метода переменных состояния примыкает так называемый биквадратный фильтр. В этой схеме также используются три ОУ.

Для выбора схемы фильтра будем опираться на следующие условия: минимальное число пассивных элементов; минимальная чувствительность передаточных характеристик к изменению пассивных элементов; простые настройка и способы производства; минимальный разброс номиналов элементов, в частности при использовании гибридно-интегральных (например, тонкопленочных) пассивных элементов.

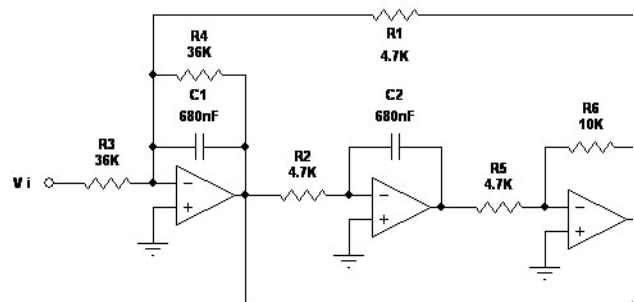
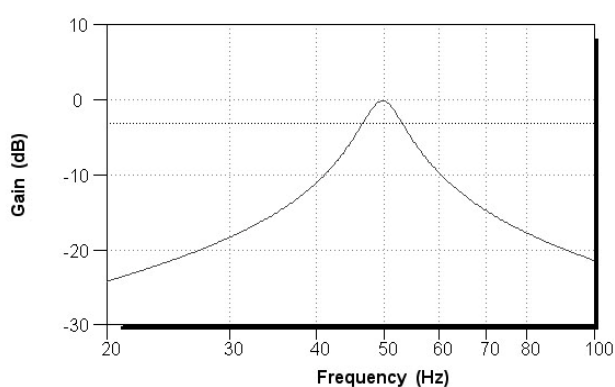


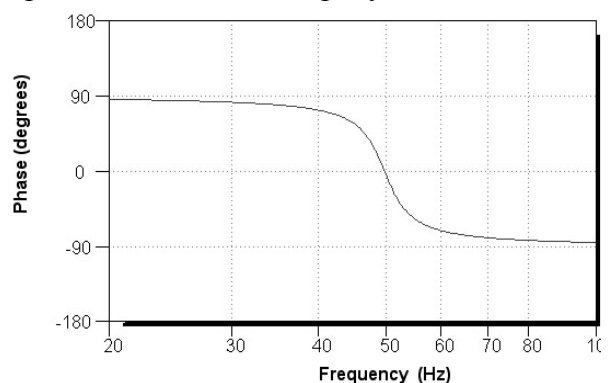
Рисунок 5 - Рассчитанная схема фильтра

За основу фильтра возьмем схему, построенную на основе метода переменных состояния. Расчет схемы по исходным данным производим в программе Filter Wiz Pro. Рассчитанная схема фильтра представлена на рисунке 5.

Амплитудно – частотная и фазо- частотная характеристики показаны на рисунке 6.



а)



б)

Рисунок 6 - Характеристики фильтра

а) амплитудно – частотная характеристика, б) фазо - частотная характеристика

Таким образом, проанализировано и выбрано схемное решение усилителя с фильтром, произведен расчет параметров схемы и получены его характеристики.

## ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ ДАТЧИКА ХОЛЛА

Панин В.В. – студент, Рыбакова А.М. – студентка, Белицын И.В. – к.п.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Одним из основных видов физического эксперимента является измерение индукции магнитного поля, а также величин, связанных с магнитным полем, например потока магнитного поля через заданную поверхность. Известно несколько способов построения магнитометров, основанных на магнитодиодном эффекте, гальваномагнитных явлениях, и др.

Использование в магнитометрах полупроводниковых магниторезисторов основано на магниторезистивном эффекте, или эффекте Гаусса. Использование магнитотранзисторов в качестве чувствительных элементов в магнитометрах основано на явлении изменения коэффициента передачи транзистора под воздействием магнитного поля. Еще один тип магнитометров - холловский, который основан на одноименном гальваномагнитном явлении. Эффект Холла заключается в следующем: в пластине, вдоль которой протекает ток, во внешнем магнитном поле, вектор которого направлен нормально к плоскости пластины, возникает поперечное электрическое поле. Оно характеризуется разностью потенциалов (холловское напряжение), измеряемой между расположенными на продольных гранях пластины электродах.

Датчик Холла обладает наиболее подходящими характеристиками. Имея высокую крутизну (100 мВ/Тл), высокую линейность характеристики преобразования (0,1%) в диапазоне магнитных полей ( $10^{-8} \div 10^{-2}$  Тл), широкий диапазон рабочих температур (вплоть до температуры жидкого гелия), отсутствие фликкер-шума на инфранизких частотах, датчик Холла способен измерять значение магнитного поля с точностью по пространственным координатам до размеров кристалла датчика.

При этом остался открытым вопрос о повышении пространственной разрешающей способности магнитометра. Для этого необходимо ввести более полную связь между холловским напряжением и индукцией магнитного поля. Можно предположить, что напряжение на холловских контактах датчика должно зависеть от магнитного поля во всех точках внутри кристалла. Датчик Холла должен обладать некоторой функцией координат (аппаратной), которая будет описывать степень нелокальности связи между холловским напряжением и распределением магнитного поля внутри кристалла. Конкретный вид аппаратной функции должен определяться геометрией датчика. Решение задачи о нахождении аппаратной функции позволит восстановить распределение магнитного поля внутри кристалла датчика Холла по известной зависимости холловского напряжения от координат, что эквивалентно повышению пространственной разрешающей способности магнитометра. Кроме того, при измерениях датчиком Холла магнитных полей, близких к порогу чувствительности, начинает сказываться влияние остаточного напряжения на показания измерений магнитометра.

При измерении магнитного поля с учетом классических представлений пространственное разрешение датчика Холла определяется площадью его основания, таким образом, при сканировании магнитного поля магнитометр не сможет различить пространственные неоднородности магнитного поля, расположенные на расстоянии меньше размера кристалла датчика и имеющие ширину меньше половины поперечных размеров датчика (длина, ширина). После измерения зависимость холловского напряжения от координат центра датчика не будет соответствовать реальной картине распределения магнитного поля по координатам. Чтобы восстановить распределение магнитного поля по измеренной зависимости холловского напряжения, необходимо в общем виде определить связь между холловским напряжением и распределением магнитной индукции. Решение этой задачи эквивалентно повышению пространственного разрешения датчика Холла.

Чтобы описать характер нелокальности связи холловского напряжения и магнитного поля, введем некоторую характеристическую (аппаратную) функцию, конкретный вид которой определяет качество пространственного разрешения датчика Холла.

$$r(x, y) = 1 + \frac{2a}{\varepsilon} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{\pi m \operatorname{ch}(\pi m)} \sin\left(\frac{2\pi m \varepsilon}{a}\right) \operatorname{ch}\left(\frac{2\pi m x}{a}\right) \cos\left(\frac{2\pi m y}{a}\right)$$

Основными факторами, влияющими на качество пространственного разрешения, будут являться - характерный пространственный размер неоднородности магнитного поля (величина компонент градиента z-проекции магнитного поля на плоскость датчика), шаг позиционирования датчика Холла, вид аппаратной функции.

Полученная аппаратная функция, имеющая резкие максимумы в районе токовых контактов, показана на рисунке 1. С уменьшением размера контактов высота этих максимумов увеличивается, а их ширина уменьшается.

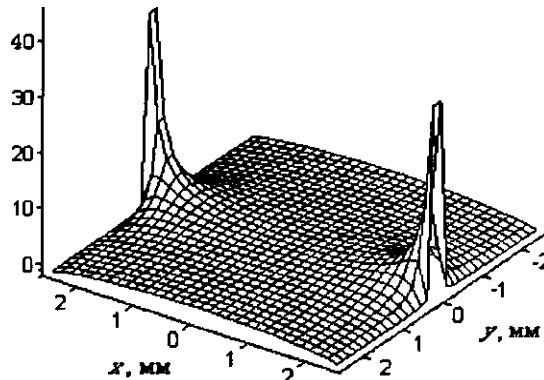


Рисунок 1 - Аппаратная функция датчика Холла

Для восстановления сигнала через аппаратную функцию датчика Холла будем использовать алгоритм регуляризации Тихонова. Структурная схема программы, использующей данный алгоритм, представлена на рис. 2.

Блок 1. Производится расчет аппаратной функции датчика Холла по формуле с заданными параметрами длины датчика, числа разбиений для датчика и числа гармоник

$$r(x, y) = 1 + \frac{2a}{\varepsilon} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{\pi m \operatorname{ch}(\pi m)} \sin\left(\frac{2\pi m \varepsilon}{a}\right) \operatorname{ch}\left(\frac{2\pi m x}{a}\right) \cos\left(\frac{2\pi m y}{a}\right)$$

для аппаратной функции.

Блок 2. Производится расчет распределения поля между двумя тонкими, бесконечно длинными проводниками с заданными параметрами плотности тока, числа разбиений для области сканирования, длины датчика и его расположения над образцом

$$B(x, z) = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left( \frac{(x + \delta)^2}{((x + \delta)^2 + z^2)^2} - \frac{(x - \delta)^2}{((x - \delta)^2 + z^2)^2} \right)$$

Блок 3. Вычисляется правая часть уравнения

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} r(x - x', y - y') B(x', y') dx' dy' = u_H(x, y), \quad -\infty < x, y < +\infty.$$

Блок 4. Включает в себя задание начальных данных для реализации метода регуляризации Тихонова, поиск оптимального решения.

Блок 5. Моделирует различные виды искажений сигнала (расфокусировка, смаз, шум).

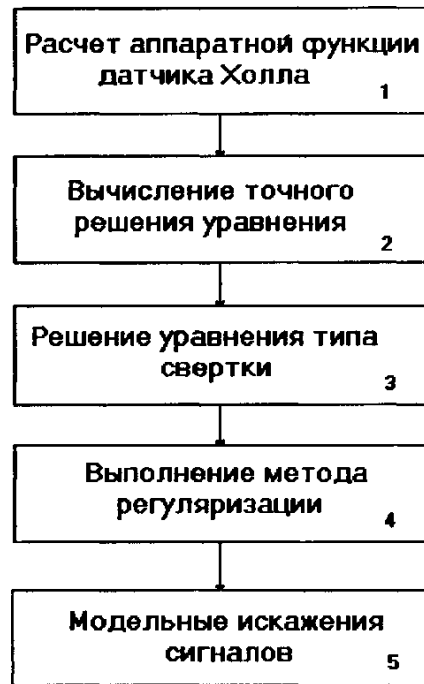


Рисунок 2 - Структурная схема программы восстановления распределения магнитного поля

Список использованных источников

1. Кучис Е.В. Методы исследования эффекта Холла. М.: Сов. Радио, 1974. 388 с.
2. Аресин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. М.: Наука, 1984. 386 с.
3. Афанасьев Ю.В., Студенцов Н.В. Средства измерения параметров магнитного поля. Л.: Энергия, 1979. 320 с.
4. Игнатъев В.К., Протопопов А.Г. Сканирующий магнитометр. ПТЭ, 2002. №3. с. 163.

#### ОПТИМИЗАЦИЯ ВИХРЕВОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА НАГРЕВА ЖИДКОСТИ

Резников Д.А. – студент, Белицын И. В. – к.п.н., доцент

Алтайский государственный университет имени И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Все гидродинамические теплогенераторы, несмотря на многообразие их конструкций, отличаются двумя общими особенностями.

Во-первых, в качестве рабочего тела в них используется только жидкость, преимущественно – вода. Во-вторых, вода подвергается специальной механической обработке – механоактивации.

Именно в результате специальной механической обработки происходит нагревание рабочего тела – воды и производство тепла теплогенератором. Процесс механоактивации, независимо от конкретных способов его осуществления, заключается в том, что воду путем механического воздействия на нее приводят в состояние сложного неравномерного движения.

Выбор вида движения, сообщаемого воде, производится эмпирически, как правило, по принципу «чем сложнее, тем эффективней».

Сколько-нибудь содержательных теорий на этот счет не существует. Различные виды теплогенераторов отличаются между собой, в основном, способами формирования неравномерного потока рабочего тела.

Число предложенных к настоящему времени формирователей потока настолько велико, а их конструкции настолько разнообразны и неоднородны, что с трудом поддаются содержательной систематизации.

Тем не менее, при самом общем подходе, во всем многообразии конструкторских решений можно выделить три существенно различающиеся между собой разновидности теплогенераторов:

- пассивные тангенциальные,
- пассивные аксиальные и
- активные.

К пассивным здесь отнесены теплогенераторы статического типа, не содержащие подвижных частей в устройствах формирования потока жидкости. Механическая активация рабочего тела в этих генераторах происходит в процессе и в результате взаимодействия движущейся жидкости с неподвижными элементами рабочей камеры, выполненными и расположенными таким образом, чтобы наиболее эффективно формировать поток с резко выраженной нелинейностью пространственного распределения мгновенных скоростей жидкости как по величине, так и по направлению.

Принцип действия пассивного теплогенератора в значительной мере определяется способом ввода потока жидкости в его рабочую камеру – тангенциальным или аксиальным, поэтому генераторы этого вида целесообразно разделить на две подгруппы: с тангенциальным и с аксиальным вводами потока.

К активным здесь отнесены теплогенераторы динамического типа, в которых механическая активация рабочего тела происходит в результате воздействия на жидкость подвижных активирующих элементов генератора – вращающихся, колеблющихся или совершающих сложное движение.

Способ ввода потока жидкости в рабочую камеру активного теплогенератора не имеет принципиального значения и не использован в качестве классификационного признака.

Более существенным для этой разновидности генераторов является характер движения подвижного активирующего элемента.

Пассивный гидродинамический теплогенератор с тангенциальным вводом потока жидкости, часто называемый вихревым, фактически является модификацией широко известной вихревой трубы [1], основанной на эффекте Ранка-Хильша и предназначенной для охлаждения газового потока.

Основное отличие вихревого теплогенератора от вихревой трубы Ранка состоит в замене газообразного рабочего тела (воздуха) жидким – водой [2]. Существенными элементами этого генератора служат струезакручивающий аппарат 1, рабочая или вихревая камера 2 с выходным патрубком 3 и тормозное устройство 4 (см. рис.1). Иногда теплогенератор дополнительно содержит перепускную магистраль 5.

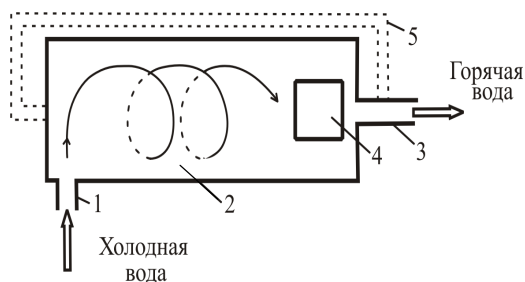
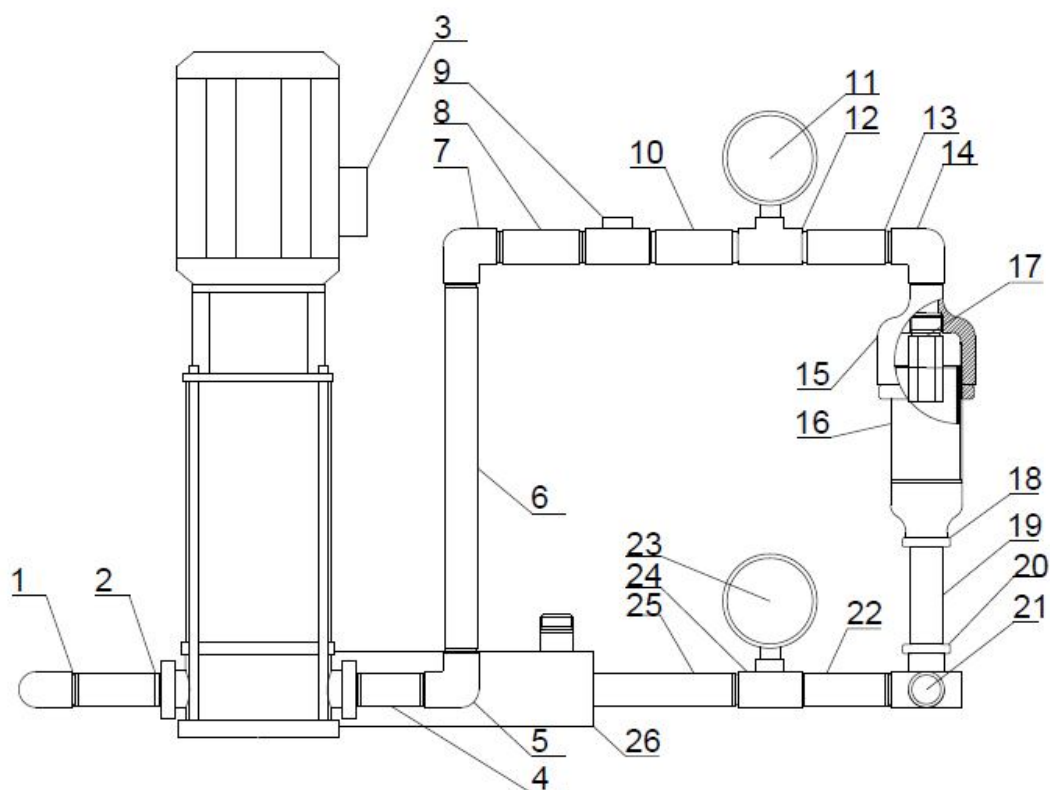


Рисунок 1

В простейшем случае струезакручивающий аппарат генератора выполнен в виде входного патрубка, обеспечивающего тангенциальный ввод потока холодной воды из нагнетательного насоса в пристеночную область цилиндрической вихревой камеры. В вихревой камере тангенциально введенный поток закручивается, ускоряется и, вращаясь, движется вдоль камеры по направлению к выходному патрубку, где тормозится тормозным устройством и поступает наружу потребителю через выходной патрубок.



1,5,7,14 - уголки; 2,6,8,10,13,19,22 - трубы, создают замкнутый контур; 3 - насос, для обеспечения постоянного давления; 4 - обратный клапан, для одностороннего протекания жидкости; 9,12,24 - тройники; 11,23 - манометры; 15,16 - стакан; 17 - завихритель; 18,20 - контр-гайки; 21 - четверник, для подключения к системе водоснабжения; 26 - теплоотводник.

Рисунок 2

Авторами был спроектирован в построен вихревой теплогенератор на основе тангенциального ввода рабочей жидкости, основные узлы и детали которого показаны на рисунке 2. В настоящее время ведутся его испытания.

#### Список использованных источников

1. Г. Ранк. Патент США US 1952281, 1934 г.
2. Дж.Л. Григгс. Патент США US 5188090, 1993 г.

#### УЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛА ПО ДАННЫМ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ

Уразов Д.Ю. – аспирант, Смолко Ю.Н. – аспирант,  
 Барбашин А.М. – к.т.н., доцент, Лавров С.В. – к.т.н., доцент,  
 Шишацкий Ю.И. – д.т.н., профессор, Шитов В.В. – д.т.н., профессор  
 Воронежская государственная технологическая академия (г. Воронеж)

В настоящее время при непрерывном росте цен на топливо и соответственно росте стоимости электрической и тепловой энергии актуально энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве, промышленности и других секторах экономики.

Энергосбережением активно заинтересованы сектора пищевой промышленности, мясоперерабатывающие и молокоперерабатывающие предприятия, предприятия по переработке рыбы и др. На этих предприятиях основным потребителем электроэнергии являются холодильные машины, вырабатывающие холод для замораживания и хранения перерабатываемого сырья.

В связи с этим был предложен энергосберегающий проект управления системой учета потерь тепла в холодильных камерах. Температура поверхностей строительных конструкций зависит от теплофизических свойств их материалов, наличия теплопроводных включений,

как конструктивно обусловленных, так и случайных, являющихся технологическими или конструктивными дефектами и др. Если пользоваться традиционными методами управления учета потерь холода, то для определения теплофизического состояния утепляющих конструкций холодильной камеры необходимо установить несколько сотен или тысяч термодатчиков. Естественно, большая трудоемкость и высокая стоимость такой работы затрудняет осуществление необходимого контроля теплофизических свойств во время постоянной работы камеры. Теперь на вооружении специалистов имеется эффективный метод контроля и определения пространственного распределения тепловых потоков (температур) по поверхности утепляющих конструкций холодильной камеры, основанный на применении прибора под названием «тепловизор». Он одновременно, на одном кадре, регистрирует более 65 000 значений температур, усредненных на площади в несколько квадратных сантиметров.

Тепловизор позволяет получить тепловой «портрет» теплоизолирующих конструкций холодильной камеры, проанализировать изображение на компьютере и принять экспертное заключение по способу теплоизоляции конструкции. После компьютерной обработки изображения и распечатки тепловые «портреты» могут являться официальными документами состояния теплоизоляционной конструкции холодильной камеры.

Тепловизионному контролю подвергаются внутренние и наружные поверхности ограждающих конструкций холодильных камер, так как для комплексного обследования зданий и сооружений необходим полный анализ теплопритоков или теплооттоков в или из холодильной камеры.

Управление системой учета потерь холода решает широкий спектр задач по выявлению дефектов обшивки и утеплению холодильных камер:

- конструктивных, технологических, эксплуатационных и строительных дефектов стеновых панелей;
- недостаточно утепленных строительных конструкций;
- дефектов кирпичной кладки;
- дефектов перекрытий и покрытий;
- нарушений швов и стыков между сборными конструкциями;
- утечек холода через двери холодильной камеры, вследствие плохого утепления дверей;
- утечек холода через конструкции и стыки чердачных конструкций;
- утечек холода через системы вентиляции;
- выявление участков с повышенным влажностью.

Следовательно, метод тепловизионного управления контроля качества теплозащиты позволяет определять места и размеры участков, подлежащих ремонту для восстановления требуемых теплозащитных качеств.

Качество тепловизионного обследования зависит от многих факторов, определяющих погрешность регистрации температурного поля поверхности измеряемых конструкций. Методические погрешности регистрации температурного поля могут быть вызваны изменением состава регистрируемого инфракрасного излучения и отклонением температурного поля на поверхности от температурного поля, определяемого установившимся режимом теплопереноса.

При термографировании оптическая ось тепловизора часто оказывается не перпендикулярной к обследуемой поверхности, а плотность энергии излучения поверхности прямо пропорциональна косинусу угла между нормалью к поверхности и направлением оптической оси. На измеряемое излучение поверхности исследуемого объекта в значительной степени влияет тепловое воздействие посторонних источников тепла. При этом учесть влияние излучения посторонних тепловых источников крайне трудно. Если же солнце освещает поверхность объекта, пусть даже кратковременно, например, периодически скрываясь за облаками, то термографирование иногда проводить нецелесообразно. Этот вопрос особенно актуален при тепловизионном обследовании внешних поверхностей зданий и сооружений.

Наличие конденсата на поверхности ограждения в виде влаги или инея меняет теплопроводность поверхностного слоя ограждения, делает температурное поле более изотермич-



ным и может менять коэффициент черноты поверхности. Перечисленные факторы учесть крайне сложно в реальных условиях. Следовательно, при наличии конденсата в виде инея или влаги на поверхности объекта проводить термографирование нецелесообразно. Другой причиной возникновения погрешностей являются флуктуации параметров ветра, которые приводят к изменению условий теплообмена между наружным воздухом и поверхностью объекта.

Погрешность тепловизионных измерений существенным образом зависит от степени черноты обследуемой поверхности. Это обусловлено законами физики. Зная величину теплового потока излучения и излучающую способность поверхности, можно определить и температуру этой поверхности.

При съемке ограждающих конструкций зданий и сооружений также необходимо учитывать атмосферные условия в момент измерения, особенно положение солнца на небосводе.

Таким образом, тепловизионные измерения наружных поверхностей холодильной камеры проводят в летний или переходный периоды в соответствии с нормами, установленными государством. В случае отсутствия проектно-технической документации, они проводятся при температурном перепаде воздуха во внутренних и внешних помещениях не менее 150°С. Измерения должны проводиться при отсутствии атмосферных осадков, тумана, задымленности воздуха, инея на поверхностях, прямого солнечного облучения поверхностей.

Также обследуемые поверхности не должны находиться в зоне любого солнечного облучения за 12 часов до начала измерений.

Места установки тепловизионной камеры выбирают таким образом, чтобы поверхность объекта измерений находилась в прямой видимости под углом наблюдения. На плане застройки отмечают выбранные точки съемки. Объект фотографируют, регистрируют нарушения и дефекты наружных поверхностей ограждающих конструкций, а также участки, требующие уточнения данных.

Одновременно с тепловизионной съемкой наружных поверхностей здания происходит регистрация метеоусловий - измеряется температура воздуха, направление и скорость ветра. Измерения проводят также и во внутренних помещениях - температура, подвижность и влажность воздуха.

Затем определяют термическое сопротивление теплоизолирующих конструкций, плотность проходящего через конструкцию теплового потока.

Когда измерения проведены, полученные термограммы обрабатываются и сравниваются с расчетными данными.

После этого ведутся работы по расчету потерь холода в холодильной камере, на основе которых делается заключение о количестве полезной энергии отдающей окружающей среде, а также делаются технико-экономические расчеты по целесообразности утепления холодильной камеры или отдельных ее участков.

#### Литература:

1. Шитов, В.В. Управление системой учета потерь холода в холодильных камерах по данным тепловой диагностики [Текст] / В.В. Шитов, А.Н. Рязанов, И.С. Назаров, Ю.Н. Смолко // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. – 2010. - №2. – С. 27-29.