

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И. И. ПОЛЗУНОВА»
ООО «МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ»

ЭНЕРГЕТИКА ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ

Сборник статей



ООО «МЦ ЭОР»
Барнаул - 2017

Внимание! Данный файл предназначен для изготовления печатной копии электронного издания. Библиографическое описание и выходные данные актуальны для электронного издания сетевого распространения - <http://mceor.ru/altgtu/17009c>.

УДК 621.31

Энергетика глазами молодых [Электронный ресурс] : сборник статей / сост. С. О. Хомутов [и др.]. – Барнаул : ООО «МЦ ЭОР», 2017. – Режим доступа: <http://mceor.ru/altgtu/17009c> - 24.05.2017. - Загл. с экрана.

ISBN 978-5-9907546-3-8

В сборнике представлены статьи студентов и преподавателей средних и высших учебных заведений Алтайского края и Новосибирской области Российской Федерации, Республики Казахстан и Республики Таджикистан, принявших участие в работе краевой научно-практической конференции с международным участием «Энергетика глазами молодых» в рамках II Всероссийского фестиваля по энергосбережению «#ВместеЯрче».

Конференция проходила с 24 апреля по 5 мая 2017 года в ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» на базе энергетического факультета и кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» при участии Краевого государственного бюджетного учреждения дополнительного образования «Краевой центр информационно-технической работы» (КЦИТР) и организационной поддержке Методической школы им. О. И. Хомутова.

Материалы изданы в авторской редакции.

Редакционная коллегия (составители):

С. О. Хомутов, доктор технических наук, профессор, декан энергетического факультета, заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ;

В. Я. Федянин, доктор технических наук, профессор кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод» АлтГТУ;

И. А. Гутов, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ (координатор конференции);

В. И. Сташко, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ.

ISBN 978-5-9907546-3-8

© ООО «МЦ ЭОР», 2017

© С. О. Хомутов, В. Я. Федянин, И. А. Гутов, В. И. Сташко, 2017

Содержание

Аджиков Х.Ф. – студент группы Э-32, Лунин Г. М. – студент группы МСТУ-41, Бахтина И. А. – к.т.н., доцент. Определение потенциала солнечной энергетики Республики Таджикистан ...	6
Березанских А. В. – студент группы Э-31, Шипицына Е. В. – доцент. Энергосбережение в муниципальных учреждениях Алтайского края	10
Бокарев В. С. – студент группы 8Э-61, Мартко Е. О. – к.т.н., доцент. Снижение собственных нужд подстанции за счет применения теплового насоса	13
Брындин А. И. – студент группы 8Э-61, Гизбрехт О. П. – студент группы Э-31, Белицын И. В. – к.п.н., доцент. Разработка системы заблаговременного обнаружения токов короткого замыкания	19
Булгакова Т. А. – студент группы Э-31, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент. Особенности проведения планово-предупредительных ремонтов на объектах электроэнергетики	27
Вакуленко С. В. – студент группы Э-31. ВІМ-проектирование как новый этап в развитии проектирования инженерных систем	31
Востриков Е. В. – аспирант, Сологубов А. В. – студент группы 8Э-63. Система антиобледенения главного корпуса Алтайского государственного технического университета	35
Гизбрехт О. П. – студент группы Э-31, Брындин А. И. – студент группы 8Э-61, Белицын И. В. – к.п.н., доцент. Разработка активной конструкции солнечного коллектора	42
Гизбрехт О. П. – студент группы Э-31, Белицын И.В. – к.п.н., доцент. Пирамидальная поверхность в качестве селективного покрытия для солнечных коллекторов	45
Дедов С. И. – студент группы ЭММ-63, Штанг А. А. – к.т.н., доцент. Энергетическая установка гибридомобиля с электрохимическим накопителем и конденсатором двойного электрического слоя	47
Дорожкин М. В. – студент группы 8ПС -51, Коротких В. М. – к.т.н., профессор. Определение частотных характеристик электрических цепей с помощью косвенных электрических измерений	50
Еремочкин К. С. – студент группы С-41, Еремочкин С. Ю. – к.т.н., доцент. Рациональное использование электрифицированных машин при однофазном электроснабжении	53

Жиляков Д.А. – студент группы 8Э-61, Попов А.Н. – к.т.н., доцент. Разработка методического и аппаратного обеспечения для выявления приборов учета с дистанционным управлением количеством потребляемой электроэнергии	56
Жумагажинов А.Т. – аспирант, Федянин В. Я. – д.т.н., профессор. Кинетика метанового сбраживания в реакторах с периодической загрузкой	62
Королёв Д. А., Титова А. А. – студенты группы 8Э-63, Еремочкин С. Ю. – к.т.н., доцент. Полупроводниковое устройство регулирования трехфазного асинхронного электродвигателя	65
Крюков Д. Н. – аспирант, Федянин В. Я. – д.т.н., профессор. Создание эффективных систем энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии Алтайского края	67
Логутенко Н. С. – студент группы ЭММ-63, Бирюков В. В. – к.т.н., доцент. Вентиляционные агрегаты метрополитена	73
Малков И. С. – студент группы Э-31, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент. Оценка ущерба от перерывов электроснабжения при проектировании электрических сетей	77
Марков Д. А. – студент группы Э-31, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент. Оценка эффективности методов диагностики силовых трансформаторов	81
Мартыненко В. А. – студент группы Э-31, Шипицына Е. В. – доцент. Экономические аспекты энергетики	85
Рыбалкина Т. И., Рязанова Е. Д. – студенты группы Э-64, Дедяев К. Е. – ассистент, Стальная М. И. – к.т.н., профессор. Минимизация суммы состоящей из нескольких алгебро-логических элементов	88
Рыбалкина Т. И., Рязанова Е. Д. – студенты группы Э-64, Дедяев К. Е. – ассистент, Стальная М. И. – к.т.н. профессор. Минимизация алгебро-логических формул, состоящих из произведения скобок с логическими суммами	91
Самсонова Н. Ю. – студент группы Э-31, Попов А. Н. – к.т.н., доцент. Разработка комплексной системы охранной сигнализации как элемент «Умных сетей»	94
Свит С. Н. – студент группы 8Э-61, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент. Прогнозирование технического состояния силовых трансформаторов	98
Серебряков Н. А. – студент группы 8Э-51, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент. Применение нейросетевой модели для оперативного прогнозирования потребления электроэнергии	102

Столков А. С. – студент группы 8Э-61, Сташко В. И. – к.т.н., доцент. Разработка экономичной системы уличного освещения для нужд сельского муниципального образования	109
Титова А. А., Королёв Д. А. – студенты группы 8Э-63, Еремочкин С. Ю. – к.т.н., доцент. Моделирование характеристик работы электропривода с регулируемым транзисторным редуктором	
Тюкалова А. Д. – студент группы Э-31, Годецкая Т. Е. – старший преподаватель. Повышение энергетической эффективности в сфере тепловой энергетики ...	113
Хан Г. В. – студент группы Э-34, Иванов И. А. – студент группы Э-44, Стальная М. И. – к.т.н., профессор. Полупроводниковый элемент памяти для кодовых систем защиты	116
Часовщиков Д. Г. – аспирант, Сологубов А. В. – студент группы 8Э-63, Гусейнова С. А. – аспирант. Электрический аппарат тепловой обработки зернового материала	120
Шарипов Н. Б. – стажер, Федянин В. Я. – д.т.н., профессор. Низкопотенциальное тепло поверхностных слоев земли – доступный источник теплоснабжения в условиях юга Западной Сибири	125
Шевелев И. В. – студент группы Э-31, Компанеец Б. С. – к.т.н., доцент. Методика определения мест повреждений воздушных линий электропередачи	129
Шишкин П. В. – студент группы П-Э(с)-31, Гутов И. А. – к.т.н., доцент. Энергосбережение в сельских районах Алтайского края	134

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Аджиков Х. Ф. – студент группы. Э-32, Лунин Г. М. – студент группы МСТУ-41,
Бахтина И. А. – к.т.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»
КГБПОУ «Алтайский архитектурно-строительный колледж»

После мирового энергетического кризиса в 70-х годах прошлого столетия началось развитие нетрадиционной и возобновляемой энергетики. В настоящее время суммарная мощность действующих энергоустановок на возобновляемых источниках энергии составляет около 600 ГВт, что почти в два раза больше мощности всех атомных электростанций в мире и приблизительно в три раза больше мощности всех электростанций России. Особенно актуально развитие возобновляемой энергетики для тех стран, в которых мало запасов природных ресурсов (нефти, газа, угля и т.д.), которые являются топливом для станций традиционной энергетики. Одной из таких стран является Республика Таджикистан. 98 % территории Таджикистана занимают горы, поэтому из всех возобновляемых источников энергии (ветер, солнце, гидроэнергетика, геотермальная энергия и низкопотенциальное тепло земли) наиболее доступным для республики является солнечная энергетика.

Республика Таджикистан расположена между 37 и 41 градусами северной широты и полностью входит в так называемый «мировой солнечный пояс» (45° с.ш. – 45° ю.ш.). По данным статистических наблюдений количество солнечных дней в году в республике составляет в среднем 280 – 330, интенсивность солнечной радиации в большинстве районов достигает 1000 Вт/м², а годовая сумма радиации превышает 2000 кВт/м². Количество годовой суммарной радиации в Таджикистане в два раза больше, чем в средней полосе Европы, где использование солнечной энергии носит самый широкий характер.

По укрупнённым оценкам потенциал солнечной энергии республики составляет около 25,16 млрд. кВт·ч/год и может удовлетворить 10-20 % спроса на энергоносители. Как известно, КПД солнечных установок (элементов) в настоящее время невелики и составляют 12-18 %. Однако, ввиду сравнительно большого потенциала солнечной энергетики, даже при низком КПД за счёт энергии Солнца можно обеспечить общие потребности населения на 60-80 % в течение, по меньшей мере, десяти месяцев в году на всей территории Таджикистана. Поэтому в настоящее время программы развития электроэнергетики Республики Таджикистан рассматривают развитие солнечной энергетики как наиболее перспективное направление.

Основными исходными данными для оценки потенциала солнечной энергетики и выбора наиболее оптимального места для размещения солнечной электростанции (СЭС) является количество суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных

условиях облачности, которые являются справочными данными [1]. Для Республики Таджикистан они приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, для характерных районов Республики Таджикистан

Город, пункт	месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Кайрак-Кумское водохранилище	216	280	418	561	722	833	839	760	601	408	245	164
Курган-Тюбе	188	268	389	528	691	812	837	823	616	427	264	172
Ледник Федченко	272	354	532	718	846	917	892	754	654	458	316	243

Однако для выбора наиболее оптимального района для размещения СЭС необходимо оценить продолжительность солнечного сияния в течение суток за месяц и за год. Методика расчёта изложена в [2]. Исходными данными являлись суммарная солнечная радиация, представленная в таблице 1 и координаты расположения районов (таблица 2).

Таблица 2 – Координаты характерных районов Республики Таджикистан

Район	Широта	Долгота
Кайрак-Кумское водохранилище	41°15'44" с.ш.	69°47'28" в.д.
Курган-Тюбе	37°50'02" с.ш.	68°46'54" в.д.
Ледник Федченко	39°15' 37" с.ш.	72,2°46'54" в.д.

По методике, изложенной в [2] были произведёны расчёты склонения солнца δ , часового угла солнца ω и продолжительности солнечного сияния в течение суток T_c в точке А с координатами (ϕ , ψ) в рассматриваемые сутки по месяцам и в течение года. По результатам выполненных расчётов для всех вышеприведённых характерных районов Республики Таджикистан построены зависимости, представленные на рисунках 1 – 3.

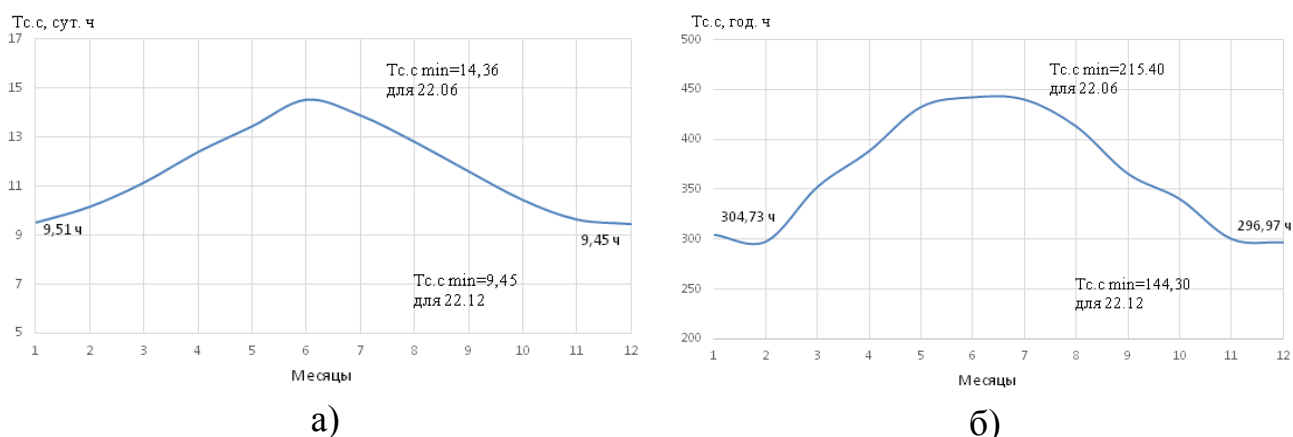
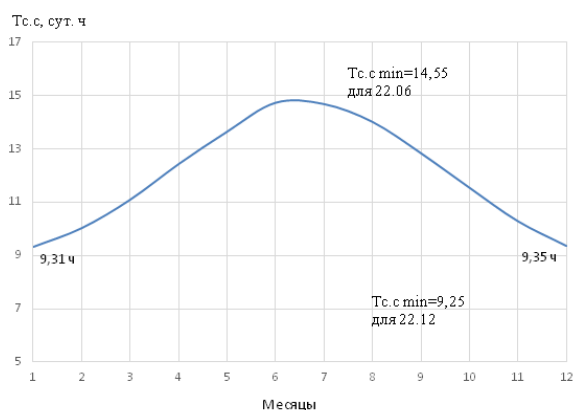
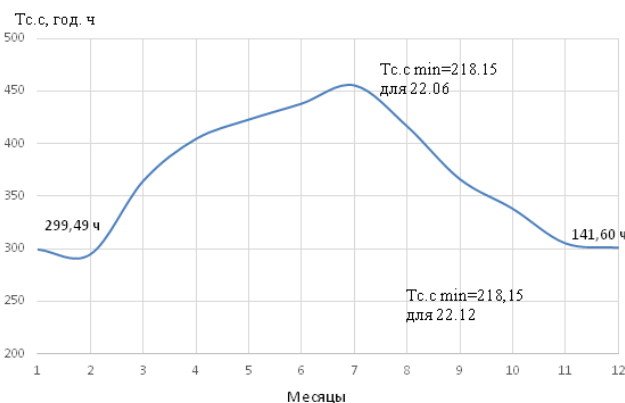


Рисунок 1 – График продолжительности солнечного сияния для Курган-Тюбе: а) за месяц, б) за год



а)

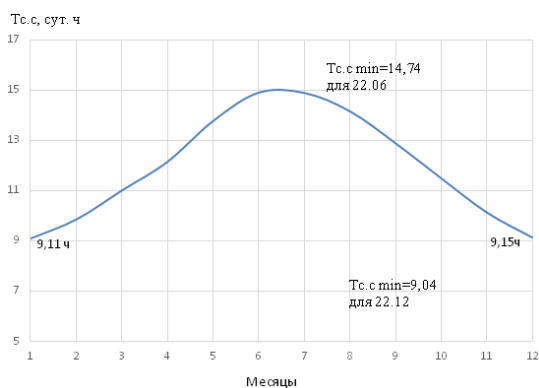


б)

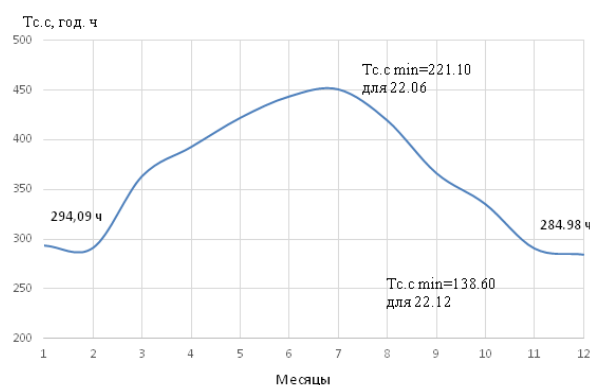
Рисунок 2 – График продолжительности солнечного сияния для Ледника Федченко: а) за месяц, б) за год

Как видно из рисунков 1 – 3 наибольшая продолжительность солнечного сияния за месяц и за год достигается для Курган-Тюбе ($37^{\circ}50'02''$ с.ш., $68^{\circ}46'54''$ в.д.).

Однако при выборе оптимального места для устройства СЭС с использованием фотоэлектрических преобразователей необходимо знать не только продолжительность солнечного сияния, но и количество прямой солнечной радиации, т.к. для выработки фототока в солнечных элементах имеет значение именно количество прямой солнечной радиации. Поэтому на втором этапе анализа потенциала солнечной энергетики для Республики Таджикистан были выполнены расчёты изменения максимальной суточной прямой солнечной радиации в течение года и потока солнечной радиации за год на горизонтальную площадку для всех характерных районов Республики Таджикистан.



а)



б)

Рисунок 3 – График продолжительности солнечного сияния для Кайрак-Кумского водохранилища: а) за месяц, б) за год

Методики расчётов изменения максимальной суточной прямой солнечной радиации в течение года и потока солнечной радиации за год на горизонтальную площадку приведены в [2]. По результатам выполненных расчётов построены зависимости, представленные на рисунке 4.

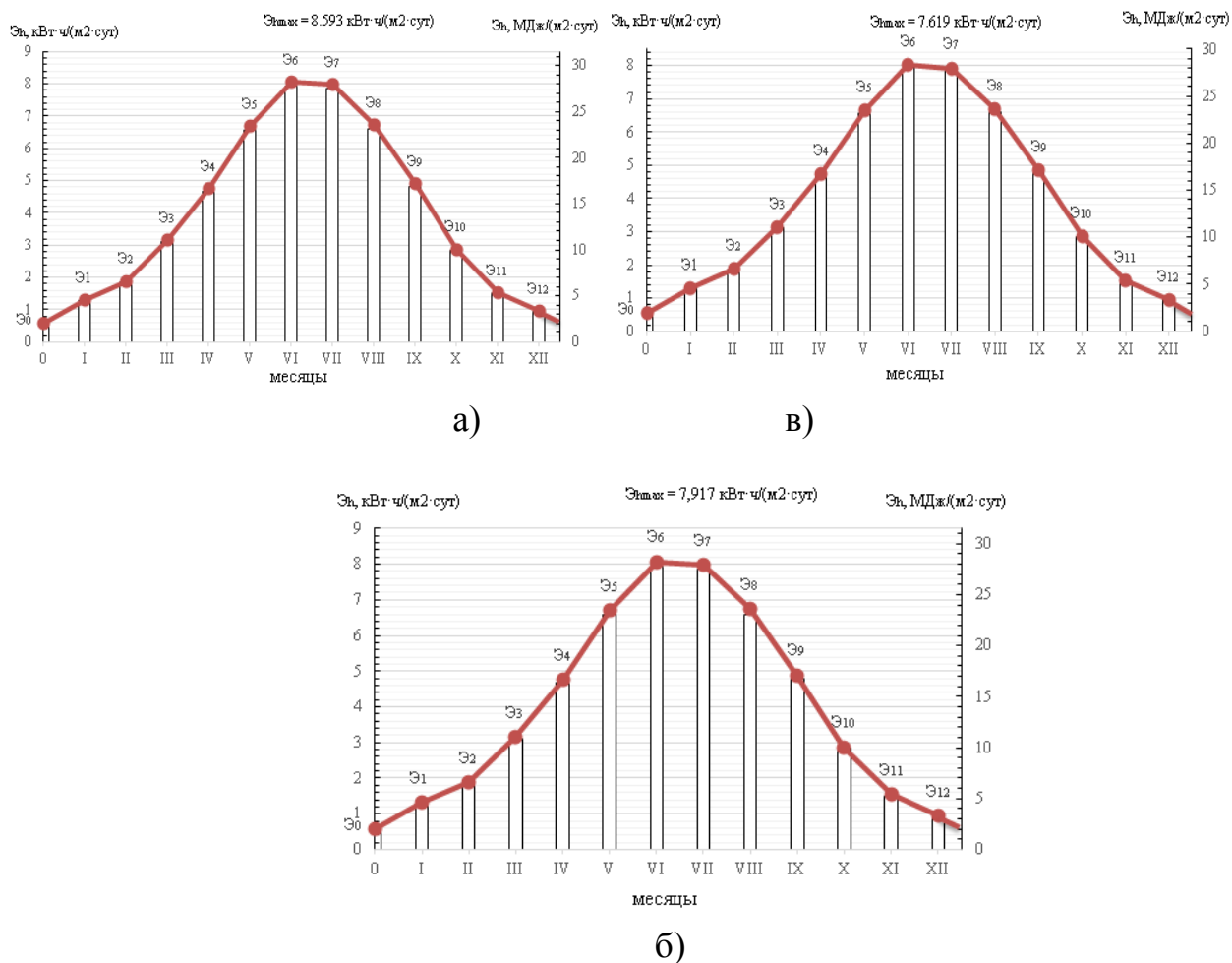


Рисунок 4 – Изменение мощности максимальной суточной прямой солнечной радиации для горизонтальной площадки: а) для Курган-Тюбе, б) Ледника Федченко, в) Кайрак-Кумского водохранилища

Как следует из зависимостей, представленных на рисунке 4, максимальная прямая солнечная радиация для горизонтальной площадки также характерна для района Курган-Тюбе ($37^{\circ}50'02''$ с.ш., $68^{\circ}46'54''$ в.д.). Поэтому исходя из определённых показателей выше, характеризующих потенциал солнечной энергетики, наиболее оптимальным местом для размещения СЭС с фотоэлектрическими преобразователями в Республике Таджикистан является район Курган-Тюбе. Также Курган-Тюбе является административным центром Халтонской области и одним из крупных городов республики.

Список использованных источников:

1. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. Свод правил по проектированию и строительству. – Москва, 2004.
2. Солнечная энергетик: учеб. пособие для вузов / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, В. А. Кузнецова, Н. К. Малинин, под ред. В. И. Виссарионов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 276 с.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Березанских А. В. – студент группы Э-31, Шипицына Е. В. – доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Актуальность названной темы не вызывает сомнений. Энергосбережение является одной из самых серьезных задач XXI века, решение которой должно быть первостепенным для государства. Энергосбережение – это комплексная многоцелевая и долговременная работа. Сбережение энергии является основным методом сохранения ресурсов и экосистемы, а также реальным способом экономии бюджета. Экономические показатели – главное требование, лежащие в основе решения этой проблемы. Внедрение энергосберегающих технологий в муниципальных общеобразовательных учреждениях может помочь улучшить экономическую и экологическую обстановку в стране.

Изложенные задачи определяют потребность внедрения энергосберегающей политики в образовательных организациях. Решение данной проблемы сопряжено с неэффективным использованием энергосберегающих технологий в данных организациях. Наличие вышеизложенных проблем вызвало необходимость в поиске и разработке новых научных положений, направленных на повышение эффективности энергопотребления в образовательных учреждениях.

Основной целью работы является обеспечение эффективного использования энергетических ресурсов в образовательных организациях за счет реализации энергосберегающих мероприятий, которые помимо уменьшения использования ресурсов, также позволят минимизировать затраты бюджета на коммунальные услуги.

Задачи работы заключаются:

- в проведении энергетических обследований в бюджетных учреждениях;
- в обеспечении учета всего объема потребляемых энергетических ресурсов;
- в сокращении расхода бюджетных средств на оплату энергоресурсов;
- в повышении эффективности потребления энергии путем внедрения современных энергосберегающих технологий;
- в установке приборов учета в бюджетных учреждениях.

Практическое значение работы состоит в том, что результаты, полученные теоретически, доведены до степени конкретных предложений по проведению работ по энергосбережению. Эти предложения могут быть использованы в виде методологического довода в выборе эффективного пути усовершенствования энергосберегающих программ этого муниципального учреждения.

Дефицит энергоресурсов – реальность современной России. С каждым годом потребление электроэнергии населением возрастает. Одни месторождения на сегодняшний день уже исчерпаны, а искать и обустраивать новые, долгое, недешевое и трудоемкое занятие.

Эффективно решить проблему дефицита энергоресурсов можно при помощи двух составляющих: энергосбережение и использование альтернативных источников энергии. Как известно, альтернативными источниками энергии являются: энергия ветра, солнечная энергия, геотермальные источники и др. Но в нашей стране использование данных источников не всегда может обеспечить бесперебойное питание потребителей. Поэтому рассмотрим энергосбережение как приемлемый способ уменьшения потребления энергоресурсов.

Рассмотрим энергосбережение муниципальных образовательных учреждений Алтайского края.

Каждый житель нашего края может эффективно сберегать электроэнергию, путем установки специального оборудования в собственные дома. Также данные энергосберегающие установки используются с целью снижения оплаты за потребляемую электроэнергию.

В образовательных организациях, в частности школах, дошкольных учреждениях, больницах, университетах, учреждения культуры и искусства, физкультурные и спортивные учреждения, учреждения МВД и Минобороны проблема сбережения энергии стоит наиболее остро. Процесс установки аппаратуры для уменьшения потребления энергии на данных объектах сложен, так как их финансирование идет из государственного бюджета. Решить эту проблему помогают энергетические компании, которые предоставляют свои энергосберегающие услуги.

Стоит отметить значение Постановления Правительства РФ от 18.11.2013 № 1034 «О коммерческом учете тепловой энергии, теплоносителя» и Приказ от 17 марта 2014 г. № 99/пр Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ «Об утверждении методики осуществления коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя», регламентирующие порядок, права и обязанности бюджетных учреждений после приема-сдачи приборов на коммерческий учет ресурсоснабжающей организации, и позволяющие бюджетному учреждению перезаключить с ресурсниками договоры на энергоснабжение с учетом внедрения энергосберегающих технологий.

Учет энергоресурсов предусматривает следующий алгоритм действий:

- обследование объекта для установки прибора учета;
- подготовка технического задания на установку прибора учета;
- проверка и ремонт приборов учета.

Недостаточно только правильно учитывать потребление энергоресурсов, от бюджетных организаций требуется их эффективно экономить при сохранении полезных санитарно-гигиенических и технических характеристик объектов эксплуатации.

Обеспечить правильное энергосбережение помогут энергосберегающие компании, которые предоставляют свои услуги в сфере энергосбережения. Энергосервисная деятельность базируется на энергоучете, энергоконтроле и энергосбережении энергетических ресурсов при их выработке, транспортировке и потреблении. При заключении энергосервисного контракта, проводится полное техническое обследование учреждения, и устанавливаются необходимые приборы учета и контроля, способствующие сбережению энергии.

Энергосервисный контракт - это выполнение энергосервисными компаниями (ЭСКО) организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на сокращение количества применения энергии при сохранении соответствующих нужных результатов от её использования на объектах Государственного заказчика в течение определенного периода времени за счет собственных средств на принципе возвратности из объема полученной экономии.

В дальнейшем будем рассматривать энергосбережение в учреждениях образования. Образовательные организации можно разбить на следующие виды: высшие учебные заведения, техникумы, колледжи, профессиональные училища, гимназии, лицеи, школы.

Практика энергообследований показывает, что в среднем общеобразовательные учреждения имеют ежегодный перерасход по теплу 10-20 %, по воде 5-15 %, по электрической энергии 7-20 %. Из общей суммы переплат за энергоресурсы наибольшая доля - до 70 %, приходится на центральное отопление. В муниципальных учреждениях имеются в основном 5 групп потребителей электроэнергии: осветительные установки (50-70 %), потребители с электродвигателями (10-30 %), нагревательные установки (чайники, электрические плиты и т.д.) потребляющие от 10 % до 20 % электроэнергии, компьютерные классы до 10 %, различные лаборатории. По тепловой энергии можно выделить три группы потребителей: отопление 40 %-60 %, горячее водоснабжение 10 %-25 %, вентиляция 15 %-35 %.

Основным способом энергосбережения в бюджетных образовательных учреждениях является внедрение современных энергосберегающих технологий, эффективность использования которых заключается в сохранении энергоресурсов и, как следствие, экономии средств бюджета. Для образовательного учреждения можно использовать такие энергосберегающие технологии как:

- индивидуальный источник теплоэнергоснабжения;
- установка персональных счетчиков тепла со способом регулирования мощности отопления;
- установка систем, повышающих освещенность помещений, работающих на рассеянной солнечной радиации;
- трубы отопления и ГВС должны иметь энергоэффективную изоляцию;
- монтаж ограждающих здания теплозащитных конструкций с высокими показателями устойчивости тепла.

Сбережение энергии всех видов – эта проблема все в большей мере встает перед обществом. Недостатка энергии пока на Земле нет, но гигантское ее потребление, порой совсем не обоснованное, рачительное, в скором времени приведет к ее дефициту, поэтому стоит задуматься о будущем наших потомков.

Результаты работы показывают, что энергосберегающие компании могут внести большой вклад в систему электроснабжения, посредством программы энергосбережения. Данная программа необходима в образовательных организациях, так как сбережение энергии позволит улучшить как экономическую, так и экологическую обстановку в крае. Применение подобных мер по энергосбе-

режению по всей территории Российской Федерации позволит поднять на новый уровень энерго- и теплоснабжение в муниципальных учреждениях.

Список использованных источников:

1. ГОСТ Р 51387-99. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения. – Москва : Утв. Постановлением Госстандарта РФ от 30.11.1999 № 458-ст. – 22 с.
2. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты [Текст] / Федеральный Закон от 23 нояб. 2009 г. № 261-ФЗ.
3. ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения».
4. Постановление Правительства РФ. О коммерческом учете тепловой энергии, теплоносителя от 18 ноября 2013г. № 1034;
5. Приказ министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. Об утверждении методики осуществления коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя от 17 марта 2014 г. №99/пр;
6. Костюченко, П. А. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов [Текст] / П. А. Костюченко, О. А. Костюченко, В. С. Мещерский; под ред. П. А. Костюченко. – Москва : ЭНАС, 2006. – 217 с.

СНИЖЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ПОДСТАНЦИИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Бокарев В. С. – студент группы 8Э-61, Мартко Е. О. – к.т.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Ежегодно на рынке электрической энергии (ЭЭ) наблюдается тенденция роста цен на ЭЭ, что беспокоит, как ее потребителей, так и производителей.

Цена на потребляемую электрическую энергию складывается, во-первых, из затрат, произведенных поставщиком ЭЭ на покупку средств труда, которые долговременно участвуют в процессе производства и переносят свою цену в виде ежегодных амортизационных отчислений. Данные затраты идут на: покупку оборудования, последующий ремонт и модернизацию данного оборудования; реализацию мероприятий по повышению эффективности оборудования и обеспечения энергосбережения; содержание зданий и сооружений, которые прямо или косвенно участвуют в производстве ЭЭ.

Во-вторых, не менее важной составляющей цены на электрическую энергию являются затраты на предметы труда, которые используются в процессе производства единовременно и переносят всю свою стоимость на готовую про-

дукцию. В энергетике основную часть затрат на покупку предметов труда составляют затраты на приобретение топлива, которым в большинстве случаев является уголь, нефть, природный газ (т.е. топливо, получаемое из месторождений ископаемых природных ресурсов).

Природные ресурсы, к сожалению, не являются возобновляемыми. По данным Международного энергетического агентства (International Energy Agency, IEA), энергопотребление на Земле удваивается каждые 10 лет. При сохранении этого тренда угля человечеству хватит на 250 лет, нефти – на 40, а природного газа – на 65 [1]. Следовательно, с каждым годом запасы ресурсов истощаются, их добыча осложняется, а конечная стоимость полученного в итоге сырья неумолимо растет вверх. Данный факт непосредственно сказывается на размере конечной цены ЭЭ, поставляемой потребителю.

В настоящее время вопрос поставки потребителям более дешевой ЭЭ в Алтайском крае, как и во всей стране, является наиболее приоритетным. В связи с этим, в рамках развития электроэнергетических систем России и повышения их энергоэффективности повсеместно проводятся следующие мероприятия:

- снижение потерь ЭЭ;
- снижение количества ЭЭ, идущей на обеспечение собственных нужд;
- развитие и внедрение нетрадиционных, возобновляемых источников энергии (ВИЭ), к которым можно отнести солнечную энергию, гидроэнергию, энергию ветра, геотермальную энергию и другие.

Анализ состояния электроэнергетических систем показал, что главной проблемой является значительный нереализованный потенциал организационного и технологического энергосбережения, превышающий 1/3 общего потребления энергоресурсов в стране [2]. Данный факт отражен в основных положениях энергетической стратегии России на период до 2035 года.

Вышеупомянутую проблему можно решить несколькими способами. Одним из способов является снижение расхода ЭЭ на собственные нужды подстанций (ПС). Современные трансформаторы имеют высокий коэффициент полезного действия, который в зависимости от их мощности может достигать 99% и выше. Ряд мероприятий, направленный на уменьшение тепловых потерь, проводится как на стадии конструирования трансформаторов, так и на стадии их непосредственной эксплуатации в электроэнергетических системах. Однако, при работе трансформаторов часть энергии все же теряется в виде тепла, выделяемого в окружающую среду. Данные потери могут составлять сотни киловатт, которые можно полезно использовать с помощью тепловых насосов в целях теплоснабжения, например, помещений, эксплуатируемых персоналом подстанции и т.д.

К собственным нуждам подстанции относится потребление ЭЭ электроприемниками, которые установлены на подстанции и обеспечивают нормальную работу ее основного оборудования, а также нормальную жизнедеятельность персонала.

В таблице 1 приведены численные значения величины расхода электроэнергии на собственные нужды для типовой ПС 35/10 кВ.

Таблица 1 – Расход на собственные нужды для типовой ПС 35/10 кВ

Расход электроэнергии на ПС	Собственные нужды, кВт/ч	Обогрев, кВт/ч
Декабрь	3987	3737
Июнь	120	0

Как видно из таблицы 1 наибольший расход ЭЭ на подстанции приходится на зимние месяцы, в данном случае декабрь, когда температура опускается ниже нуля, и для нормальной работы оборудования и персонала необходимо осуществлять обогрев помещений ПС.

Следовательно, основная часть потребляемой подстанцией энергией идет на отопление помещений, используемых персоналом, занятых электроустановками, оборудованием, инструментами и др. Таким образом, обеспечив систему отопления помещений подстанции с помощью ВИЭ можно значительно снизить расход ЭЭ на обогрев и на собственные нужды ПС в целом.

Тепловой насос – установка, предназначенная для переноса теплоты от более холодного теплоносителя, имеющего температуру, как правило, 0...40 °С, к более горячему за счет подвода внешней энергии или затраты работы. ТН используются в целях обеспечения нужд горячего водоснабжения и отопления помещений. Однако, тепловую энергию, используемую для этих целей, они не производят, а осуществляют ее перенос от низкопотенциального теплоносителя к высокопотенциальному теплоносителю, температура которого может составлять от 50 до 80 °С.

Концепция работы теплового насоса впервые была предложена в 1852 году сэром Уильямом Томсоном (более известным, как лорд Кельвин). Однако, патент на технологию использования низкопотенциальных источников энергии с целью получения тепловой энергии и дальнейшего ее использования был выдан в 1912 году известному швейцарскому исследователю Генриху Золи. А в 1927 году в Шотландии данный принцип впервые был применен на практике. Сконструированная теплонасосная установка (ТНУ) обеспечивала нужды жилого дома в отоплении и горячем водоснабжении, используя в качестве низкопотенциального источника энергии наружный воздух [3,4].

Использование ТНУ позволяет обеспечить теплоснабжение и горячее водоснабжение с минимальными затратами первичной энергии, что достигается за счет высокого значения коэффициента использования теплоты μ .

Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов на теплоснабжение с применением различных видов отопления приведены в таблице 2 [5], при проведении расчетов было принято, что тепловая нагрузка рассчитываемого помещения составляет 180 м², тепловая нагрузка 15 кВт, а отопительный сезон – 1700 часов в год.

Таблица 2 – Эксплуатационные затраты на теплоснабжение

Вид отопления	Вид и единица энергии	Стоимость единицы энергии, руб	Расход единиц энергии в час	Годовые затраты, руб
Электрическое	Электричество, кВт	3,6	15	91800
Индивидуальный газовый котел	Природный газ, м ³	6	2,6	26520
Централизованное теплоснабжение	Теплота, Гкал	1401,2	0,0129	30728
Тепловой насос	Электричество, кВт	3,6	4,3	26316

Исходя из результатов расчета, приведенных в таблице 2, использование ТНУ для теплоснабжения с экономической точки зрения более целесообразно, чем применение ТЭЦ и индивидуальных газовых котельных. Это обусловлено тем, что величина годовых затрат на отопление и стоимость единицы производимой тепловой энергии, значительно меньше по сравнению с другими видами отопления.

К тому же ТН более безопасны в сравнении с индивидуальными котлами, поскольку при работе не производится сжигания топлива, а значит нет открытого огня и в воздух, не выделяются вредные смеси и газы. Узлы теплонасосной установки не нагреваются выше 90 °С, что не даст им послужить причиной возникновения пожара.

Схема работы ТН представлена на рисунке 1 [6].

Основные рабочие части ТН:

- компрессор, позволяющий создавать высокое давление;
- расширительный клапан, с помощью которого происходит переход хладагента из жидкого состояния в газообразное;
- испаритель, представляющий собой радиатор из тонких трубок, которые имеют высокую теплопроводность;
- конденсатор.

Хладагент, находящийся полностью или частично в газообразном состоянии, сжимается компрессором, что приводит к его переходу в жидкое состояние. При повышении давления он также нагревается. Далее теплоноситель попадает в конденсатор, где охлаждается и конденсируется на стенках теплообменника. Охлажденный жидкий хладагент подается в расширительный клапан, проходя через который, происходит переход его из жидкой фазы в газообразное состояние. В испарителе парообразный теплоноситель охлаждается, после чего отбирает тепловую энергию, и цикл повторяется снова.

В большинстве случаев характеристика имеющегося источника определяет его тепловые, энергетические, экономические характеристики. Основные требования к идеальному источнику тепла:

- отсутствие коррозии или загрязнений;
- отсутствие дополнительных существенных вложений и расходов по его обслуживанию;
- стабильная температура $0...40\text{ }^{\circ}\text{C}$, достаточная для эффективной работы ТН.

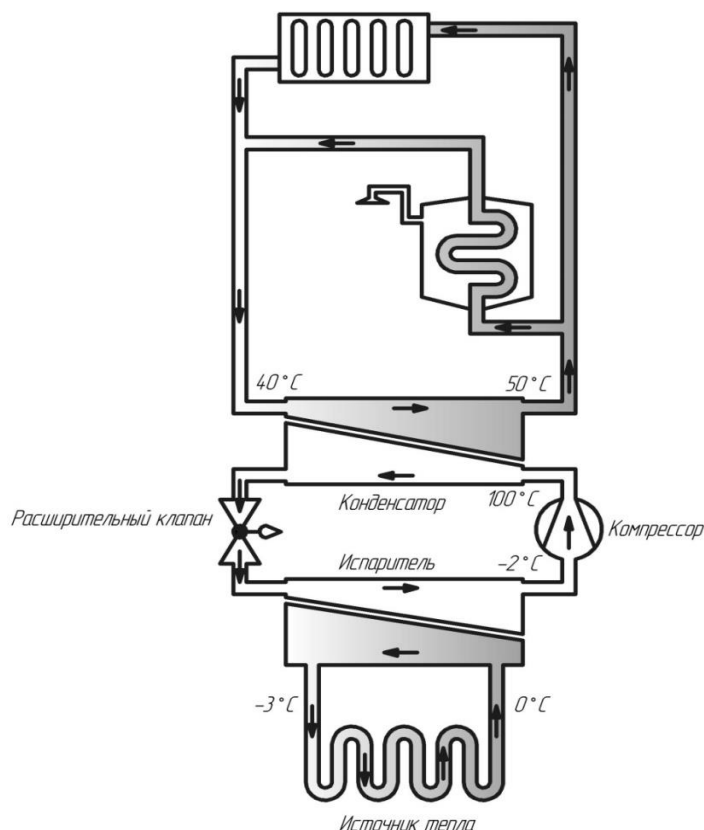


Рисунок 1 – Схема работы теплового насоса

В качестве источника тепловой энергии в системах с применением ТН используют наружный и удаляемый воздух, почву, геотермальные источники, грунтовые воды. Так же ТН могут получать тепловую энергию, утилизируя энергию сбросной низкопотенциальной теплоты промышленных предприятий, что имеет большую перспективу.

Тепловые насосы более безопасны и экономичны, чем котлы на газовом или твердом топливе, поэтому широко используются в системах централизованного и индивидуального отопления и горячего водоснабжения по всему миру.

Выделяют несколько различных видов систем отопления подстанций с использованием тепловых насосов [7]:

- с подачей нагретого масла в систему отопления;
- с нагревом воды в масло-водяном теплообменнике;
- с нагревом воды с помощью теплового насоса;

- с нагревом воздуха в масло-воздушном теплообменнике;
- с непосредственным отводом нагретого воздуха от охлаждающих радиаторов;
- с нагревом воздуха в водо-воздушном теплообменнике.

Применение одной из вышеперечисленных систем отопления должно производиться в зависимости от типа, мощности, установленных на ПС силовых трансформаторов, удаленности отапливаемых помещений, а также вида теплоносителя, который планируется использовать в отопительном контуре.

На данный момент времени все чаще на подстанциях применяется схема нагрева воды с использованием теплового насоса, что обусловлено рядом преимуществ этой системы:

- не требуется реконструкции имеющейся на подстанции системы отопления. При установках на ПС системы отопления с применением теплового насоса, сохраняется возможность использования уже установленных в помещениях радиаторов водяного отопления.
- немаловажным преимуществом является тот факт, что данная система, в отличие от других систем отопления, позволяет передавать тепловую энергию потребителям, которые могут находиться на расстоянии до 1 км от подстанции.

Принцип работы данной системы следующий. Попадая в теплообменник, нагретое в процессе работы трансформатора масло передает свое тепло воде, циркулирующей в промежуточном контуре между теплообменником «масло-вода» и ТН. После чего данная тепловая энергия в испарителе поглощается фреоновым контуром теплового насоса. Далее фреон, находящийся полностью или частично в газообразном состоянии, сжимается компрессором, что приводит к его переходу в жидкость. Естественно, при повышении давления и переходе фреона из газообразного состояния в жидкое он нагревается. После чего теплоноситель попадает в конденсатор, где происходит нагрев воды, которая используется непосредственно для отопления эксплуатируемых персоналом помещений, а так же для обеспечения горячего водоснабжения.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что схема отопления помещений подстанции с применением теплового насоса позволит значительно снизить затраты ее на собственные нужды, а также позволит в купе с другими мероприятиями решить проблему снижения суммарных потерь в энергосистемах и повышения эффективности их работы.

Список использованных источников:

1. Новости энергетики / Есть ли будущее у ветроэнергетики в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://novostienergetiki.ru/est-li-budushhee-u-vetroenergetiki-v-rossii/> – Заглавие с экрана.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ac.gov.ru/files/content/1578/11-02-14-energostategy-2035-pdf.pdf> – Заглавие с экрана.

3. T-nasos/ История тепловых насосов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://osipovs.ru/index.php/istory-tn>– Заглавие с экрана.

4. Морозюк, Т. В. Теория холодильных машин и тепловых насосов : учеб. пособие / Т. В. Морозюк. – Одесса : Студия «Негоциант», 2006. – 712 с.

5. Калнинь, И. М. Энергосберегающие, экологически чистые технологии теплоснабжения производственных и жилых помещений / И. М. Калнинь, Л. Я. Лазарев, А. И. Савицкий.

6. Трубаев, П. А. Тепловые насосы : учеб. пособие / П. А. Трубаев, Б. М. Гришко. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2009. – 142 с.

7. Елистратов, В. В. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики : учебное пособие / В. В. Елистратов, М. В. Кузнецов. – Ч. 1 : Определение ветроэнергетических ресурсов региона. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГПУ, 2004. – 59 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Брындин А. И. – студент группы 8Э-61, Гизбрехт О. П. – студент группы Э-31,
Белицын И. В. – к.п.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Первые эксперименты человека с электричеством и созданием цепей для прохождения тока сопровождались короткими замыканиями и неисправностями, во время которых приобретался опыт и знания, выявлялись закономерности протекающих процессов и вырабатывались правила эксплуатации. На основе анализа допущенных ошибок начали создаваться устройства, предохраняющие оборудование и людей от электрического воздействия. Первыми такими приборами стали плавкие предохранители, которые перегорали при создании критических нагрузок, разрывая цепи электрического тока.

Более сложные защитные конструкции начали массово внедряться после 1891 года, когда в России по проекту Михаила Осиповича Доливо-Добровольского успешно транспортировали 220 кВт электрической энергии на 175 км с КПД в 77% на основе трехфазной системы напряжения, разработанной этим же ученым.

В основу работы защит был положен принцип реле — устройств, которые постоянно отслеживают какой-либо электрический параметр сети, а при достижении им критических величин срабатывают: резко меняют свое первоначальное состояние, коммутируя электрическую схему.

Первые устройства защит выполнялись на основе электромеханических конструкций реле, а специалистов, занимающихся их эксплуатацией, стали называть термином «релейщики», который действует до настоящего времени.

Короткое замыкание (КЗ) – электрическое соединение двух точек электрической цепи с различными значениями потенциала, не предусмотренное конструкцией устройства и нарушающее его нормальную работу. Также, коротким замыканием называют состояние, когда сопротивление нагрузки меньше внутреннего сопротивления источника питания.

Основной причиной возникновения коротких замыканий является нарушения изоляции электрооборудования.

Нарушения изоляции вызываются:

- перенапряжениями (особенно в сетях с изолированными нейтральными);
- прямыми ударами молнии;
- старением изоляции;
- механическими повреждениями изоляции, проездом под линиями небаритных механизмов;
- неудовлетворительным уходом за оборудованием;
- набросы посторонних предметов на токоведущие части;
- ошибочные действия персонала.

Часто причиной повреждений в электрической части электроустановок являются неквалифицированные действия обслуживающего персонала.

При коротком замыкании резко и многократно возрастает сила тока, протекающего в цепи, что, согласно закону Джоуля — Ленца приводит к значительному тепловыделению, и, как следствие, возможно расплавление электрических проводов, с последующим возникновением возгорания и распространением пожара.

Последствия коротких замыканий следующие:

- механические и термические повреждения электрооборудования;
- возгорания в электроустановках;
- снижение уровня напряжения в сети, ведущее к уменьшению вращающего момента электродвигателей, их торможению, снижению производительности или даже к опрокидыванию их;
- выпадение из синхронизма отдельных генераторов, электростанций и частей электрической системы и возникновение аварий, включая системные аварии.



Рисунок 1 – Виды коротких замыканий



Рисунок 2 – Изменение тока трехфазного короткого замыкания и его составляющих для случая возникновения максимального значения апериодической составляющей

Короткое замыкание в одном из элементов энергетической системы способно нарушить её функционирование в целом – у других потребителей может снизиться питающее напряжение, что может привести к повреждению устройства; в трёхфазных сетях при коротких замыканиях возникает асимметрия напряжений, нарушающая нормальное электроснабжение. В больших энергосетях короткое замыкание может вызывать тяжёлые системные аварии.

Основные защиты, применяемые в релейной защите:

- токовая защита – ненаправленная или направленная (МТЗ, ТО, МТНЗ);
- защита минимального напряжения (ЗМН);
- газовая защита (ГЗ);
- дифференциальная защита;
- дистанционная защита (ДЗ);
- дифференциально-фазная (высокочастотная) защита (ДФЗ).
- Виды защит по напряжению:
- защиты минимального напряжения;
- защиты максимального напряжения.
- Виды токовых защит:
- максимальная токовая защита и токовая отсечка;
- дифференциальная защита.

Рассмотрим принцип действия последнего вида защит.

Токовая отсечка – вид релейной защиты, действие которой связано с повышением значения силы тока на защищаемом участке электрической сети.

Устройства данной защиты контролируют величину силы тока на защищаемом участке. В случае увеличения силы тока выше определённого значения защита срабатывает на отключение этого участка.

Значение величины силы тока, при котором срабатывает защита, называется уставкой.

Уставку обычно выбирают таким образом, чтобы цепь обесточилась быстрее, чем в ней произойдут какие-либо разрушения. Реализуют токовую отсечку разными способами. Чаще всего для отключения применяют электромагнитные реле тока, в которых под воздействием электромагнитной силы замыкаются контакты, выдавая сигнал на отключение выключателя защищаемого элемента. По тому же принципу действуют различные автоматические выключатели. Температура, повышающаяся за счет электрического тока, является воздействующей величиной для других защитных электрических аппаратов — предохранителей. При достижении определённого значения температуры плавкая вставка в предохранителе разрушается, обрывая электрическую цепь.

Максимальная токовая защита (МТЗ) – вид релейной защиты, действие которой связано с увеличением силы тока в защищаемой цепи при возникновении короткого замыкания на участке данной цепи. Данный вид защиты применяется практически повсеместно и является наиболее распространённым в электрических сетях.

Принцип действия МТЗ аналогичен принципу действия токовой отсечки. В случае повышения силы тока в защищаемой сети защита начинает свою работу. Однако, если токовая отсечка действует мгновенно, то максимальная токовая защита даёт сигнал на отключение только по истечении определённого промежутка времени, называемого выдержкой времени. Выдержка времени зависит от того, где располагается защищаемый участок. Наименьшая выдержка времени устанавливается на наиболее удалённом от источника участке. МТЗ соседнего (более близкого к источнику энергии) участка действует с большей выдержкой времени, отличающейся на величину, называемую ступенью селективности. Степень селективности определяется временем действия защиты. В случае короткого замыкания на участке срабатывает его защита. Если по каким-то причинам защита не сработала, то через определённое время (равное ступени селективности) после начала короткого замыкания сработает МТЗ более близкого к источнику участка и отключит как повреждённый, так и свой участок. По этой причине важно, чтобы степень селективности была больше времени срабатывания защиты, иначе защита смежного участка отключит как повреждённый, так и рабочий участок до того, как собственная защита повреждённого участка успеет сработать. Однако важно так же сделать степень селективности достаточно небольшой, чтобы защита успела сработать до того, как ток короткого замыкания нанесёт серьёзный ущерб электрической сети.

Уставку (или величину тока, при которой срабатывает защита) выбирают, исходя из наименьшего значения тока короткого замыкания в защищаемой сети (при разных повреждениях токи короткого замыкания отличаются). Однако при выборе уставки следует так же учитывать характер работы защищаемой сети. Например, при самозапуске электродвигателей после перерыва питания, значение силы тока в сети может быть выше номинального, и защита не должна его отключать.

Токовые отсечки подразделяются на отсечки мгновенного действия и отсечки с выдержкой времени. В отличие от максимальной токовой защиты селективность действия токовой отсечки достигается не выдержкой времени, а мгновенно. Для этого ток срабатывания отсечки отстраивается не от тока нагрузки, а от тока к. з. при к. з. в конце защищаемой линии.

Селективность действия МТЗ достигается выдержкой времени. Максимальная токовая защита является наиболее простой и дешевой защитой и поэтому широко применяется для защиты генераторов, трансформаторов, электродвигателей и линий электропередачи с односторонним, а в ряде случаев и с двусторонним питанием.

Дифференциальная защита – один из видов релейной защиты, отличающийся абсолютной селективностью и выполняющийся быстродействующей (без искусственной выдержки времени). Применяется для защиты трансформаторов, автотрансформаторов, генераторов, генераторных блоков, двигателей, воздушных линий электропередачи и сборных шин (ошиновок). Различают продольную и поперечную дифференциальные защиты.

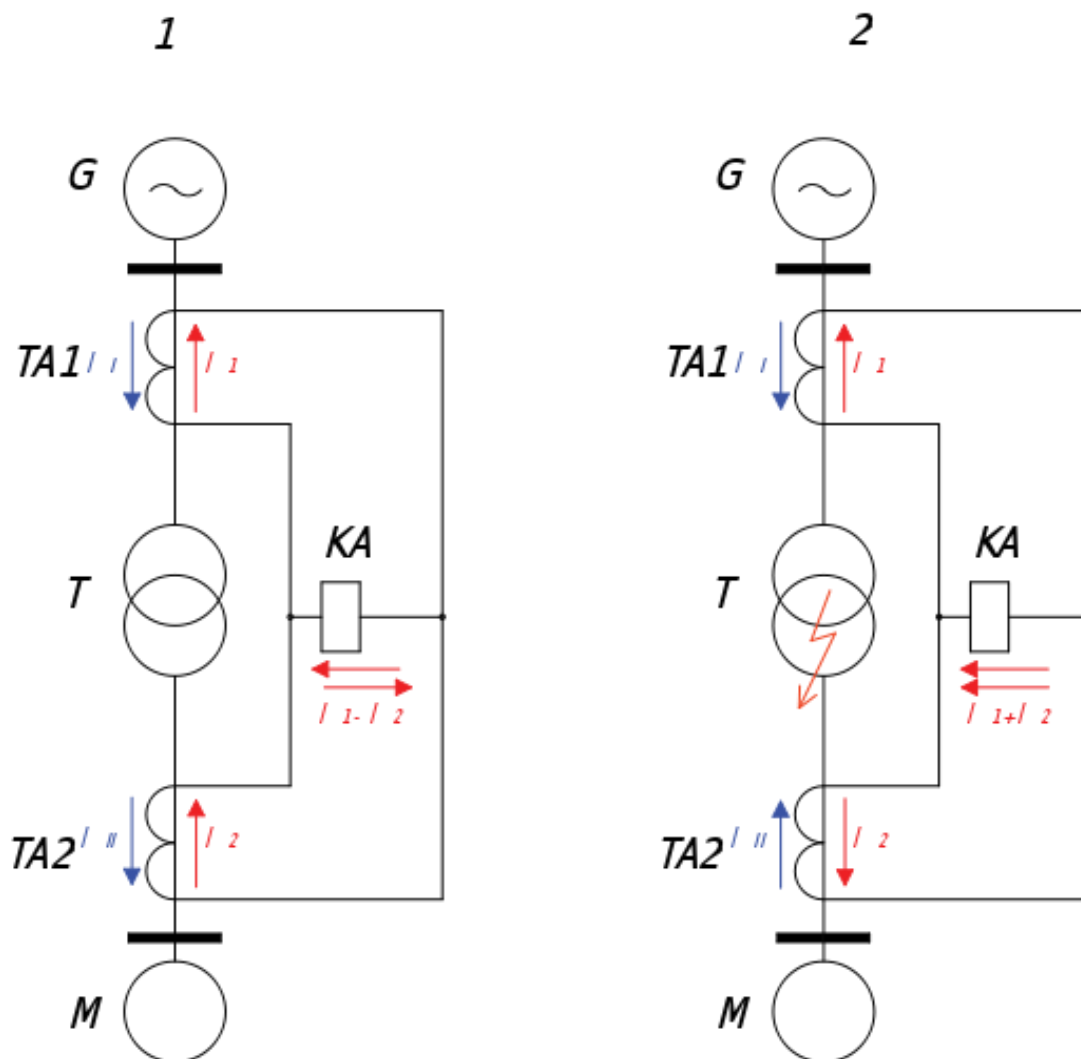


Рисунок 3 – Схема дифференциальной защиты

Принцип действия продольной дифференциальной защиты основан на сравнении токов, протекающих через участки между защищаемым участком линии (или защищаемом аппаратом). Для измерения значения силы тока на концах защищаемого участка используются трансформаторы тока (ТА1, ТА2). Вторичные цепи этих трансформаторов соединяются с токовым реле (КА) таким образом, чтобы на обмотку реле попадала разница токов от первого и второго трансформаторов.

В нормальном режиме значения величины силы тока вычитаются друг из друга, и в идеальном случае ток в цепи обмотки токового реле будет равен нулю. В случае возникновения короткого замыкания на защищаемом участке, на обмотку токового реле поступит уже не разность, а сумма токов, что заставит реле замкнуть свои контакты, выдав команду на отключение поврежденного участка.

В реальном случае через обмотку токового реле всегда будет протекать ток отличный от нуля, называемый током небаланса.

Следует отметить, что современные микропроцессорные устройства защиты способны учитывать эту разницу самостоятельно, и при их использовании, как правило, вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока соединяют звездой на обоих концах защищаемого участка, указав это в настройках устройства защиты.

Принцип действия поперечной дифференциальной защиты так же заключается в сравнении значений токов, но в отличие от продольной, трансформаторы тока устанавливаются не на разных концах защищаемого участка, а на разных линиях, отходящих от одного источника (например, на параллельных кабелях, отходящих от одного выключателя). Если произошло внешнее короткое замыкание, то данная защита его не почувствует, так как разность значений силы тока, измеряемых на этих линиях, будет практически равна нулю. В случае же короткого замыкания непосредственно на одном из защищаемых кабелей разность токов не будет равняться нулю, что даст основание для срабатывания защиты.

Принцип действия заключается в заблаговременном обнаружении, предсказывании возникновения токов короткого замыкания на линиях. Данная установка позволяет обесточивать линию до возникновения короткого замыкания в сети.

Аппаратная часть установки состоит из следующих элементов: трансформатор тока; осциллограф arduino; цифровая платформа arduino; блок отключения цепи.

При помощи трансформатора тока осуществляется контроль характеристик значений токов в цепи. При помощи цифрового осциллографа производим построение кривой тока, далее производится обработка полученных данных цифровой платформой Arduino, и передача управляющего сигнала на блок отключения цепи.



Рисунок 4 - Блок-схема работы устройства.

Таблица 1 - Характеристики цифровой платформы Arduino

Микроконтроллер	ATmega328
Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	14
Аналоговые входы	6
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 мА
Флеш-память	32 Кб
ОЗУ	2 Кб (ATmega328)
EEPROM	1 Кб (ATmega328)
Тактовая частота	16 МГц

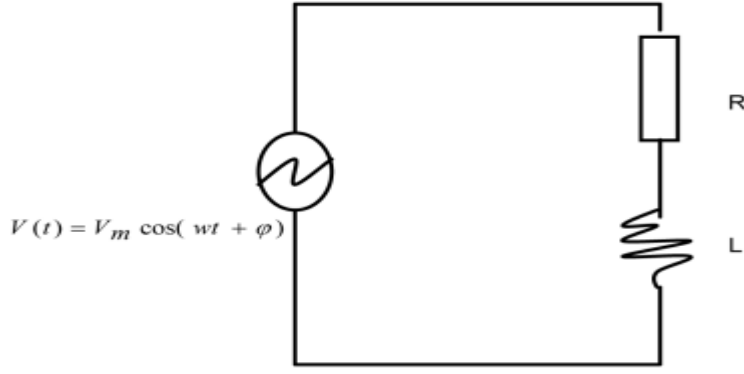
Ниже представлены формулы, по которым будет представлена математическая модель программы.

$$V_m \cos(\omega t + \varphi) = Ri + Li' \quad (1)$$

$$\tan \theta = \frac{R}{\omega L}, \quad (2)$$

$$\cos \theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \quad (3)$$

$$I_{peak} = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \quad (4)$$



$$\int_0^t V_m \cos(\omega t + \theta) dt = R \cdot \int_0^t i(t) dt + L \cdot (i(t) - i(0)) \quad (5)$$

$$I(t) - I(0) = -tg\varphi / \omega \cdot (i(t) - i(0)) + \frac{I_{peak}}{\omega} \frac{\sin(\omega t) \cos \theta}{\cos \varphi} + \frac{I_{peak}}{\omega} \frac{(\cos(\omega t) - 1) \sin \theta}{\cos \varphi} \quad (6)$$

$$R(t) = -tg\varphi \cdot A(t) + \frac{I_{peak} \cdot \cos \theta}{\cos \varphi} \cdot B(t) + \frac{I_{peak} \cdot \sin \theta}{\cos \varphi} \cdot C(t) \quad (7)$$

$$R(t) = I(t) - I(0) \quad (8)$$

$$A(t) = \frac{i(t) - i(0)}{\omega} \quad (9)$$

$$B(t) = \frac{\sin(\omega t)}{\omega} \quad (10)$$

$$C(t) = \frac{\cos(\omega t) - 1}{\omega} \quad (11)$$

$$\gamma = tg\varphi \quad (12)$$

$$P = \frac{I_{peak} \cdot \cos \theta}{\cos \varphi} \quad (13)$$

$$Q = \frac{I_{peak} \cdot \sin \theta}{\cos \varphi} \quad (14)$$

$$R(t) = -\gamma \cdot A(t) + P \cdot B(t) + Q \cdot C(t) \quad (15)$$

$$[R(t)] = [\gamma, P, Q] \cdot [A(t), B(t), C(t)]' \quad (16)$$

$$[R(1), R(2), R(3)] = [\gamma, P, Q] \cdot \begin{bmatrix} A(1), A(2), A(3) \\ B(1), B(2), B(3) \\ C(1), C(2), C(3) \end{bmatrix} \quad (17)$$

Основываясь на показаниях осциллографа, вычислено значение коэффициента мощности и найден тангенс этого угла. Подставляя полученное значение в выражение:

$$I_{peak} = \sqrt{\frac{P^2 + Q^2}{1 + \gamma^2}} \quad (18)$$

Вычисляем пиковое значение тока короткого замыкания, при котором мы подаем сигнал на отключение.

Данная установка позволит предотвратить коммутацию токов короткого замыкания, за счет своевременного обнаружения и подачи сигнала на отключающее устройство. Все это позволяет выполнить высокая тактовая частота цифровой платформы Arduino, равная 16 МГц.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТОВ НА ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Булгакова Т. А. – студент группы Э-31, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Одной из главных задач электроэнергетических организаций является обеспечение бесперебойного и надёжного электроснабжения потребителей электрической энергией, поэтому планирование ремонтов электроэнергетического оборудования играет немаловажную роль. От того, как будет организовано данное планирование, зависит не только качество выполнения ремонтных работ, но и функционирование всех объектов, питающихся электроэнергией.

Несмотря на то, что в настоящее время оборудование имеет высокую степень надёжности, однако в процессе эксплуатации под действием внешних факторов и режимов работы его состояние ухудшается и увеличивается вероятность выхода из строя. Потеря надёжности ведёт к возникновению перерывов в питании потребителей.

Такие перерывы могут носить, как плановый, так и аварийный характер. Возникающие перерывы электроснабжения в различной степени парализуют жизнь общества, порождают негативные последствия, поэтому проблема надёжного электроснабжения имеет огромное значение. Вопросы, возникающие при решении этой проблемы, определяются особенностями электрической энергии. Главной особенностью является невозможность её «складирования» и как следствие, процесс производства, передачи и потребления непрерывен.

Для поддержания должного технического состояния электрооборудования в соответствии с требованиями нормативно-технической документации применяют систему планово-предупредительных ремонтов. Основной задачей планово-предупредительного ремонта является минимум простоев оборудования. При планировании необходимо учитывать следующее: время года, категории надёжности электроприёмников, срок службы оборудования, нагрузку оборудования и т.д.

Основными условиями для проведения планово-предупредительного ремонта являются:

- в ремонт отправляется оборудование, отработавшее определённое количество времени;
- ремонт осуществляется в объёме, необходимом для устранения имеющихся дефектов;
- ремонт должен обеспечивать работоспособное состояние оборудования;
- периодически должны проводиться осмотры и проверки электрооборудования;
- должны быть установлены оптимальные периоды между плановыми и периодическими ремонтами.

Объём, время и частота проведения планового ремонта зависит от вида оборудования, его особенностей, условий эксплуатации, совершенства конструкции, а также наличия необходимых запчастей для замены. Чем дороже оборудование и сложнее технологический процесс, тем больше эксплуатационные затраты.

Плановый ремонт производится в соответствии с годовыми и месячными графиками ремонта, которые утверждаются системным оператором.

Годовой график подаётся в уполномоченные диспетчерские центры не позднее 30 июля года, предшествующего планируемому. Эти предложения содержат наименование объектов электроэнергетики с указанием объектов диспетчеризации, которые требуют ремонта, сроки проведения и виды ремонта, а у оборудования производства электрической энергии – сведения о величине рабочей генерирующей мощности.

Если заявление поданы позже установленного срока, то их учитывают после рассмотрения предложений, поданных в установленный срок. Решения принимаются в течение 2 месяцев, не позднее 31 декабря года, предшествующего планируемому.

Годовой график утверждает системный оператор не позднее 30 сентября года, предшествующего планируемому. Далее он уведомляет законного владельца, который представил предложение, о включении или отказе во включе-

нии объекта в годовой график ремонта в течение 15 дней с даты принятия решения.

Месячные графики ремонта объектов диспетчеризации разрабатываются системным оператором с учётом годовых графиков ремонта. При этом вводятся корректировки сроков вывода в ремонт оборудования. Предложения принимаются до 1-го числа месяца, предшествующего планируемому. Далее оператор также, как и в годовом графике уведомляет владельца только в течение 6 дней. Месячный график ремонта утверждается не позднее 24 числа месяца, предшествующего планируемому.

Вывод объекта в ремонт, не предусмотренного месячным графиком, осуществляется в следующем случае:

- если было отключено оборудование действием релейной защиты и противоаварийной автоматики или из-за отключения оборудования дежурным персоналом при возникновении неисправности, а также при отключении им устройств релейной защиты, автоматики в случае их неисправности, ложных срабатываний;

- возникновения аварийных отключений оборудования;

- возникновения в процессе эксплуатации объектов непредвиденных ситуаций, которые требуют проведения незамедлительных ремонтных работ.

Например, за 7 месяцев 2016 года на электростанциях 25 МВт и более и в сетях напряжением 110 кВ и выше, которые расположены на территории Уральского федерального округа, произошло 1528 аварий (из них 380 на электростанциях и 1148 в электрических сетях), когда в 2015 году за такой же период было 1983 аварии (466 на электростанциях, 1517 в электрических сетях). Наблюдается динамика снижения аварий. Это говорит об эффективности проведения предупреждений возникновения перерывов электроснабжения. Диаграмма приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Количество аварий на объектах электроэнергетики за 7 месяцев на территории Уральского ОДУ

В основном аварии отмечались на территории Ямало-Ненецкого автономного округа и связан с образованием гололёдно-изморозевых отложений на проводах и грозотросах в январе 2016 года. Рассмотрим разные причины аварий.

К основным рискам нарушения электроснабжения потребителей относятся:

- снижение резерва генерирующей мощности ниже 3,5% от максимальной фактической нагрузки;
- перегрузка электрической сети;
- понижение уровня напряжения до аварийных значений;
- нарушение устойчивости энергосистемы;
- повышение температуры до значения, превышающего допустимую для данного региона;
- неблагоприятные погодные условия:
 - а) грозовые явления;
 - б) обильные дожди;
 - в) ураганный ветер;
 - г) снегопады;
 - д) гололедообразование на проводах и т.д.
- человеческий фактор – неправильные действия оперативного персонала;
- внезапный выход из строя оборудования;
- возможность возникновения катастроф техногенного характера или чрезвычайных ситуаций.

При наступлении одного из этих случаев в целях предотвращения нарушения электроснабжения необходимо предпринять следующие меры:

- временно запретить технологическое присоединение новых нагрузок; мобилизация и обеспечение управления всеми видами резервов в сфере производства, передачи и распределения энергии в том числе средствами компенсации реактивной мощности, которые имеются на некоторых объектах потребителей;
- ограничение суточного потребления электрической энергии и потребления электрической мощности сверх установленной величины;
- контроль объектов с наибольшими отклонениями параметров от нормальных (допустимых) значений, а также потребителей, нагрузка которых превышает заявленную активную и реактивную мощность;
- круглосуточная работа персонала на объектах электроэнергетики и потребителей; мобилизация оперативных выездных бригад;
- ограничение работы развлекательных учреждений, световой рекламы, уличного освещения и т.д.

Таким образом, для многих объектов электроэнергетики характерно старение действующего оборудования, окончание его срока службы. Это приводит к частому появлению аварий, что способствует нарушениям в электроснабжении потребителей, к травматизму людей, животных. Для поддержания нормального функционирования системы электроснабжения необходимо проведение планово-предупредительных ремонтов, которые включают в себя постоянный кон-

троль за состоянием оборудования, анализ опасностей и рисков, которые могут возникнуть.

Список использованных источников:

1. Постановление Правительства РФ от 26 июля 2007 г. № 484 «О выводе объектов электроэнергетики в ремонт и из эксплуатации».
2. Синягин, Н. Н. Система планово-предупредительного ремонта оборудования и сетей промышленной энергетики / Н. Н. Синягин, Н. А. Афанасьев, С. А. Новиков. – 2-е изд-е, перераб. – Москва : Энергия, 1978. – 408 с. – ил.
3. Энергетика в России и в мире. Проблемы и перспективы. Москва: МЛИК «Наука/Интерпериодика», 2001 – 136 с.

ВІМ-ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК НОВЫЙ ЭТАП В РАЗВИТИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Вакуленко С. В. – студент группы Э-31
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Ничто не стоит на месте и проектирование инженерных систем – не исключение. Еще одним доказательством этого является появление такого процесса как BIM-проектирование. BIM – Building Information Model – идея создания компьютерной модели всего проектируемого здания, которая будет содержать полную и развернутую информацию о нем от начала проектирования и вплоть до его демонтажа. Данная мысль была впервые сформулирована еще в 1975 году профессором Технологического института Джорджии Чаком Истманом. Но только не так давно началось массовое обсуждение и попытки к реализации этого инноваторского, принципиально нового подхода.

На рисунке 1 представлена схема, визуализирующая BIM модель здания.

Данное моделирование - это комплексный подход к решению задач проектирования строительства, инженерных систем; сбор информации о состоянии объекта на протяжении всего его жизненного цикла. В основе лежит трёхмерное моделирование с полной межсистемной интеграцией систем за счет связи атрибутов проекта с единой базой данных, что является важным аспектом в случае внесения изменений в какую-либо систему.

На данный момент уже есть отечественный опыт BIM-проектирования. Одной из компаний, ведущих разработку методик работы в средах BIM-проектирования является проектная мастерская «Артпот». На основании пробных работ мастерской «Артпот», выполненных в среде Revit, которая, в свою

очередь, является средой для BIM-проектирования, были сделаны следующие выводы:

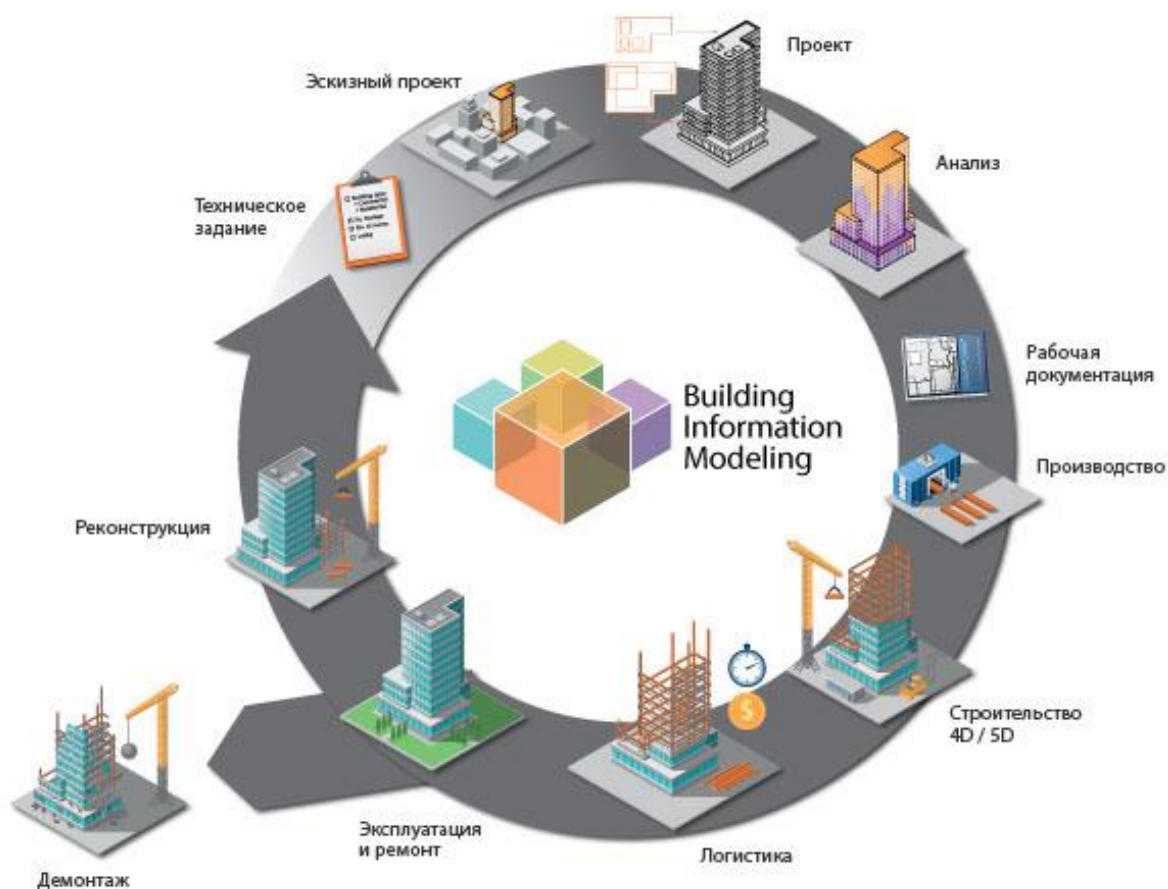


Рисунок 1 – Схема жизненного цикла проектируемого здания

1. Существует как минимум 3 проблемы (сложности) при данном виде проектирования:

- единая проектная сущность: работа с одним файлом-проектом, единым для всех проектировщиков различных инженерных систем;
- постоянное взаимодействие всех участников процесса: слаженная связь всех работников, занятых единым проектом;
- единая структура хранения и передачи данных: создание единых правил использования и изменения общих файлов, а также настройка удаленного доступа для одновременной работы инженеров смежных систем.

2. В настоящих условиях быстрый переход на BIM-проектирование, отказавшись от привычного и надежного программного обеспечения, невозможен. Поэтому переход должен осуществляться плавно – сначала возможна работа в среде с частью проекта, потом с использованием так называемого связующего звена – программы, которая привычна инженерам, а лишь только потом возможен полный переход при условии постепенного обучения персонала.

3. Следующим этапом в проектировании, вероятно, будет переход к проектированию в четырех измерениях, что подразумевает под собой динамичное развитие проекта уже на этапе строительства, то есть представление проекта в виде динамичной виртуальной модели. Это позволит прийти к безбумажному проектированию, что является неизбежностью в связи с неуклонно возрастающим потоком мультимедии. Кроме того, это сохранит огромный объем материалов, необходимых для печати документации.

Что же касается практической пользы от данного вида проектирования: BIM-проектирование позволяет собрать единую виртуальную модель, в которой возможно совместить работу инженеров различных инженерных систем. Это, в свою очередь, является очень удобным инструментом для работы с заказчиком при проектировании, при внесении изменений в проект, а также при анализе эксплуатируемого здания. Также этот проект является объектно-ориентированной цифровой моделью не только объекта, но и процесса его строительства. Как и было уже сказано, BIM-модель является идеальным инструментом для непосредственной работы проектной компании с заказчиком, так как заказчик может видеть все инженерные решения проекта, как совмещенно по всем системам, так и развернуто (отдельно по каждой). Это минимизирует или даже исключает фактор недопонимания и оптимизирует дальнейшую работу.

В ходе разработки платформ для BIM-проектирования обсуждался вопрос о формах вывода информации о модели. На данный момент общепризнанными, обеспечивающими универсальность и эффективность, формами являются:

- 2D и 3D чертежи модели;
- 2D файлы и объемные 3D модели для использования в различных CAD-программах;
- таблицы, ведомости, спецификации;
- файлы для использования в Интернет;
- файлы с инженерными заданиями на изготовление входящих в модель изделий и конструкций;
- файлы-заказы на поставку оборудования и материалов;
- результаты тех или иных специальных расчетов;
- видеоматериалы, отражающие моделируемые процессы;
- файлы с данными для расчетов в других программах;
- файлы презентационной визуализации и анимации модели
- виды объемных разрезов и других полных или не полных фрагментов проектируемого здания
- файлы для трехмерной печати;
- данные для изготовления модели или ее частей на станках с ЧПУ, лазерных или механических резаках либо других подобных устройствах;
- любые другие виды предоставления информации, которые потребуются при проектировании, строительстве или эксплуатации здания.

Несмотря на всю кажущуюся идеальность BIM-проектирования, есть особенности, о которых не стоит забывать. Например, нельзя считать, что прошел век классического проектирования, где необходим профессиональный подход опытных проектировщиков. Поэтому никогда не станет ненужной «старая гвардия», а лишь изменится инструмент проектирования. Ведь в BIM-проектировании нет никакого упоминания об искусственном интеллекте – его попросту там нет. Все решения при проектировании по-прежнему будет принимать человек. Комплексный подход при проектировании требует к себе еще большего внимания инженеров, так как необходимо в одной модели совместить проекты различных смежных систем, а соответственно, результаты работы различных специалистов. То есть, не стоит говорить, что BIM работает автоматически, скорее – помогает в сборе и систематизации информации. Кроме того, у BIM есть особенное свойство – модель не является статичной, а скорее наоборот – постоянно изменяющейся, а длительность ее существования полностью перекрывает «жизненный цикл» проектируемого объекта. В то же время, BIM не исключает появление ошибок в проекте. Это объясняется всё тем же – человеческий фактор. Конечно, имеет место и ошибки вследствие сбоя в работе программ, выхода из строя оборудования и других факторов.

Подводя итоги, хотелось бы отметить, что BIM-технология проектирования несомненно является новым витком в эволюции систем проектирования инженерных систем. Как и любая новая технология BIM на сегодняшний момент является "сырой" средой проектирования в виду многих проблем, таких как: сложность проектирования в программном обеспечении; кроме того, одновременная работа проектировщиков над одним проектом является проблемой как с точки зрения программных продуктов, так и обеспечения необходимым оборудованием, что является серьезным пунктом по затратам даже для серьезных проектных мастерских. BIM-проектирование – это новый стиль работы, основанный на новых правилах и принципах, позволяющих совмещать работу различных специалистов в одну модель. Этим принципам необходимо будет научиться инженерам, как только начинающим свою деятельность инженерам-проектировщикам, так и уже опытным работникам, проработавшим не один десяток лет с САД-программами.

Список использованных источников:

1. Профессия. Переход на BIM-проектирование. Российский опыт [Электронный ресурс] : статья : интернет-издание archspeech. – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://archspeech.com/article/perehod-na-bim-proektirovanie-rossiyskiy-opyt>
2. BIM: что под этим обычно понимают [Электронный ресурс] : статья : isicad. – Москва, 2010. – Режим доступа: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14078.
3. Что такое BIM [Электронный ресурс] : статья : Группа компаний Инфарс. – Москва, 2016. – Режим доступа: <https://infars.ru/bim/>

СИСТЕМА АНТИОБЛЕДЕНИЯ ГЛАВНОГО КОРПУСА АЛТАЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Востриков Е. В. – аспирант, Сологубов А. В. – студент группы 8Э-63
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Антиобледенительные системы зданий и сооружений, появившиеся сравнительно недавно, доказали свою эффективность и во всем мире используются в строительном производстве целесообразность применения в строительном производстве и жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ) [1]. Использование таких систем позволяет исключить образование наледи в водосточных трубах, желобах, воронках и других местах ее наиболее вероятного появления, а также на подходах к зданиям и ступеней крылец.

Образование наледи приводит к уменьшению (вплоть до полного прекращения) оттока воды через водосточные желоба и трубы, что представляет серьезную опасность для жизни и здоровья людей и может привести к значительному материальному ущербу по нескольким причинам:

- отрыв значительных ледовых масс, иногда вместе с элементами водостока, представляет опасность для находящихся внизу людей и может стать причиной повреждения объектов, располагающихся вблизи водостока;
- повышается механическая нагрузка на элементы кровли, что сокращает срок ее службы (разрыв водостоков, появление зазоров в местах стыков кровли и т. д.);
- задержка воды на поверхности крыши приводит к протечкам, от чего страдают этажи, находящиеся непосредственно под крышей, и части фасадов зданий вблизи водостоков;
- необходимость механической уборки снега и льда с крыши, что требует дополнительного финансирования и резко сокращает срок службы крыши.

Использование в качестве нагревательного элемента кабельной продукции недостаточно энергоэффективно из-за небольшой площади теплоотдачи и ряду других причин. В связи с этим актуальным является исследование поверхностно-распределительного обогрева участков, подверженных образованию наледи с использованием многоэлектродных композиционных электрообогревателей (МКЭ) пластинчатой и объемной форм на основе бутилкаучука [2, 3].

Основным элементом антиобледенительной системы являются нагревательные секции, назначение которых преобразовывать протекающий по ним ток. Поэтому мощность на единицу длины (удельное тепловыделение), а также площадь нагревательного элемента – их важнейшие электро-, теплофизические параметры.

Существующие конструкции нагревательных элементов в основном базируются на различных греющих кабелях.

Резистивные кабели имеют постоянное неизменное сопротивление по всей длине и состоят из тепловыделяющей металлической жилы, изоляции, медной

оплетки и внешней оболочки. Сегодня на российском рынке представлены резистивные кабели, производимые такими фирмами, как: «СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ», или ССТ (Россия), THERMO, KIMA Heating Cable (Швеция), CEILHIT (Испания), ENSTO TASH (Финляндия), NEXANS Norway AS (ALCATEL, Норвегия / Франция), DEVI (Дания) и др. [4-7].

Технические и стоимостные характеристики основных типов кабелей антиобледенительных систем приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические и стоимостные характеристики кабелей для антиобледенительных систем

Название	Тип кабеля	Удельная мощность (Вт/м)	Диаметр кабеля (мм)	Стандартная длина(м)	Мощность (Вт)	Производитель	Цена, руб.
Electrolux ETC 2-17-200	Резистивный двухжильный	17	4.5	11.8	200	Швеция	3100
CH-18-171	Резистивный двухжильный	18	4	9.5	171	Россия	1600
TXLP 2-400-17	Резистивный одножильный	17	4	23.5	400	Норвегия	5500
HMG 80-2 CR	Саморегулирующийся	5-80	15	80	—	Южная Корея	410 за п.м
АКО-52341	Зональный	30	9	60	—	Испания	220 за п.м
SMS 80-2 CR	Саморегулирующийся	5-80	19	80	—	Южная Корея	450 за п.м

Анализ кабельных систем обогрева выявил следующие их недостатки:

- одинаковая теплоотдача кабеля по всей длине, это приводит к тому, что на одних участках кабель перегревается, а на других выделяемого им тепла может быть недостаточно для обеспечения удовлетворительного функционирования системы;
- малая площадь теплоотдачи кабеля, что требует использования значительной мощности для успешной работы системы;
- потеря работоспособности кабеля на всей длине секции при выходе из строя нагревательной жилы или повреждении изоляции.

Целесообразность применения электрообогревателей МКЭ в антиобледенительных системах доказана теоретическими и практическими исследованиями [8-9]. Основными преимуществами этих систем являются:

- наличие энергоэффективного распределенного нагрева;
- возможность изготовления электрообогревателей МКЭ, работающих в режимах само- стабилизации и саморегулирования;

- высокая степень изоляции МКЭ, более 1 МОм;
- длительная эксплуатация электрообогревателя МКЭ в условиях солнечной радиации, а также в агрессивной и влажной среде, срок эксплуатации, не менее 50000 часов.

С учетом специфики условий и эксплуатации выбраны два типа электрообогревателей МКЭ: пластинчатые, имеющие габаритные размеры 900х600х10 мм и 200х135х10 мм; и объемные цилиндрического типа, имеющие конструктивные размеры: внутренний диаметр – 24мм, внешний – 44 мм и длину 200 мм (рисунок 1) [10].

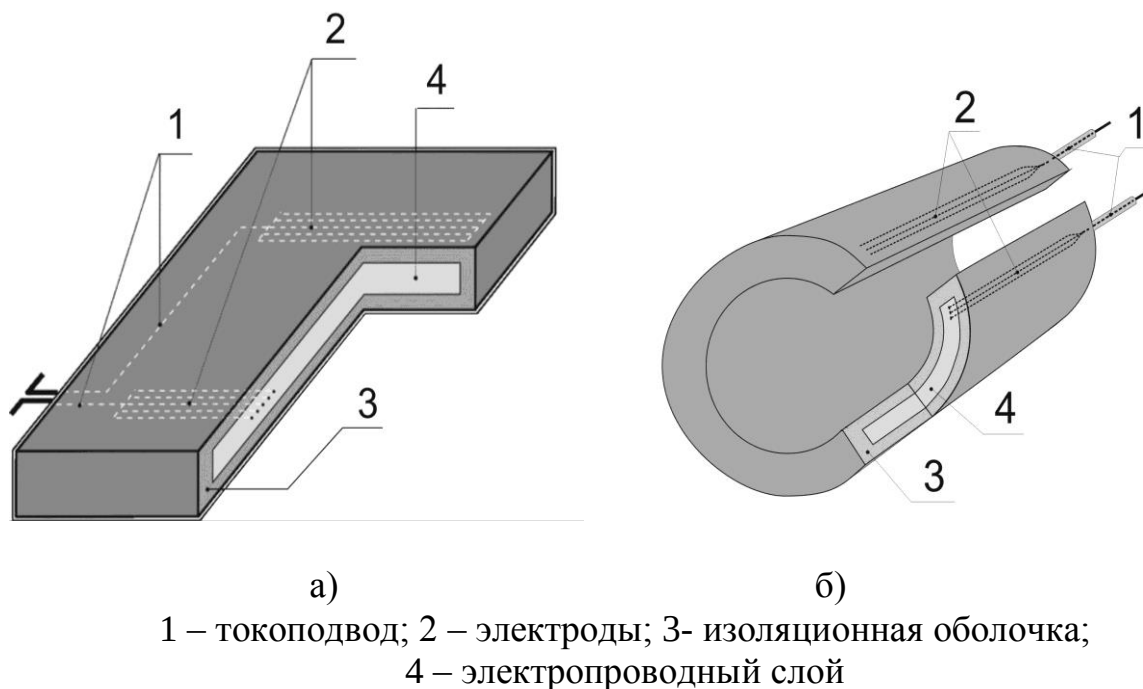
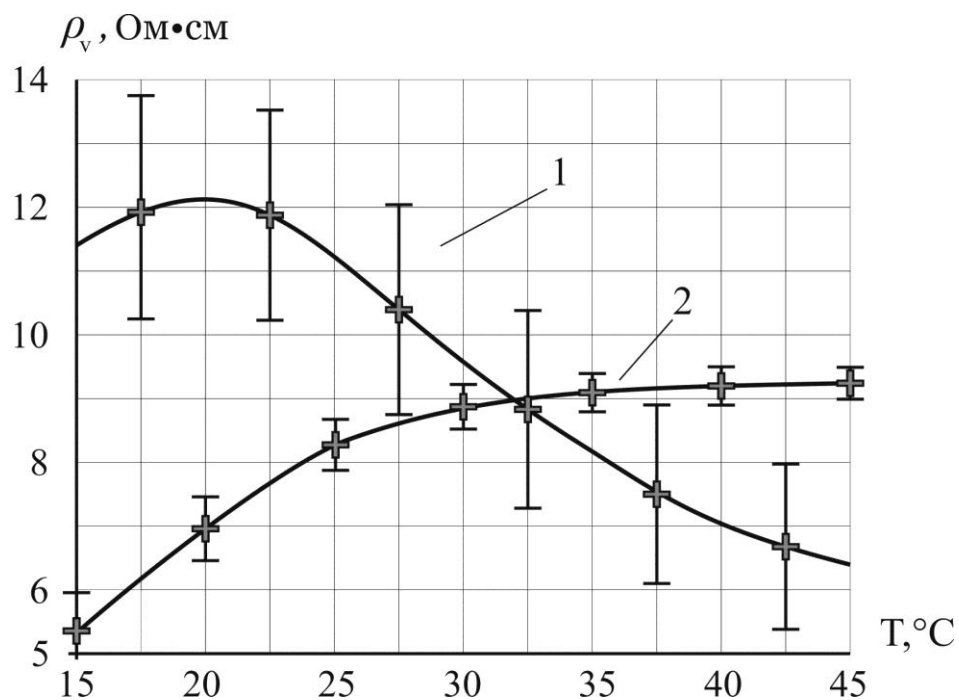


Рисунок 1 – Устройство МКЭ: а) пластинчатый; б) объемный

Для антиобледенительных систем разработаны МКЭ, имеющий специальные электрофизические характеристики, например, зависимость удельного объемного электрического сопротивления ρ_v от температуры электропроводного слоя МКЭ от температуры на его поверхности (рисунок 2).

Для приведенных зависимостей характерно, что в первое время идет увеличение удельного сопротивления, затем оно стабилизируется или незначительно меняется для первого вида многоэлектродных композиционных электрообогревателей, что характеризуется положительным температурным коэффициентом $TK\rho$. Для второго вида многоэлектродных композиционных электрообогревателей после достижения определенной температуры наблюдается снижение удельных сопротивлений, что характеризуется отрицательным $TK\rho$. Полученные характеристики подтверждают возможность работы МКЭ в режиме самостабилизации и саморегулирования температуры на поверхности.

Для организации антиобледенительной системы главного корпуса АлтГТУ необходимо, прежде всего, определить зоны установки электрообогревателей МКЭ.



1 – с положительным температурным коэффициентом;
 2 – с отрицательным температурным коэффициентом

Рисунок 2 – Усредненные зависимости ρ_v электропроводного слоя МКЭ от температуры

В рассматриваемом районе преобладают юго-западные ветры. На рисунке 3 показано, как взаимно расположены вектора движения ветра относительно главного корпуса АлтГТУ.

Большая часть снежных наметов и наледи образуются за препятствием ветра в силу завихрений воздушных масс, следовательно, необходимо увеличение мощности обогрева на северо-восточной стороне корпуса из-за высокой вероятности образования больших наметов и наледи (рисунок 4).

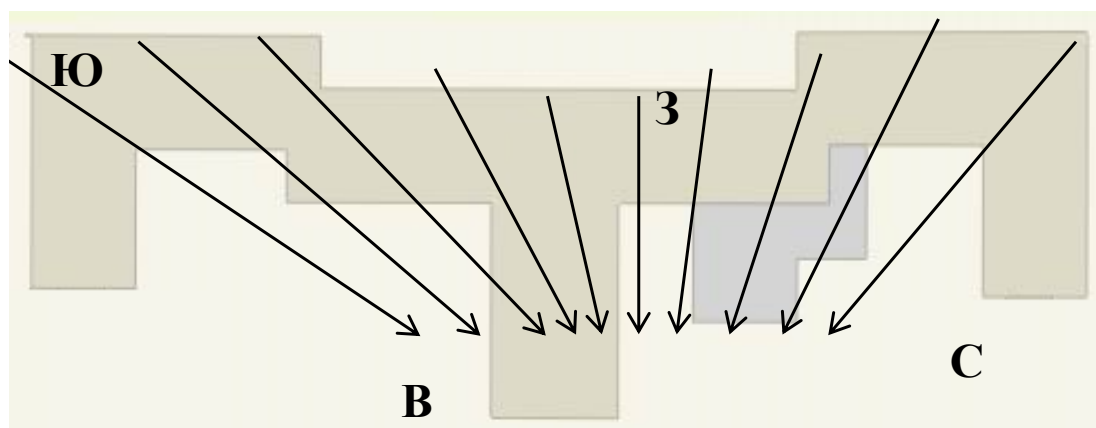


Рисунок 3 – Преобладающие направления движения ветра

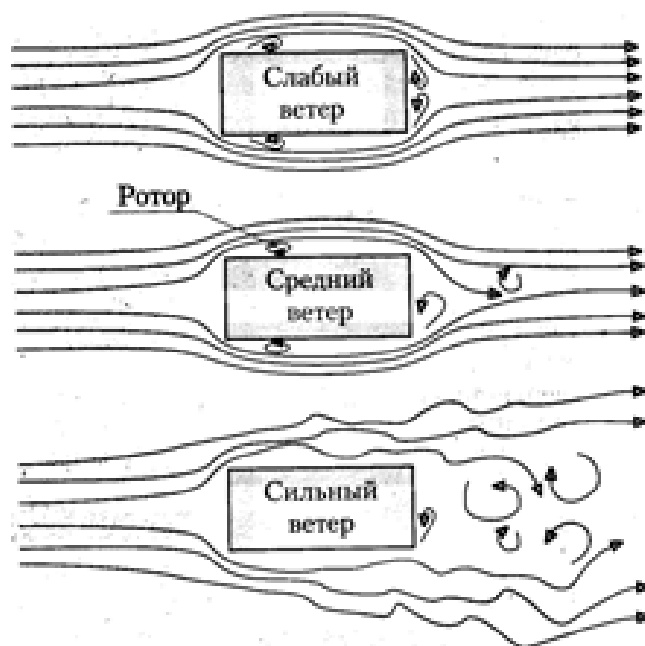


Рисунок 4 – Турбулентность воздушных потоков

Периметр крыши главного корпуса равен 577 м. При этом, длина контура юго-западной части крыши равна 297 м (лицевая часть корпуса), а северо-западной части - 280 м.

Количество водостоков равно 33, а их высота с учетом обогрева воронок и места слива воды около 22 м, для обогрева выберем юго-западную часть крыши, и все водостоки. Для обогрева выбираем северо-западную часть крыши и все водостоки (рисунок 5).

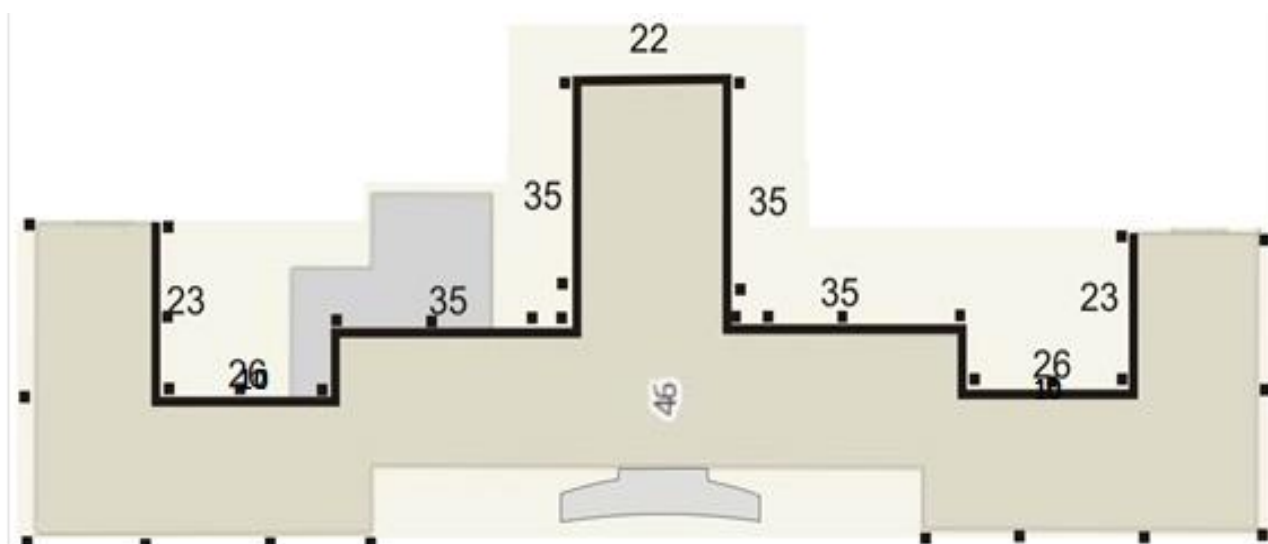


Рисунок 5 – Места обогрева крыши Главного корпуса АлтГТУ с указанием длины участков и расположения водостоков

Выбираем принципиальную схему управления с использованием контроллера РТ-200 (рисунок 6).

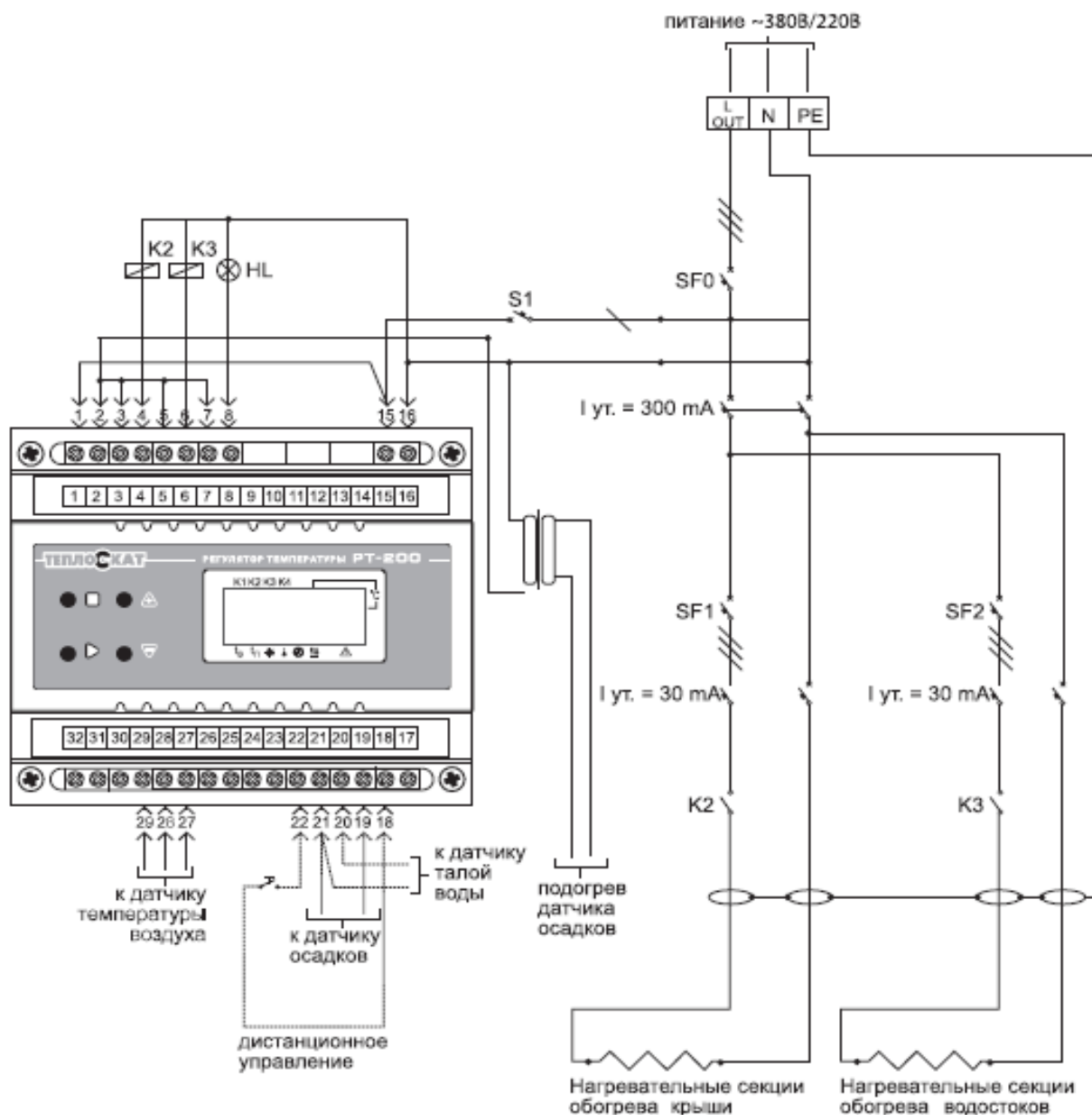


Рисунок 6 – Принципиальная схема управления антиобледенительной системой на основе МКЭ

Принцип работы системы состоит в следующем. Если температура окружающего воздуха находится в рабочем диапазоне (устанавливается при изготовлении и может быть изменен пользователем), включается реле K1, снимая тем самым блокировку со всех цепей управления. Если предварительно был установлен таймер включения обогрева при входе в температурный диапазон (устанавливается при изготовлении и может быть изменен пользователем), прибор включит обогрев всей кровли (реле K2 и K3) на время установленное в таймере (режим подготовки). По окончании этого време-

ни, обогрев выключится и РТ-200 контролирует состояние датчиков воды и осадков. При возникновении осадков РТ-200 включает обогрев кровли и лотков (реле К2 и К3 соответственно). При отсутствии осадков, прибор отключает обогрев кровли (реле К2). Водосточные лотки и трубы продолжают подогреваться до отсутствия сигнала с датчика талой воды. После этого обогрев лотков и труб будет продолжать работать по встроенному таймеру задержки (устанавливается при изготовлении и может быть изменен пользователем, поскольку зависит от длины водостоков). По окончании времени задержки обогрев отключится. Кроме того, возможно ручное управление прибором в виде принудительного включения обогрева, либо аварийного отключения обогрева.

Список использованных источников:

1. Антиобледенительные системы //Строительный сезон. – 2001. – №5. С. 28 – 33. Способ удаления льда с водостоков крыш зданий и сооружений: пат. № 2209906 Рос.Федерация. № 2002118385/03; заявл. 08.07.2002; опубл. 10.08.2003, Бюл. № 22–5 с.
2. Пат. № 2209904 РФ, МПК Е 04 Д 13/00. Устройство для удаления льда с водостоков крыш зданий и сооружений / Т. М. Халина, М. В. Халин, Г. А. Пугачев [и др.] – № 2002102526/03; Заявл. 28.01.2002; Опубл. 10.08.2003, Бюл. №22–5 с.
3. Пат. № 2209906 РФ, МПК Е 04 Д 13/076. Способ удаления льда с водостоков крыш зданий и сооружений / М. В. Халин, Т. М. Халина, Е. М. Рябикин [и др.], – № 2002118385/03; Заявл. 08.07.2002; Опубл. 10.08.2003, Бюл. №22–5с.
4. Thermo: [Электронный ресурс] // Sweden.Professional. Режим доступа URL: <http://thermoindustri.ru/> –Загл. с экрана.
5. Ceilhit: [Электронный ресурс] // Системы обогрева. Режим доступа URL: <http://www.ceilhit.ru/> –Загл. с экрана.
6. Devi: [Электронный ресурс] // By danfoos. Режим доступа URL: <https://devi.danfoss.com/> – Загл. с экрана.
7. Ensto tash: [Электронный ресурс] // Saves your energy. Режим доступа URL: <http://www.ensto.com/> –Загл. с экрана.
8. Востриков, Е. И. Антиобледенительная система на основе композиционных электрообогревателей/ Е.И. Востриков, М.В. Халин // Энергетика: экология, надежность, безопасность: сборник статей 13-ой Всероссийской научно-технической конференции. – Томск: Изд – во ТГУ, 2007, 52-57 с.
9. Халин, М. В. Многоэлектродный композиционный электрообогреватель для агрессивных и влажных сред / М. В. Халин, Е. И. Востриков // Вестник АГАУ, №3. – Барнаул: АГАУ, 2015, 130-135 с.
10. ТУ 3468-007-02067824-2003. Многоэлектродные композиционные электрообогреватели (МКЭ). № Гос. рег. 004026 / Разработчик М.В. Халин. – Барнаул, 2003. – 24 с.

РАЗРАБОТКА АКТИВНОЙ КОНСТРУКЦИИ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Гизбрехт О. П. – студент группы Э-31, Брындин А. И. – студент группы 8Э-61,
Белицын И. В. – к.п.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Солнечная энергетика – это один из самых быстро развивающихся альтернативных источников энергии в наше время. Данный источник имеет ряд преимуществ, которые в свою очередь позволяют говорить о перспективности в энергетике.

Основные преимущества:

- экологичность;
- возобновляемость;
- относительно не высокие вложения.

Солнечная энергия является бесплатной и повсеместной. При эксплуатации солнечных коллекторов не происходит вредных выбросов в живую природу. И сам солнечный коллектор полностью вторично перерабатывается.

В большей части России нет централизованного энергообеспечения, поэтому применение солнечных коллекторов и их систем является актуальным для населения.

Из-за постоянного роста цен на энергоресурсы в стране, непрерывное увеличение тарифов на электроэнергию, высокое экологическое воздействие на экологию традиционных источников энергии. Использование солнечных коллекторов становится все более актуальным. Из всех разработок, работающих на солнечной энергии имеющихся на сегодняшний день, солнечные коллекторы являются самыми эффективными устройствами. Назначение вакуумных солнечных коллекторов – это преобразование солнечной энергии в тепловую. На рисунке 1 представлены модели солнечных установок.



Рисунок 1 – Солнечные водонагревательные установки

Существует два основных типа солнечных коллекторов, это вакуумные трубчатые коллектора и плоские коллектора [1]. В нашей работе рассматривается установка-гибрид солнечного параболического концентратора и вакуумной трубки. В настоящее время, подобных конструкций в производстве для домашнего использования не существует, поэтому мы решили провести исследование в этом направлении.

На рисунке 2 представлено общее устройство модели:

- параболический концентратор – металлическая конструкция с отражающим слоем - 1 [2];
- опорная конструкция - жёсткая металлическая конструкция - 2;
- вакуумная тепловая трубка – тепловой приёмник - 3;
- солнечный трекер – система слежения за солнцем - 4;
- линейный актуатор – поворотный механизм - 5.

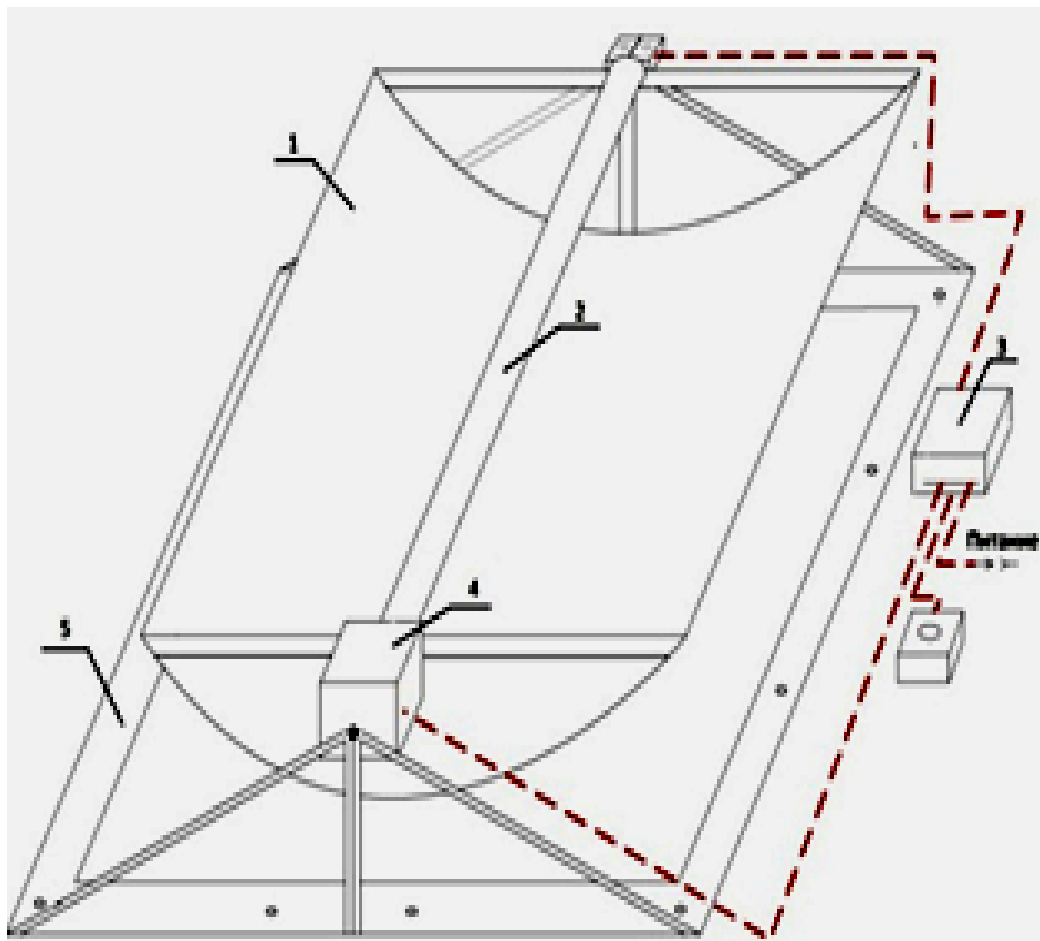


Рисунок 2 – Общее устройство модели

Управление конструкцией осуществляется посредством электронной платформы «Arduino».

Принятая к исполнению принципиальная схема представлена на рисунке 3.

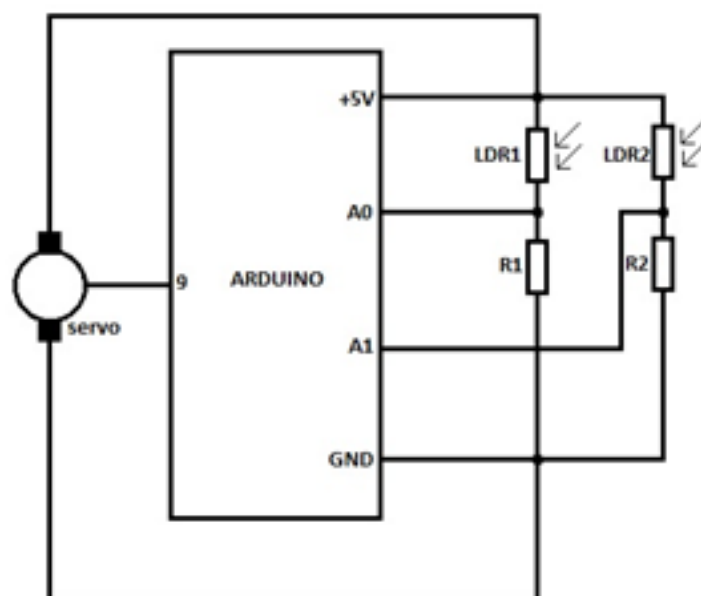


Рисунок 3 – Электрическая схема солнечного трекера.

На основе собранных данных была собрана демонстрационная модель системы слежения за солнцем, представленная на рисунке 4-5.



Рисунок 4 – Демонстрационная модель

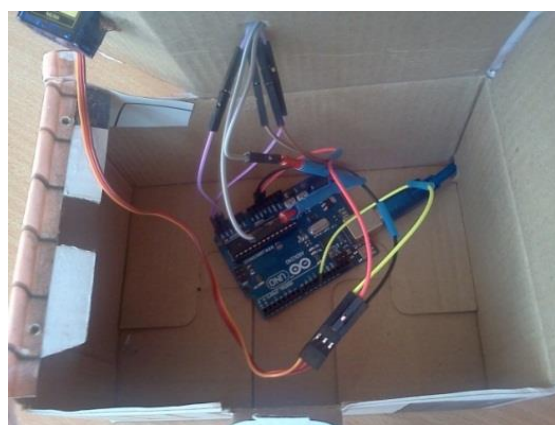


Рисунок 5 - Демонстрационная модель

Основным достоинством нашей конструкции является большая эффективная рабочая площадь, которая поддерживается солнечным трекером, в отличие от классических солнечных коллекторов. При разработке солнечного трекера делается упор на снижение стоимости производства устройства, которое будет вполне пригодно для домашнего использования. Немаловажным фактором являлся подбор качественных и недорогих материалов для изготовления узлов и агрегатов данной установки.

Список использованных источников:

1. Альтернативная энергетика [Электронный ресурс] : Перспективы энергетика. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Альтернативная энергетика](https://ru.wikipedia.org/wiki/Альтернативная_энергетика) (дата обращения 06.09.15).

2. Горячее водоснабжение на даче и в доме [Электронный ресурс] : Концентрирующий параболический солнечный коллектор. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://delaysam.ru/dachastroy/dachastroy56.html> (дата обращения 22.09.15)

ПИРАМИДАЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ В КАЧЕСТВЕ СЕЛЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Гизбрехт О. П. – студент группы Э-31, Белицын И. В. – к.п.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул, АлтГТУ, кафедра ЭПП,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Целью данной работы является повышение эффективности использования солнечной энергии путем увеличения эффективной площади абсорбера, уменьшением эмиссии с поверхности и снижением стоимости материала, благодаря технической конструкции поверхности абсорбера.

Объект относится к гелиотехнике. В частности, к солнечным коллекторам, преобразующим тепловую энергию солнца и предназначенным в быту, коммунальном и сельском хозяйстве для отопления и горячего водоснабжения.

Солнечный абсорбер выполнен в виде пирамидальной поверхности (рисунок 1), или в простейшем виде - пирамидальная поверхность в одной плоскости (клиновидный), представлен на рисунке 2.

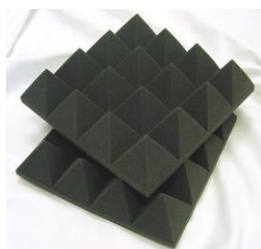


Рисунок 1 – Пирамидальная поверхность абсорбера



Рисунок 2 – Пирамидальная поверхность абсорбера в одной плоскости (клиновидный)

Пирамидальная лицевая поверхность значительно увеличивает эффективную площадь и позволяет многократно отражаться и поглощаться солнечному излучению, падающему на неё. Независимо от того, какой угол, поглощение всегда будет эффективным (рисунок 3).

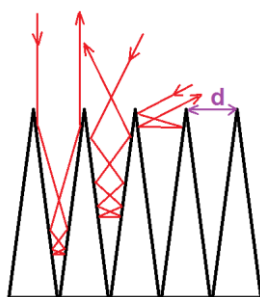


Рисунок 3 – Пирамидальный абсорбер в разрезе

При уменьшении шага d , поглощающая эффективность абсорбера увеличивается, благодаря более многократному отражению солнечного излучения (рисунок 4).

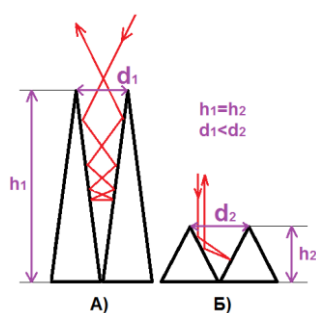


Рисунок 4 – Пирамидальный абсорбер в разрезе

Критерием существенного отличия является объединение в одном элементе теплообменной и светопоглощающей поверхности, что дает возможность отказаться от дополнительных затрат на элементы теплообменных трубок с теплоносителем. Возможность применение более недорогих материалов создается благодаря малой толщины абсорбера. Данная поверхность значительно пони-

жает потери тепла на солнечное отражение, расширяет возможности применения абсорбера и повышает его КПД.

Список использованных источников:

1. Файловый архив студентов [Электронный ресурс] : Радиоэкранирующие и радиопоглощающие полимерные материалы и конструкции - теоретические основы. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/5788711/page:2/> (дата обращения 05.03.17)
2. DOCPLAYER [Электронный ресурс] : Пирамидальный радиопоглощающий материал серии АРМ. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/282055-Piramidalnyy-radiopogloshchayushchiy-material-serii-arm.html> (дата обращения 05.03.17)

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ГИБРИДОМОБИЛЯ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ НАКОПИТЕЛЕМ И КОНДЕНСАТОРОМ ДВОЙНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЛОЯ

Дедов С. И. – студент группы ЭММ-63, Штанг А. А. – к.т.н., доцент
РФ, Новосибирская область, г. Новосибирск,
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Актуальность. На данном этапе технологического прогресса переход на экологичные виды транспортных средств (ТС) является одним из приоритетных. В ведущих странах мира снижается количество ТС, использующих бензиновое топливо в пользу электротранспорта, гибридных видов ТС, транспорта на топливных ячейках и др. Сложность применения автономных электротранспортных средств в России обуславливается суровым климатом. Для поддержания микроклимата в ТС и обогрева накопительного блока расходуется значительная часть энергии аккумулятора. Распространение получили гибридомобили, сочетающие в себе достоинства автомобиля и электромобиля.

Предмет исследования. Энергетическая установка гибридомобиля.

Цель исследования. Сравнение параметров энергетической установки гибридомобиля, использующей в качестве НЭ электрохимический накопитель (ЭХН) и конденсатор двойного электрического слоя (КДЭС).

Основные положения исследовательской работы. Наиболее распространенным вариантом НЭ в гибридомобилях является литий-ионный аккумулятор, имеющий наилучшие характеристики среди ЭХН (таблица 1). ЛИА состоит из электродов, разделенных пористым сепаратором, пропитанным электролитом. Пакет электродов помещён в герметичный корпус, катоды и аноды подсоединены к клеммам-токосъёмникам (рисунок 1).

Литий-ионные аккумуляторы различаются по типу используемого катодного материала. Переносчиком заряда в литий-ионном аккумуляторе является положительно заряженный ион лития, который имеет способность внедряться (интеркалироваться) в кристаллическую решётку других материалов (например,

в графит, окислы и соли металлов) с образованием химической связи. Однако эксплуатация ЛИА вызывает затруднения – при падении температуры ниже 0 °С происходит существенное падение мощности до 40-50 % [2]. Для сохранения дальности хода производители увеличивают объем накопительного блока, что отрицательно сказывается на массогабаритных показателях и на цене ТС в целом. Также ЛИА не приспособлен к частому процессу заряда-разряда. Принимая во внимание тот факт, что ТС в городской среде перемещается, совершая частые пуски и торможения, применение ЛИА нерационально.

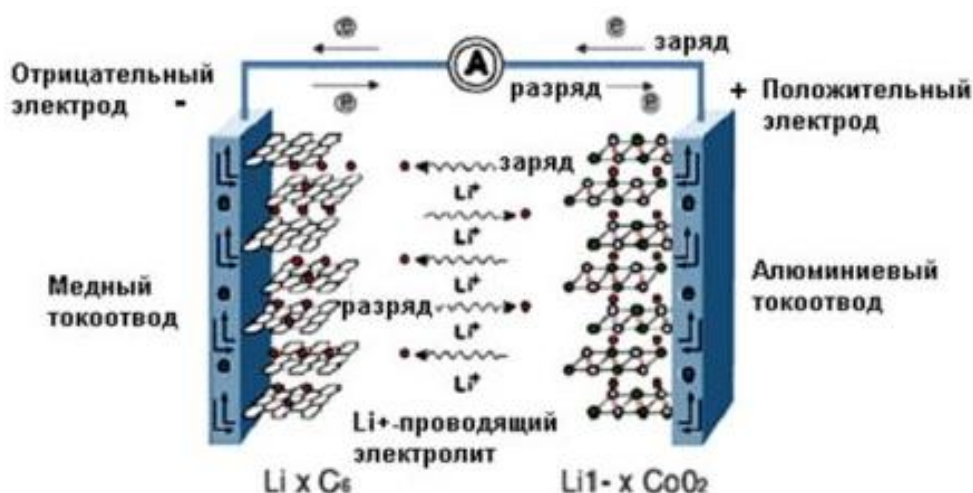


Рисунок 1 – Схема работы ЛИА

Таблица 1 – Характеристики литий-ионных аккумуляторов

Наименование параметра		Значение	Размерность
Напряжение единичного элемента	минимальное	2,5-3	В
	номинальное	3,7	
	максимальное	4,23	
Удельная энергоемкость		180-243	Вт·ч/кг
Внутреннее сопротивление		5-15	мОм/Ач
Число циклов заряда-разряда		до 3000	
Время быстрого заряда		15...60	мин
Саморазряд при комнатной температуре		3% в мес.	
Ток нагрузки	постоянный	до 65С	А·ч
	импульсный	до 500С	
	оптимальный	до 1С	
Диапазон рабочих температур		-20...+60	С°

КДЭС отличается от обычных конденсаторов тем, что не содержит диэлектрик. Обычно в качестве твердого проводящего материала используется активированный уголь. Пространство между двумя электродами заполнено электролитом, и КДЭС заряжается и разряжается за счет адсорбции и десорбции ионов к поверхностям электродов и от них (рисунок 2).

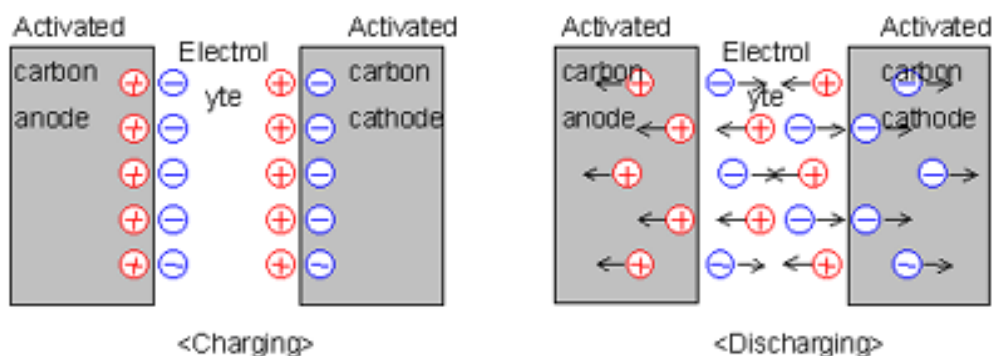


Рисунок 2 - Схема работы КДЭС

КДЭС позволяет совершать частые пуски и торможения с рекуперированием энергии без ухудшения собственных характеристик НЭ в дальнейшем, не подвержены падению мощности при отрицательных температурах. Преимуществом также является быстрый заряд НЭ. Из недостатков следует отметить низкую удельную энергоемкость по сравнению с ЭХН, и более высокую цену. Характеристики КДЭС представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики конденсаторов двойного электрического слоя

Наименование параметра	Значение	Размерность
Напряжение единичного элемента	3,3...5,5	В
Удельная энергоемкость	до 131 [3]	Вт·ч/кг
Число циклов заряда-разряда	более 10^6	
Саморазряд при комнатной температуре	1,5 за 72 ч.	мА
Емкость	до 3500	Ф
Диапазон рабочих температур	-20...+60	С°

Накопительный блок составляет значительную долю стоимости гибридного автомобиля. Для рентабельности гибридного автомобиля необходимо, чтобы срок службы НЭ был не менее срока эксплуатации ТС. Двигаясь в городской среде, происходит частое реверсирование потока энергии в накопителе. Из представленных вариантов НЭ целесообразно применять КДЭС в виду значительного ресурса циклов заряда-разряда, а также сохранения динамических свойств и дальности хода ТС при отрицательной температуре.

Заключение. С учетом условий эксплуатации и режимов работы гибридного автомобиля в городской среде, в качестве накопительного блока рациональнее использовать КДЭС.

Список использованных источников:

1. Е. А. Спиридонов, В. Н. Аносов, А. А. Штанг. Исследование гибридного источника энергии для электрического транспортного средства с накопительными устройствами // Транспорт: Наука, техника, управление. - ВИНТИ, №8. - С. 7-10.

2. Lithium-ion battery structure that self-heats at low temperatures [Электронный ресурс] //Nature 529. научн. журн. 2016.URL: <http://www.nature.com/nature/journal/v529/n7587/full/nature16502.html> (дата обращения: 23.02.2017).

3. Nanoporous graphene materials by low-temperature vacuum-assisted thermal process for electrochemical energy storage [Электронный ресурс]//Journal of Power Sources Volume 284. науч. журн. 2015. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775315004310> (дата обращения: 23.02.2017).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С ПОМОЩЬЮ КОСВЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Дорожкин М. В. – студент группы 8ПС -51, Коротких В. М. – к.т.н., профессор
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Использование реактивных элементов в электрических цепях, в цепях коррекции, в частотных фильтрах, в колебательных контурах и т.д. является весьма распространённой практикой. Диагностирование параметров индуктивных и ёмкостных элементов, влияющих на амплитудно-частотные характеристики различных устройств является важной технической задачей [1, 2].

Для решения этой задачи в массовом и серийном производстве применяется большое количество дорогостоящих измерительных приборов – частотный генератор, генератор качающей частоты, измерители ёмкости, индуктивности, вольтметр, амперметр, ваттметр, а также измерительные комплексы и компьютерные системы, что не приемлемо в малых мастерских или полевых условиях.

При определении частотных характеристик электрических цепей и параметров элементов, входящих в их состав, авторами используются стандартные – амперметр, вольтметр и ваттметр. В качестве частота-задающего элемента, берется электрическая сеть частотой 50 Гц с лабораторным автотрансформатором или самодельный генератор «трёхточка» на одном транзисторе. Первый эксперимент (рисунок 1) позволят найти активное и реактивное сопротивление R_K и X_L катушки, далее ее индуктивность [1, 3].

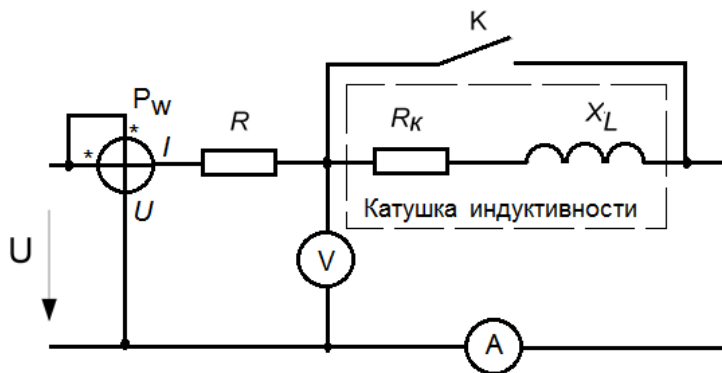


Рисунок 1 - Электрическая схема первого эксперимента

Активное сопротивление R_K находим из выражения:

$$R_K = \frac{P_K}{I^2} \quad (1)$$

где - P_K – активная мощность катушки, I – электрический ток цепи (показания прибора).

Активная мощность катушки:

$$P_K = P_2 - P_1 \quad (2)$$

где - P_2 – измеренная активная мощность цепи с выключенным ключом K ($K=0$), P_1 - измеренная активная мощность цепи с включенным ключом K ($K=1$).

Полное сопротивление катушки на основании закона Ома и проводимых измерений:

$$Z_K = U_K / I_K \quad (3)$$

Из модульного соотношения - $Z_K^2 = R_K^2 + X_L^2$, находим:

$$X_L^2 = Z_K^2 - R_K^2 \quad (4)$$

В уравнение 4 подставляем формулы 1 и 3, получаем

$$X_L^2 = (U_K / I_K)^2 - (P_K / I^2)^2 \quad (5)$$

Используя зависимость реактивного сопротивления от частоты и индуктивности $X_L = 2\pi fL$ запишем значение индуктивности.

В результате индуктивность катушки:

$$L = X_L / 2\pi f \quad (6)$$

Подставляем значение X_L , найденное в результате косвенных измерений и на основании выражения 5, при частоте f равной, частоте питающей сети.

Для анализа и расчета амплитудно-частотных характеристик цепи с индуктивным и емкостным реактивным сопротивлениями используем схему (Рисунок 2) с их последовательным соединением. На основании закона Ома емкостное реактивное сопротивление [1, 3]:

$$X_C = U_C / I_C \quad (7)$$

а зависимость его от частоты и ёмкости:

$$X_C = 1 / 2\pi f C \quad (8)$$

Тогда емкость определяется на основании зависимостей 7 и 8:

$$C = I_C / 2\pi f U_C \quad (9)$$

В цепях с последовательным соединением конденсатора и катушки индуктивности может возникнуть резонанс напряжений при условии $X_L = X_C$, или $2\pi f_p L = 1 / 2\pi f_p C$,

где f_p – частота резонанса, которую находим исходя из найденных значений индуктивности и емкости, тогда

$$f_p = 1 / 2\pi \sqrt{LC} \quad (10)$$

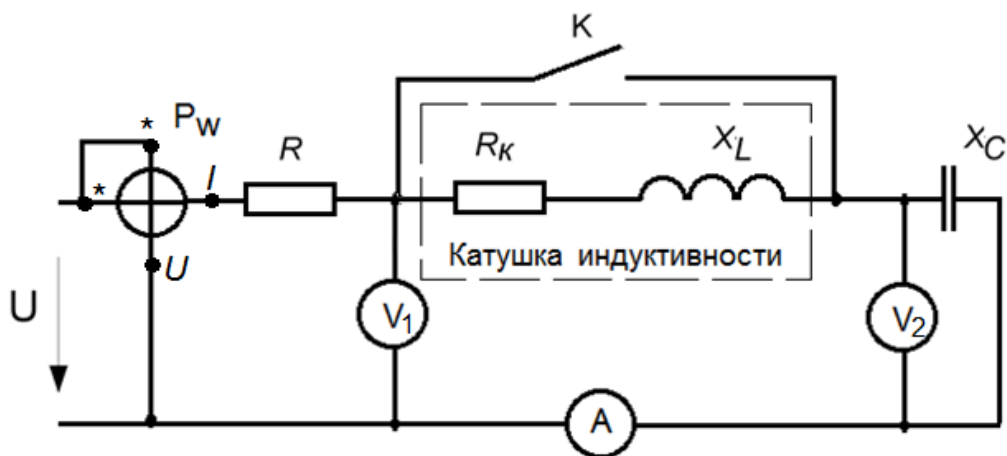


Рисунок 2 - Электрическая схема второго эксперимента

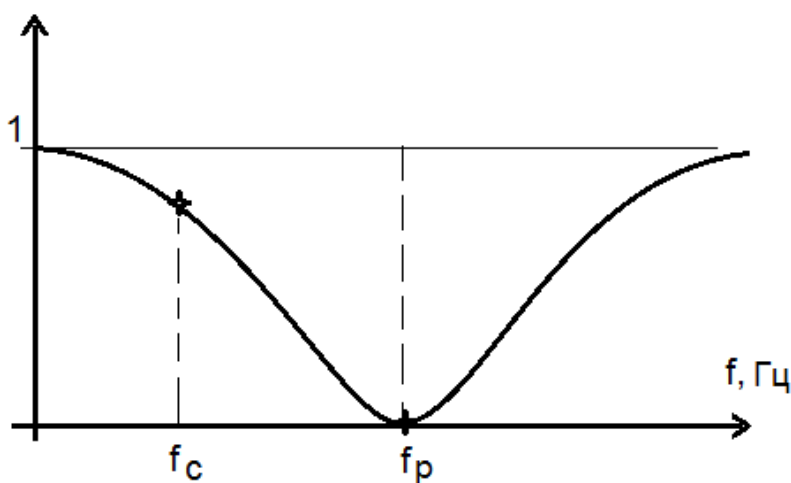


Рисунок 3 – Амплитудно-частотная характеристика электрической цепи

Выводы: Полученные значения индуктивности, ёмкости, частоты резонанса, частоты питающей сети дают возможность построить амплитудно-частотную характеристику электрической цепи (рисунок 3 - вольтметр V_1).

Данная методика измерений и расчетов позволяет определить параметры цепи, при котором коэффициент мощности ($\cos\varphi$) будет максимальным, а, следовательно, это даёт минимальные потери электроэнергии.

Список использованных источников:

1. Довгун, В. П. Электротехника и электроника: учеб. пособие: в 2-х ч. Ч. 2 / В. П. Довгун. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 252 с.
2. Жаворонков М. А. Электротехника и электроника: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / М. А. Жаворонков, А. В. Кузин. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 400 с.
3. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл: пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ МАШИН ПРИ ОДНОФАЗНОМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ

Еремочкин К. С. – студент группы С-41, Еремочкин С. Ю. – к.т.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Одним из основных средств для приведения в движение почти всех электрифицированных машин для производства различной продукции является электродвигатель. Как известно [1], в производстве широкое распространение получили трехфазные и однофазные асинхронные короткозамкнутые электродвигатели, что предопределяется рядом их преимуществ над двигателями постоянного тока: более высокой надежностью и производительностью, простотой в эксплуатации, низкой стоимостью и габаритами. В результате проведенных исследований установлено, что по таким показателям, как стоимость, коэффициент полезного действия и габариты, трехфазные асинхронные короткозамкнутые двигатели имеют преимущества перед однофазными.

Согласно статистическим данным в России более 90% абонентов частного сектора и более 40% абонентов коммерческого сектора в сельской местности не имеют трехфазного источника электрической энергии. Актуальным, в связи с вышесказанным, становится вопрос выбора способа запуска и работы трехфазных асинхронных короткозамкнутых электродвигателей электрифицированных машин для производства различной продукции от однофазной сети [2].

Включение трехфазного асинхронного электродвигателя в однофазную сеть выдвигает ряд особенных требований. На сегодняшний день наибольшее распространение получили три способа питания трехфазного двигателя от однофазной сети:

- метод прямого включения;
- использование емкостных или индуктивно-емкостных фазосдвигающих цепей;
- запуск и работа с помощью частотного преобразователя [3].

Недостатками первых двух способов запуска и работы трехфазного двигателя от однофазной сети являются значительное понижение момента и развиваемой электродвигателем мощности, а также необходимость использования, во втором случае, набора конденсаторов различной емкости при различной величине нагрузки и заметные трудности в организации регулирования скорости двигателя. Применение частотных преобразователей в однофазной сети для питания трехфазных асинхронных электродвигателей небольшой мощности, в ряде случаев не рационально из-за их высокой стоимости [5] [6].

В связи с наличием у рассмотренных способов запуска и работы трехфазных двигателей от однофазной сети ряда существенных недостатков,

для данных условий целесообразно использовать преобразователи векторно-алгоритмического типа, серия которых была разработана на кафедре «Элек-

тротехника и автоматизированный электропривод» Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова.

Работа одного из преобразователей (рисунок 1) [4] поясняется рисунком 2, где показано пофазное изменение тока в обмотках статора двигателя А, В и С (I_A , I_B и I_C), а также открываемые транзисторы.

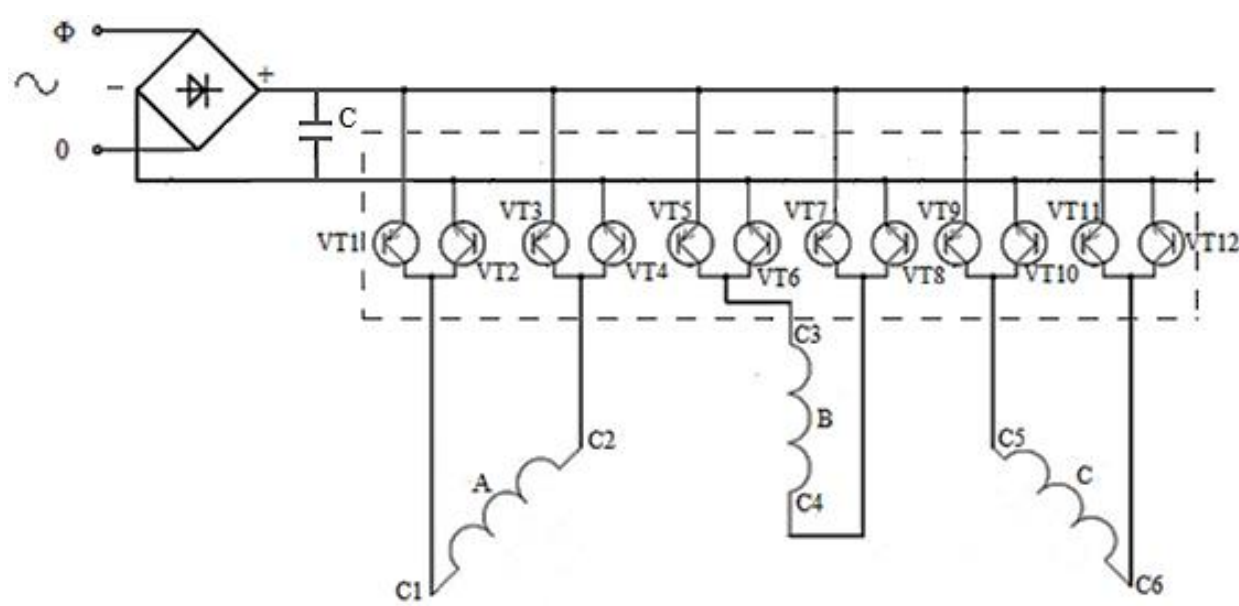


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема преобразователя

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I_A			VT1-VT4	VT1-VT4	VT1-VT4	VT1-VT4	VT1-VT4					
	VT3-VT2								VT3-VT2	VT3-VT2	VT3-VT2	VT3-VT2
I_B							VT5-VT8	VT5-VT8	VT5-VT8	VT5-VT8	VT5-VT8	
	VT7-VT6	VT7-VT6	VT7-VT6	VT7-VT6	VT7-VT6							
I_C	VT11-VT10	VT11-VT10	VT11-VT10									
					VT9-VT12	VT9-VT12	VT9-VT12	VT9-VT12	VT9-VT12			

Рисунок 2 – Пофазное изменение тока в обмотках статора двигателя, а также открываемые транзисторы

На рисунке 3 представлены зависимости угловой частоты вращения ротора от времени и электромагнитного момента от времени для электродвигателя, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети посредством предлагаемого преобразователя.

Из рисунка 3 (а) видно время разгона электродвигателя с преобразователем составляет 0,25 секунд.

Из рисунка 3 (б) видно, что пульсация момента, развиваемого двигателем, питание которого осуществляется посредством преобразователя, повышается незначительно (не более 5%), что свидетельствует об эффективности разработанного электропривода.

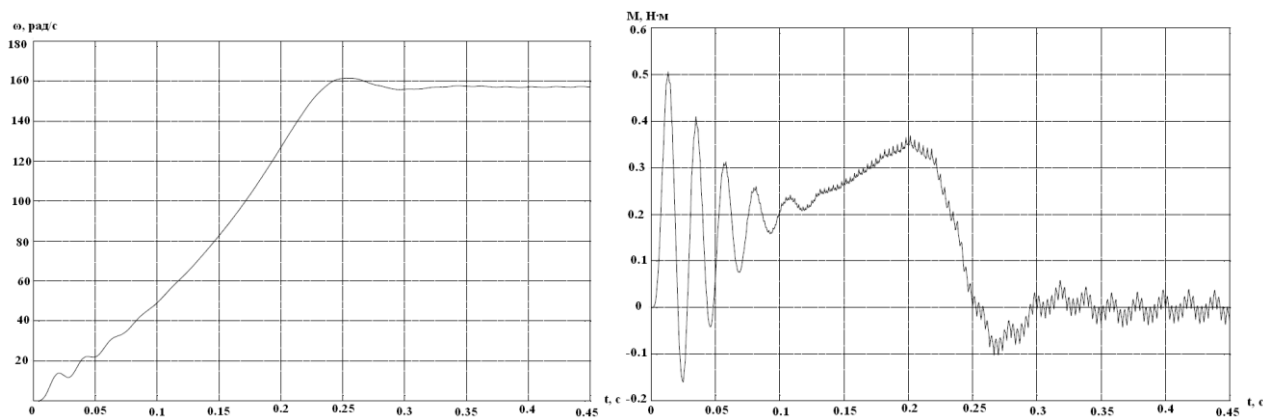


Рисунок 3 – Зависимости угловой скорости (а) и момента (б) от времени

На рисунке 4 представлены результаты моделирования рабочих характеристик трехфазного электродвигателя с разработанным преобразователем.

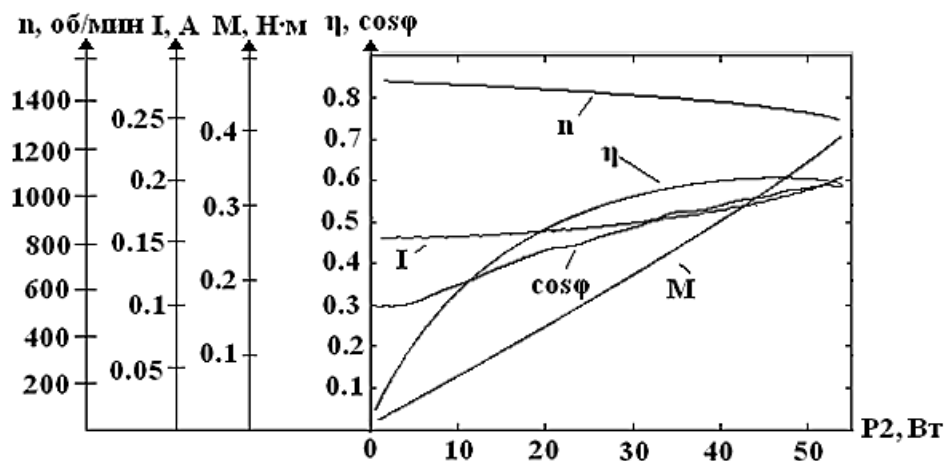


Рисунок 4 – Рабочие характеристики двигателя с преобразователем

Таким образом, в результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что предлагаемый преобразователь векторно-алгоритмического типа может быть с успехом использован в электроприводе различных электрифицированных машин при однофазной системе электроснабжения.

Список использованных источников:

1. Будзко, И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
2. Еремочкин С. Ю. Энергоэффективное устройство бесконденсаторного запуска трехфазных электродвигателей от однофазной сети // 11-ая Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь – 2014» [Электронный ресурс] - Барнаул : АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2014. – Режим доступа: http://edu.secna.ru/media/f/electrotex_tez_2014.pdf

3. Еремочкин С. Ю., Пивкина Т. Н., Квитко А. Г. Полупроводниковое устройство для бесконденсаторного запуска трехфазных двигателей сельскохозяйственных машин от однофазной сети // Ползуновский вестник. 2014. №4. С. 147-150.

4. Стальная М. И., Еремочкин С. Ю. Широкополосный трехфазный преобразователь частоты с явно выраженным звеном постоянного тока для питания трехфазного асинхронного электродвигателя: пат. 2482593 Рос. Федерация. № 2011152933/07; заявл. 23.12.2011; опубл. 20.07.2012.

5. Еремочкин С. Ю. Энергоэффективное устройство бесконденсаторного запуска трехфазных электродвигателей от однофазной сети // 11-ая Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь – 2014» [Электронный ресурс] - Барнаул : АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2014. - Режим доступа: http://edu.secna.ru/media/f/electrotex_tez_2014.pdf

6. Еремочкин, С. Ю. Повышение эффективности мобильных машин в АПК на основе векторно-алгоритмического управления электродвигателем [Текст]: диссертация канд. техн. наук: 05.20.02 / С. Ю. Еремочкин. – Барнаул, 2014. – 151 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО И АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИБОРОВ УЧЕТА С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ КОЛИЧЕСТВОМ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Жиляков Д. А. – студент группы 8Э-61, Попов А. Н. – к.т.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Незаконное безучетное потребление электроэнергии - одна из самых серьезных проблем энергетиков. За первое полугодие 2016 года «Россети» выявили более 83 тыс. фактов воровства энергии в объеме, превышающем 1,4 млрд кВт·ч, и предъявили недобросовестным потребителям претензии более чем на 6,6 млрд. руб. [1]. Несмотря на ужесточающиеся штрафы за безучетное и бездоговорное потребление электроэнергии, проблема далека от решения.

Относительно недавно на отечественном рынке приборов учета количества потребляемой электрической энергии появились счетчики с пультом. Внешне они ничем не отличаются от устройств, которые выпускают российские и зарубежные производители. Они опломбированы так, как того требуют нормы, на них присутствуют все необходимые наклейки. На подобные приборы есть вся необходимая документация. Однако в отличие от обычных счетчиков они позволяют владельцам безучетно потреблять электроэнергию.

Внешний вид модифицированного счетчика с пультом приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Модифицированный счетчик с пультом для запуска или остановки учета электроэнергии

Современные электросчетчики с пультом управления проходят небольшую модернизацию, которая дает возможность владельцу контролировать работу устройства. Одно нажатие на кнопку, и электросчетчик с пультом управления начинает принимать в учет меньшее количество электроэнергии, чем расходуется на самом деле. При желании можно и вовсе остановить устройство для того, чтобы пользоваться неучтенной электроэнергией.

За изменение работы счетчика отвечает миниатюрный радиуправляемый контроллер, который устанавливается в устройство. Визуально, не разбирая прибор учета электроэнергии, обнаружить контроллер не представляется возможным. Практически во всех случаях в счетчик устанавливается только приемник сигнала, что также затрудняет его обнаружение. В случае проверки потребитель имеет возможность быстро перевести счетчик в штатный режим. По этой причине владельцы модернизированных счетчиков не сталкиваются с какими-либо проблемами при проверках.

Актуальность темы статьи заключается в наличии модифицированных приборов учета электроэнергии в свободной продаже, которые в последнее время пользуются большой популярностью среди потребителей, а энергосбытовые организации сталкиваются с большими трудностями в выявлении данных приборов [2].

Для разработки методики и аппаратного обеспечения, которые позволили бы выявлять приборы учета со встроенными устройствами дистанционного управления количеством потребляемой электроэнергии без их вскрытия, необходимо:

- произвести анализ принципа работы устройств, устанавливаемых в приборы учета;

- произвести анализ возможности обнаружения модификации по весу счетчика, току потребления, рентгеновскому обследованию;
- произвести анализ возможности обнаружения модификации путем ее активации без оригинального пульта;
- произвести разработку методики и приборов для выявления модификации.

При анализе устройств, устанавливаемых в приборы учета, стало известно, что в качестве беспроводного выключателя часто используются самые дешевые и распространенные механические реле (рисунок 2). В последнее время их начали вытеснять миниатюрные беспроводные твердотельные реле (рисунок 3), так как их легче спрятать, они меньше весят, не щелкают, получают низковольтное питание от самого счетчика.

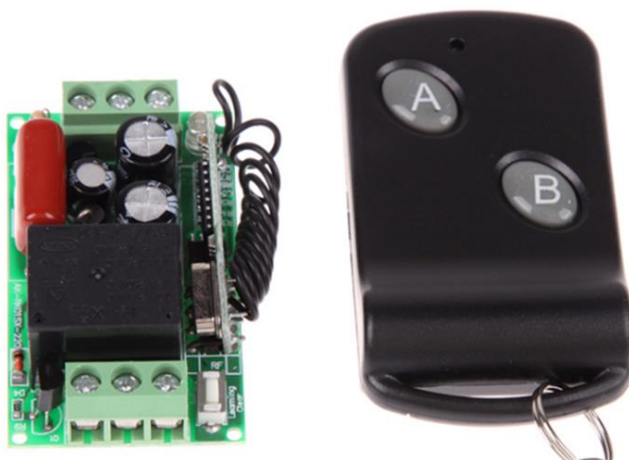


Рисунок 2 – Беспроводное реле



Рисунок 3 – Беспроводное твердотельное реле

На рисунке 4 приведены примеры установки беспроводного реле в счетчик.

В зависимости от способа подключения и используемого реле можно полностью остановить счетчик или замедлить. При этом моргающий светодиодный индикатор также останавливается или замедляется, либо продолжает счи-

тать правильно в любом случае, что более предпочтительно, так как это затруднит обнаружение модификации.

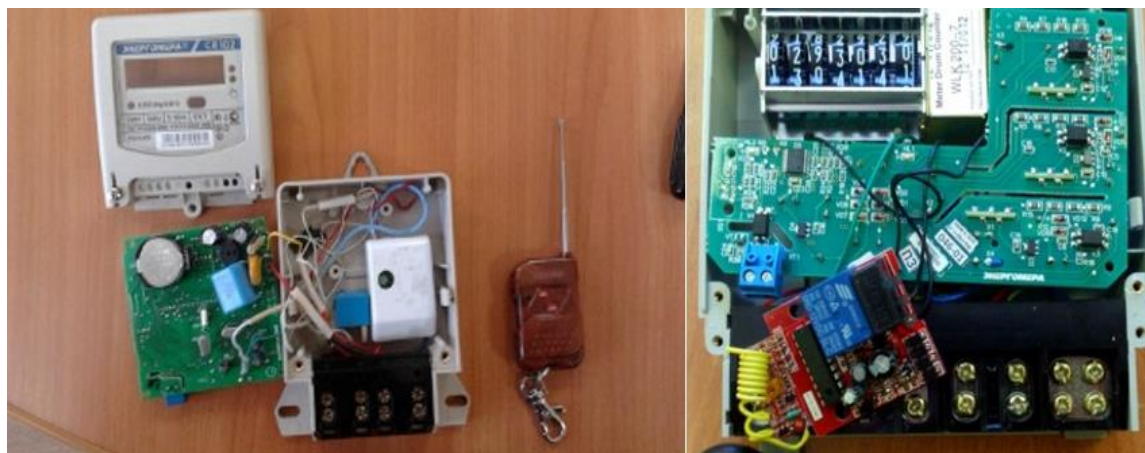


Рисунок 4 – Беспроводное реле подключенное к прибору

Во всех вышеприведенных беспроводных реле передача сигнала происходит на частоте 433 МГц с одинаковым протоколом. Отличается только 12 битный код, посылаемый пультом, а это 4096 возможных комбинаций.

Выявить наличие постороннего устройства внутри счетчика можно, взвесив счетчик с точностью до грамма. Для того чтобы делать какие-либо выводы на основании веса, нужно знать вес заведомо исправного счетчика такой же модели, а еще лучше нескольких экземпляров из разных партий. Разброс веса исправных счетчиков может превышать 10 грамм, поэтому данным способом можно выявить только самую грубую модификацию с использованием механического реле. Также возможно снизить вес при разборке путем облегчения конструкции, например, обточкой корпуса. Также этим способом не выявить легкие твердотельные реле, так как их веса недостаточно, чтобы существенно увеличить массу и выйти за пределы разброса для исправных счетчиков.

Анализ величины собственного потребления счётчика также может выдать наличие постороннего устройства внутри. Для этого метода также необходимо иметь значения величины собственного потребления заведомо исправных счетчиков той же модели и ревизии. В случае механического беспроводного реле, которое к тому же обычно имеет в своем составе неэффективный преобразователь напряжения, выявить его получится с высокой вероятностью. А в случае с трехфазным счетчиком выявление модификации возможно даже не имея данных по другим счетчикам, так как собственное потребление по всем фазам должно быть одинаково, а устройство механического реле подключается только к одной. Поэтому потребление одной фазы будет резко отличаться от двух других. Но этот метод не пригоден для обнаружения твердотельных

беспроводных реле ввиду их очень малого потребления и того, что они питаются от низкого напряжения самого счетчика [3].

Самым эффективным методом выявления посторонних устройств в счетчике является его рентгеновский снимок, желательно в трех проекциях. Модификации, приведенные на рисунке 4 с помощью рентгеновского снимка, сможет выявить практически любой человек (рисунок 5), особенно если у него будет снимок исправного прибора. В случае аккуратного монтажа, а тем более в случае полной замены печатной платы, выявить модификацию смогут только опытные специалисты. Данный метод имеет недостатки, связанные с использованием рентгена и дороговизной аппаратуры. Однако данный способ чрезвычайно эффективен и имеет положительный опыт использования в Республике Адыгея [4].

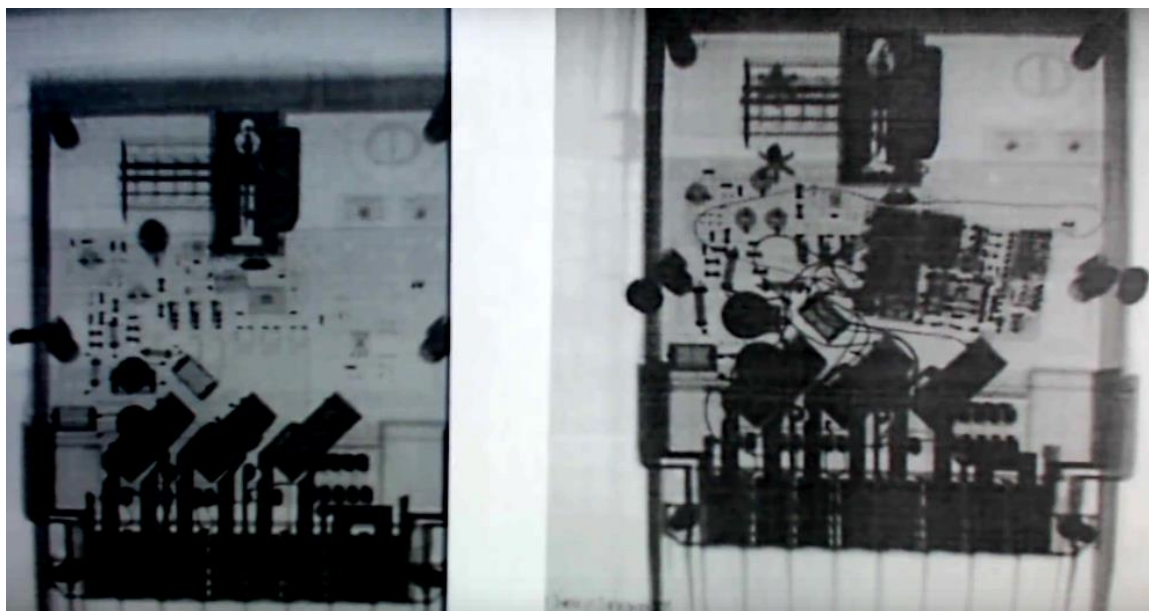


Рисунок 5 – Рентген исправного (слева) и модифицированного (справа) счетчика

Одним из способов обнаружения модификаций счетчика внутри может стать его проверка при активном режиме ограничивающего механизма по следующим признакам:

- при наличии потребления электроэнергии индикаторный светодиод не моргает или моргает очень медленно. Например, слышно, что работает пылесос, а по количеству импульсов получается нагрузка намного ниже;
- светодиодный индикатор моргает и отсчитал, например, уже 100 Вт/ч, а счетный механизм заметно меньше или вовсе ноль;
- при подключении токоизмерительных клещей нагрузка есть, а у счетчика вышеперечисленные признаки неисправности.

Но не всегда есть возможность заставить счетчик в таком состоянии, так как собственник счетчика может при неожиданном приходе контролера вернуть счетчик в нормальную работу при помощи пульта. В этом случае стоит по возможности внимательно слушать наличие щелчков реле внутри счетчика. В качестве вспомогательного средства обнаружения вмешательства в работу счетчика может стать наличие у контроллера регистратора сигналов радиопередачи на частоте 433 МГц с известными протоколами. Данное устройство эффективно в случае неожиданного прихода контролера, так как собственник постарается вернуть счетчик в нормальную работу, а фиксация сигнала в этот момент должна насторожить проверяющего. Однако наличие множества подобных устройств в люстрах, светильниках, розетках и так далее может вызвать срабатывания регистратора, что сделает его менее информативным. Информативность можно повысить путем анализа сигналов по коду и времени.

Также в случае применения простейших устройств для модификации счетчика возможно произвести перебор всех возможных комбинаций кодов с известными протоколами обмена. При наличии механического реле будет слышно его срабатывание в момент совпадения кода и на его обнаружение будет достаточно 10-20 минут. При использовании твердотельных реле обнаружение возможно только при длительной проверке правильности работы счетчика, а также при зажигании светодиода внутри устройства в момент получения правильного сигнала, которое можно увидеть в случае прозрачного корпуса.

Таким образом, основной дальнейшей задачей является разработка и тестирование устройства регистрации и проверки стандартных 12 битных кодов беспроводных пультов на рабочей частоте 433 МГц для обнаружения модифицированных приборов учета, что позволит выявлять факты воровства электроэнергии и уменьшит соответствующие убытки.

Список использованных источников:

1. Воры на проводе. Коммерсант.ru [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://www.kommersant.ru/doc/3111594>
2. Перечень тем для открытого конкурса научных работ МРСК Сибири 2016 [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://urla.ru/10000NBN>
3. Дубинин, В. В. Программно-аппаратный комплекс контроля параметров режима электрических сетей напряжением 6-10 кВ [Электронный ресурс] / В. В. Дубинин, А. Н. Попов // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе. – Тюмень, 2014. – Режим доступа: http://elibrary.ru/download/elibrary_23356626_43613717.pdf
4. Общественное телевидение России [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <https://otr-online.ru/news/v-adigee-energetiki-53526.html>

КИНЕТИКА МЕТАНОВОГО СБРАЖИВАНИЯ В РЕАКТОРАХ С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЗАГРУЗКОЙ

Жумагажинов А.Т. – аспирант, Федянин В. Я. – д.т.н., профессор
Республика Казахстан, г. Семей,
Государственный университет им. Шакарима
РФ, Алтайский край, г. Барнаул
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Для описания микробиологических процессов наиболее часто приводится система уравнений, основанных на зависимостях Михаэлиса-Ментен и Моно [1–4]. Скорость роста общей (недифференцированной по микроорганизмам) биомассы определяется уравнением:

$$\frac{dX}{dt} = \mu X - bX, \quad (1)$$

где X – концентрация активной биомассы, кг (БВБ)/м³ (БВБ – беззольное вещество биомассы);

μ – удельная скорость роста, сут.⁻¹;

b – удельная скорость отмирания биомассы, сут.⁻¹

Удельная скорость роста зависит от концентрации субстрата по уравнению Моно:

$$\mu = \frac{\mu_m S}{K_s + S}, \quad (2)$$

где μ_m – максимальная удельная скорость роста, сут.⁻¹;

S – концентрация субстрата, кг ХПК/м³ (ХПК – величина химического потребления кислорода);

K_s – константа сродства субстрата S к биомассе X , кг ХПК/м³.

Скорость убыли субстрата:

$$\frac{dS}{dt} = -\mu X / Y_{x/s}, \quad (3)$$

где $Y_{x/s}$ – экономический коэффициент, кг БВБ/кг ХПК. Этот коэффициент показывает, какая часть разложившегося субстрата непосредственно превращается в клеточную биомассу.

Система уравнений (1), (2), (3) не учитывает полисубстратность органических веществ (ОВ) и многовидовой состав микрофлоры.

Введем безразмерные переменные и параметры:

$$x = \frac{X}{Y_{x/s} S_{вх}}, \quad s = \frac{S}{S_{вх}}, \quad \tau = t \mu_m, \quad \sigma = \frac{b}{\mu_m}, \quad K = \frac{K_s}{S_{вх}}, \quad (4)$$

где $S_{вх}$ – концентрация субстрата, загружаемого в метантенк.

Тогда исходные уравнения могут быть представлены в следующем виде:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{xs}{K + s} - \sigma x, \quad (5)$$

$$\frac{ds}{dt} = -\frac{xs}{K + s}. \quad (6)$$

Несмотря на сложность компонентного состава сбраживаемых органических веществ, который часто неизвестен, существует достаточно простое соотношение между количеством распавшегося органического вещества и количеством метана, который может при этом образоваться. Это связано с тем, что процесс метанового брожения протекает в отсутствии свободного кислорода, а значит при неизменной общей массе ХПК системы, распределяющейся на ХПК метана и ХПК образовавшейся биомассы микроорганизмов. Из этого следует:

$$M_v = Y_{m/s}(S_{вх} - S - X_{пк_6} X'), \quad (7)$$

где M_v – объем образовавшегося метана (при нормальных условиях) в расчете на 1 м³ исходного субстрата, м³ СН₄/м³;

$X_{пк_6}$ – ХПК от массы беззольного органического вещества микроорганизмов;

$Y_{m/s}$ – выход метана в расчете на один кг ХПК, м³ СН₄/кг ХПК,

$X' = X + b \int_0^t X dt$ – суммарная концентрация биомассы (активная + отмершая).

Исходя из эмпирической брутто-формулы анаэробной биомассы C₅H₉O₃N [8] легко получить величину $X_{пк_6} = \frac{5 \cdot 32}{5 \cdot 12 + 9 \cdot 1 + 3 \cdot 16 + 1 \cdot 14} \approx 1,2$.

Образование одного моля метана соответствует уменьшению ХПК на 64 г. Отсюда $Y_{m/s} = \frac{22,4}{64} \approx 0,35$ м³ СН₄/кг ХПК.

Используя результаты решения системы дифференциальных уравнений (5), (6) и уравнения (7) получим теоретическую зависимость выхода метана в условиях, для которых проводились соответствующие эксперименты по определению практического предела сбраживания отходов КРС (линия 1) и свиней (линия 2) (рисунок 1). Из данного рисунка видно, что расчетные зависимости хорошо согласуются с результатами экспериментов [5].

Условия проведения процессов:

КРС: $X_{пк_5} = 1.4$ [7], $S_{вх} = 63$ кг ХПК/м³, $T = 30^\circ\text{C}$;

Свиньи: $X_{пк_5} = 1.2$ [7], $S_{вх} = 36$ кг ХПК/м³, $T = 30^\circ\text{C}$.

Кинетические параметры выбирались в соответствии с рекомендациями, изложенными в технической литературе:

$b = 0.03$ сут⁻¹, $Y_{x/s} = 0.18$ кг БВБ/кг ХПК, [8], $\mu_m = 0.261$ сут⁻¹ [6].

В связи с тем, что часть исходного органического вещества представляет собой лигнино-гумусовый комплекс, который в газообразовании не участвует, практический предел сбраживания выбирался с учетом рекомендаций [6]:

- для отходов КРС $R_1 = 0.656$;
- для отходов свиней $R_1 = 0.761$.

Константы K_s уточнялись из условия наилучшего согласования с результатами экспериментов и составили:

- для отходов КРС $K_s = 270$ кг ХПК/м³;
- для отходов свиней $K_s = 130$ кг ХПК/м³.

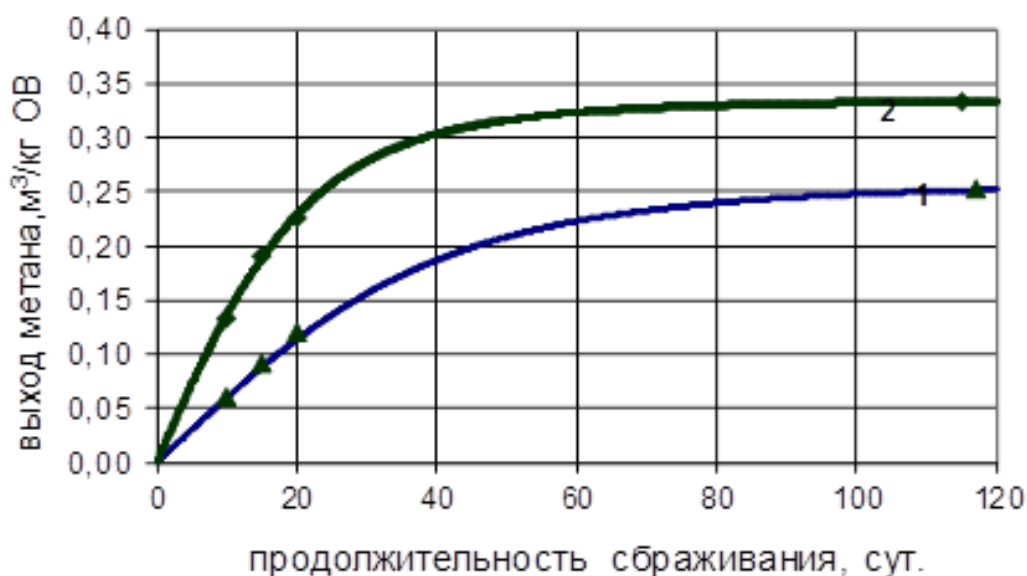


Рисунок 1 - Выход метана при длительном сбраживании отходов КРС (1) и свиней (2)

Выводы.

Хорошее согласование теоретических кривых с результатами экспериментов свидетельствует о том, что простая моносубстратная кинетическая модель может удовлетворительно описывать выход метана в анаэробных процессах.

Список использованных источников:

1. Заварзин Г. А. Трофические связи в метаногенном сообществе // Известия АН СССР. Сер. : Биология. – 1986. – №3. – С. 341–360.
2. Гюнтер Л. И. Метантенки / Л. И. Гюнтер, Л. Л. Гольдфарб – М. : Стройиздат, 1991. – 128 с.
3. Васильев В. Б. Имитационная модель анаэробного разложения органических веществ сообществом микроорганизмов. Основные уравнения / В. Б. Васильев, В. А. Вавилин, С. В. Рытов, А. В. Пономарев // Водные ресурсы. – 1993. – Т. 20. – №6. – С. 714–725.
4. Заварзин Г. А. Моделирование метаногенного сообщества / Г. А. Заварзин, В. В. Калашников, В. В. Кевбрин, С.Т. Петров // Известия академии

наук СССР. Серия биологическая. – 1990. – №1.

5. Баадер И. Биогаз: теория и практика / И. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер ; пер. с нем. с пред. М. И. Серебрянного. – М. : Колос, 1982. – 148 с.

6. Гюнтер Л. И. Метантенки / Л. И. Гюнтер, Л. Л. Гольдфарб. – М. : Стройиздат, 1991. – 128 с.

7. Маринин В. Д. Экономические проблемы использования безотходных технологий. – М. : НИИУ, 1992

8. Калюжный С. В. Анаэробная биологическая очистка сточных вод / С. В. Калюжный, Д. А. Данилович, А. Н. Ноженкова // Итоги науки и техники. Сер.: Биотехнология. – М. : ВИНТИ, 1991. – Т. 29. – С. 156.

ПОЛУПРОВОДНИКОВОЕ УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Королёв Д. А., Титова А. А. – студенты группы 8Э-63,

Еремочкин С. Ю. – к.т.н., доцент.

РФ, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Для электроснабжения потребителей в сельской местности и в отдаленных районах, в основном, используется однофазная сеть переменного тока. Причина заключается в том, что плотность электрической нагрузки в деревнях и селах значительно ниже, чем в городах и при подводе трехфазной сети переменного тока возникает значительный перерасход металла проводов. Согласно статистическим данным, количество абонентов в сельской местности Алтайского края составляет:

- частный сектор с однофазной системой электроснабжения – 269337 абонентов;

- частный сектор с трехфазной системой электроснабжения – 12162 абонента.

Таким образом видно, что подавляющее число абонентов лишены трехфазной системы электроснабжения [1].

Однако, трехфазные асинхронные электродвигатели, для которых необходима трехфазная сеть питания, достаточно широко используются абонентами, имеющими однофазную систему электроснабжения [2]. Асинхронные двигатели незаменимы в приводах токарных и сверлильных станков, циркулярных пил пилорам [3]. Следовательно, для запуска и работы трехфазного электродвигателя, при питании от однофазной сети, необходимо специальное устройство. Схема предлагаемого устройства изображена на рисунке 1.

На рисунке 1 изображены следующие обозначения:

- $\Phi, 0$ – фаза и «ноль» питающей однофазной сети;
- VDS1 – диодный мост;

- C_1 – фильтрующий полярный конденсатор;
- VD1-VD6 – силовые диоды;
- T1-T6 – силовые тиристоры;
- C1-C6 – начала и концы обмоток статора двигателя;
- VT1-VT6 – силовые транзисторы;
- 1 - 24 – выходы на схему управления.

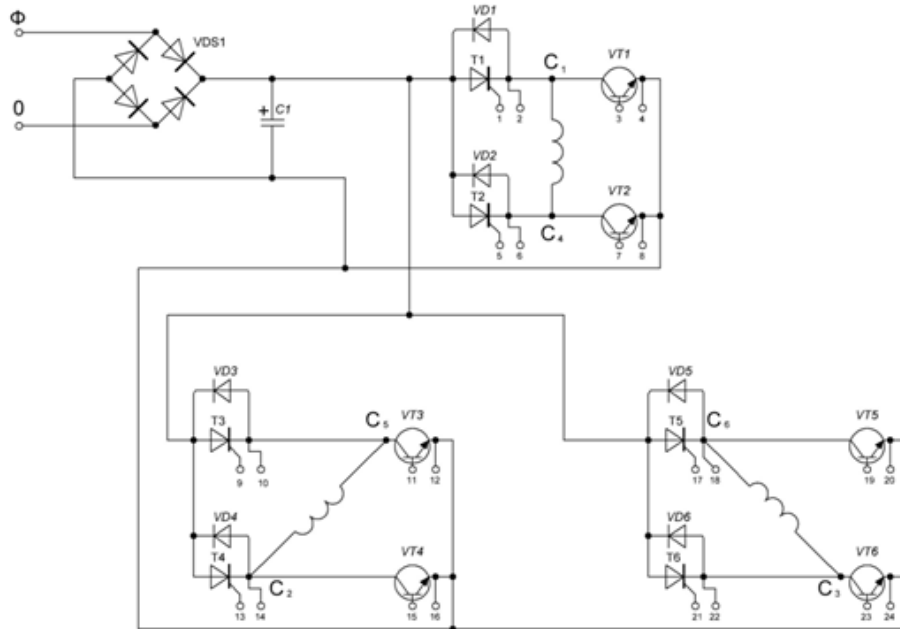


Рисунок 1 – Принципиальная схема предлагаемого преобразователя

В работе устройства используется принцип векторно-алгоритмического управления, а именно построение векторных диаграмм. Работа устройства основывается на последовательном включении транзисторов и силовых тириستоров. Схема отличается высокими энергетическими показателями, простотой и надежностью. Кроме того, данная схема позволяет снимать с ротора электродвигателя практически полную его мощность [4].

На рисунке 2 изображена векторно-алгоритмическая диаграмма вращения поля статора.

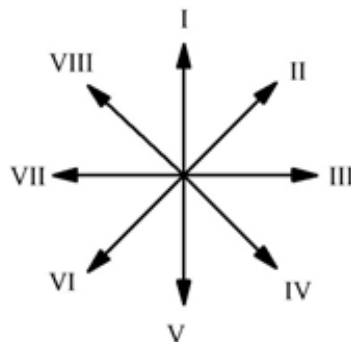


Рисунок 2 – Векторно-алгоритмическая диаграмма вращения поля статора

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет значительно снизить расходы на изготовление и обслуживание схемы управления трехфазным асинхронным электродвигателем, при этом устройство является простым в эксплуатации и имеет высокую степень надежности.

Список использованных источников:

1. Еремочкин, С. Ю. Повышение эффективности мобильных машин в апк на основе векторно-алгоритмического управления электродвигателем [Текст]: дис.....канд. техн. наук: 05.20.02 / С. Ю. Еремочкин. – Барнаул, 2014. – 151 с.
2. Брускин Д. Э. Электрические машины: Учеб. для электротехн. спец. вузов /Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович, В. С. Хвостов. - Ч. 1: — 2 - е изд. М.: Высш. шк., 1987. - 319 с.
3. Применение трехфазных асинхронных двигателей [Электронный ресурс]. - 2016. - Режим доступа: http://edu.sernam.ru/book_elt.php?id=76
4. Пат. №157687 Российская Федерация, МПК Н02Р25/04(2006.01), Н02Р21/10 (2006.01). Широкополосный частотный регулятор скорости для трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя [Текст] / Стальная М. И., Еремочкин С. Ю., Королёв Д. А., Титова А. А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО АлтГТУ. – 2015116577/07; заявл. 29.04.2015; опубл. 10.12.2015

СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Крюков Д. Н. – аспирант, Федянин В. Я. – д.т.н., профессор
РФ, Алтайский край, г. Барнаул
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Алтайский край входит в группу регионов с низкой электроемкостью и низким уровнем душевого ВРП. Половина населения проживает в сельских населенных пунктах. Для теплоснабжения сельское население в основном использует каменный уголь (86%). Среднее годовое потребление топлива составляет около 5,4 т у.т. в расчете на одного человека. При этом производство тепловой и электрической энергии осуществляется в котельных и на тепловых электрических станциях, использующих ископаемое топливо. В связи с техническим несовершенством большей части используемого энергетического оборудования, условиями доставки топливно-энергетических ресурсов, значительными потерями топлива при его транспортировке и хранении можно отметить низкий уровень использования потенциальной энергии топлива. Также использование органического топлива в подавляющем большинстве технологических установок сопряжено с разносторонним локальным и глобальным воздействием

на окружающую среду. Сложившаяся система теплоснабжения является источником загрязнения окружающей среды пылью, окислами серы и углерода.

Это воздействие приводит к возникновению парникового эффекта и является причиной закисления почвы и воды, а также других необратимых процессов. Кроме того, органическое топливо относится к невозобновляемым источникам энергии, поскольку темпы их потребления в настоящее время значительно превышают скорость образования (возобновления).

В то же время учёные констатируют усиление тенденции к потеплению климата. Прогнозируется повышение на 1,3-1,5 °С средней температуры на планете к 2020 году. Спектр пагубных тенденций может быть очень широким: от повышения уровня Мирового океана на 30-100 см до изменения климатических систем перераспределения осадков [3].

Углекислый газ (CO₂) является парниковым газом, оказывающим наибольшее влияние на климат (примерно 50 %). Согласно докладу Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата, после 1750 года отмечается рост концентрации CO₂ в атмосфере на 35 % [4].

Именно концентрация антропогенных парниковых газов (прежде всего, углекислого газа) в атмосфере существенно изменилась в течение последнего столетия в результате деятельности человека, то есть в век углеводородного топлива, что доказано изотопным и корреляционным анализами [3].

Для оценки тенденции загрязнения окружающей среды определены объёмы текущих антропогенных выбросов парниковых газов в Алтайском крае при стационарном сжигании топлива для сектора «Энергетика» и сжигания топлива мобильными источниками сектора «Транспорт». Расчеты произведены в соответствии с утвержденными распоряжением Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 16.04.2015 № 15-р Методическими рекомендациями по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации [5].

Для пересчета массовых выбросов индивидуальных газов в CO₂-эквивалент использовались специальные пересчетные коэффициенты, отражающие сравнительную интенсивность парникового эффекта, создаваемого этими газами в атмосфере Земли – потенциалы глобального потепления.

При проведении оценки объемов выбросы парниковых газов от сжигания различных видов топлива стационарными источниками рассчитаны по видам экономической деятельности. Расчет выбросов парниковых газов осуществлялся по формуле:

$$E_i = A_i \times EF_j, \quad (1)$$

где E_i - выброс в атмосферу i -ого газа;

A_i - количественная характеристика деятельности за год, приводящая к выбросу;

EF_j - коэффициент выброса для j -ого топлива.

Таблица 1 - Совокупный объем выбросов углекислого газа CO₂ в 2015 году

№ п/п	Топливо	Потребление энергии				CO ₂	
		А Потреб- ление (масса, объем или дру- гие еди- ницы)	В Коэффи- циент пересчета (ТJ/ед.)	С Потреб- ление (тыс. т.у.т.)	С Потреб- ление (ТJ)	Д Коэффи- циент выброса CO ₂ (кг CO ₂ /ТJ)	Е Выбросы CO ₂ (Гг CO ₂)
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Жидкое топливо						
1.1	Бензин автомо- бильный, тонн	400 868,00	43,67	597,29	17 505,91	69 300,00	1 213,16
1.2	Топливо дизель- ное, тонн	308 745,00					
	в том числе энер- гетика	279,31	42,50	0,41	11,87	74 100,00	0,88
	транспорт	308 465,69	42,50	447,28	13 109,79	74 100,00	971,44
1.3	Бензин авиацион- ный для авиаци- онных поршне- вых двигателей, тонн	0,00	43,67	0,00	0,00	70 000,00	0,00
1.4	Керосин, включая топливо реактив- ное керосиновое, тонн	1 436,00	43,08	2,11	61,86	71 500,00	4,42
1.5	Газ нефтяной по- путный (газ го- рючий природ- ных нефтяных месторождений) - тепло, тыс. куб. м.	28 104,25	16,71	16,02	469,62	63 100,00	29,63
1.6	Пропан и бутан сжиженные, газы углеводородные и их смеси, не во- шедшие в другие группировки, тонн	39 860,00					
	в том числе энер- гетика	39 144,00	46,01	61,46	1 801,02	63 100,00	113,64
	транспорт	716,00	46,01	1,12	32,94	54 400,00	1,79
1.7	Мазут топочный, тонн	44 536,00	40,15	61,01	1 788,12	77 400,00	138,40

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
1.8	Прочие виды нефтепродуктов - всего, т.у.т.	5 222,00	29,31	5,22	153,04	73 300,00	11,22
2.	Твердое топливо						
2.1	Уголь, тонн	5 838 381,00					
	в том числе уголь каменный	4 286 999,98	25,41	3 716,83	108 932,67	91 900,00	10 010,91
	уголь бурый	1 551 381,02	21,31	1 127,85	33 059,93	94 400,00	3 120,86
2.2	Кокс металлургический сухой, тонн	20,00	29,01	0,02	0,58	107 000,00	0,06
2.3	Топливо печное бытовое, тонн	1 291,00	42,50	1,87	54,87	77 400,00	4,25
2.4	Прочие виды твердого топлива, т.у.т.	82 846,00	29,31	82,85	2 427,95	143,00	0,35
3.	Природный газ						
3.1	Газ горючий природный (газ естественный), тыс. куб. м.	600 977,00	33,82	693,53	20 325,04	54 500,00	1 107,71
4.	Биомасса						
4.1	Древесина топливная, плот. куб. м.	249 039,00	7,80	56,28	1 942,50	112 000,00	217,56
	Всего			6 871,15	201 677,71		16 946,29

Из расчетов видно, что выбросы CO₂ в 2015 году составили 16 946,29 тыс. тонн, что составляет 90,8 % к уровню 2007 года (18 668,50 тыс. тонн). В том числе это связано с реализацией в Алтайском крае государственной программы «Энергоэффективность и развитие электроэнергетики» на 2015-2020 годы».

На территории Алтайского края отсутствуют значительные запасы ископаемых видов топлива, при этом стоимость электрической энергии – одна из самых высоких в Сибирском Федеральном округе. С учетом того, что уголь, природный газ и нефтепродукты ввозятся в Алтайский край из других субъектов Российской Федерации, необходимо отметить зависимость энергетики региона от привозного топлива.

В связи с этим стратегическое направление «Использование возобновляемых источников энергии», определенное энергетической стратегией Алтайского края, приобретает особое значение для региона. Основными привлекательными чертами использования возобновляемых источников энергии является их доступность, отсутствие потребности в топливе при эксплуатации таких источников энергии и их экологическая чистота [1].

Использование таких систем энергоснабжения будет способствовать снижению воздействия на окружающую среду и повышению эффективности энергоснабжения сельских населенных пунктов края. Одним из главных условий эффективного, устойчивого ведения сельского хозяйства, закрепления населения является стабильное и надежное энергообеспечение и, прежде всего, устойчивое обеспечение сельских жителей электрической энергией и эффективными системами теплоснабжения взамен традиционных отопительных печей и неэффективных малых котельных [2], оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Перспективными для использования на территории края являются энергия ветра, солнца, малых рек и переработка отходов сельского хозяйства.

Таблица 2 - Ресурсы возобновляемых источников энергии Алтайского края, млн. т у.т./год [2]

Ресурсы	Валовый потенциал	Технический потенциал	Экономический потенциал
Малая гидроэнергетика	5,2	1,7	0,9
Энергия биомассы	0,8	0,3	0,2
Энергия ветра	1 126,0	87,4	0,4
Энергия солнечной радиации	26 038,3	26,0	0,2
Низкопотенциальное тепло	529,9	3,4	0,4
Итого НВИЭ	27 700,2	118,9	2,1

Алтайский край традиционно занимает высокие позиции среди субъектов Российской Федерации по объему производства продуктов животноводства и 1-ое место в Российской Федерации по посевной площади зерновых и зернобобовых культур. Поэтому перспективным направлением может стать использование биомассы для производства тепловой и электрической энергии, а также экологически чистых минеральных удобрений.

Уже сегодня в крае котельные ряда предприятий используют биотопливо:

Поспелихинский район – 10 котельных общей тепловой мощностью 25,3 Гкал/ч используют биотопливо с 2013-2014 годов, годовая потребность древесного топлива 7701,8 т.у.т. или 28954 куб. м;

Угловский район – котельная общей тепловой мощностью 1,29 Гкал/ч использует биотопливо с 2010 года, годовая потребность древесного топлива 448 т.у.т. или 1684 куб. м;

Рубцовский район – 5 котельных общей тепловой мощностью 15,7 Гкал/ч используют биотопливо с 2013 года, годовая потребность древесного топлива 13319,6 т.у.т. или 50073 куб. м;

Тальменский район – котельная общей тепловой мощностью 2,4 Гкал/ч использует биотопливо с 2009 года, годовая потребность древесного топлива 975,3 т.у.т. или 3667 куб. м.

Стоит отметить, что для указанных котельных в качестве основного топлива используется древесная щепа. Как правило, вблизи таких котельных находятся деревоперерабатывающие предприятия, для которых древесная щепа является отходами производства.

Ряд предприятий в Алтайском крае производит топливные гранулы, топливные брикеты, пеллеты:

ОАО «Бийская льняная компания», г. Бийск, с 2009 года производит топливные брикеты из костры (отходы льняного производства). В 2015 году было произведено 2 122 тонн топливных брикетов, из которых около 60% было использовано котельной ОАО «Бийская льняная компания» для отопления административного и производственного корпусов предприятия. Оставшаяся часть топливных брикетов приобретена потребителями г. Бийска.

ООО «Алтай-Форест», Тальменский район, с. Ларичиха, с 2010 года производит пеллеты из древесных опилок и стружки. В 2015 году было произведено 9 345 тонн пеллет, из которых основную часть приобрели компании Алтайского края, Новосибирской, Омской, Томской областей, около 1 % реализовано потребителям Республики Казахстан.

Основным фактором, способствующим использованию биотоплива в качестве альтернативы традиционным видам (уголь, газ), является наличие на предприятиях большого количества собственных отходов крупяного, древесно-стружечного, льняного и иного производства. В таком случае предприятиям становится выгодно не утилизировать отходы, а перерабатывать в топливные брикеты, пеллеты и др. как для собственных нужд, так и для реализации.

Также важно отметить, что в крае реализовано несколько проектов теплоснабжения жилых домов с применением тепловых насосов, использующих низкопотенциальное тепло поверхностных слоев Земли. Модернизация систем теплоснабжения с применением тепловых насосов позволит существенно улучшить показатели их эффективности и снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду.

Использование в Алтайском крае возобновляемых источники энергии способно обеспечить решение энергетических и социальных проблем региона. Кроме того, их применение обеспечит сокращение выбросов углекислого газа и продуктов горения в окружающую среду.

Современные установки, на базе возобновляемых источников энергии, могут повысить надежность систем электроснабжения на основе радиальных линий электропередачи 0,4/10 кВ, снизить величину потерь электрической энергии, за счет снижения величины ее перетока из энергосистемы. При этом реализацию проектов энергоснабжения, использующих возобновляемых источники энергии, целесообразно осуществлять с учетом расчёта экономической эффективности тех или иных технических решений.

Список использованных источников:

1. Энергетическая стратегия Алтайского края на период до 2020 года: цели, приоритеты и задачи развития ТЭК [Текст] / А.М. Карасевич, А.Б. Карлин и др. - М: Страхование ревю, 2009. – 136 с.

2. Федянин В. Я. Инновационные технологии для повышения эффективности Алтайской энергетики [Текст]: монография / В. Я. Федянин, В.А. Мещеряков. - Барнаул: Изд-во ААЭП, 2010. – 192 с.

3. Белоусов В. Н., Смородин С. Н., Лакомкин В. Ю. Энергосбережение и выбросы парниковых газов (CO₂): учебное пособие/ СПбГТУРП. – СПб., 2014. – 52 с.

4. МГЭИК, 2007: Изменение климата, 2007 г. Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в Четвёртый доклад об оценке 52 Межправительственной группы экспертов по изменению климата [Пачаури Р.К, Райзингер А. и основная группа авторов (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария. – 104 с.

5. Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 16.04.2015 № 15-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.altstu.ru/media/f/Rasporyazhenie-Pr-va-RF-15-r-ot-16-04-2015-_utv-metod-rekomend.pdf – Загл. с экрана.

ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ АГРЕГАТЫ МЕТРОПОЛИТЕНА

Логутенко Н. С. – студент группы ЭММ-63, Бирюков В. В. – к.т.н., доцент
РФ, Новосибирская область, г. Новосибирск,
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Современный метрополитен – это сложный транспортный комплекс, который оснащен различным электротехническим оборудованием.

С развитием метрополитена:

- увеличивается протяженность тоннелей;
- растет количество станций;
- увеличивается нагрузка на транспортировку пассажиров.

Все оборудование подстанции выделяет вредные вещества и ухудшает состояние внутренней атмосферы. Состояние микроклимата оказывает влияние на:

- самочувствие пассажиров;
- здоровье и работоспособность сотрудников метрополитена.

Поэтому возникает необходимость в надежной и бесперебойной работе системы вентиляции.

Вентиляция – это важнейший объект жизнеобеспечения подземных сооружений. Она необходима для обеспечения регламентированных параметров воздушной среды. И выполняет две основные задачи: подает свежий и извлекает отработанный воздух.

Проветривание станций метрополитена может осуществляться с помощью:

- сквозной вентиляцией при открывании и закрывании дверей и перемещении пассажиропотока;
- поршневого эффекта, который достигается при движении поездов по перегонам;
- принудительной вентиляции – вентиляционными агрегатами.

В состав вентиляционной установки входят:

- вентилятор;
- электрический привод;
- система автоматического управления;
- контрольно-измерительная аппаратура.

Общий вид вентилятора метрополитена представлен на рисунке 1.

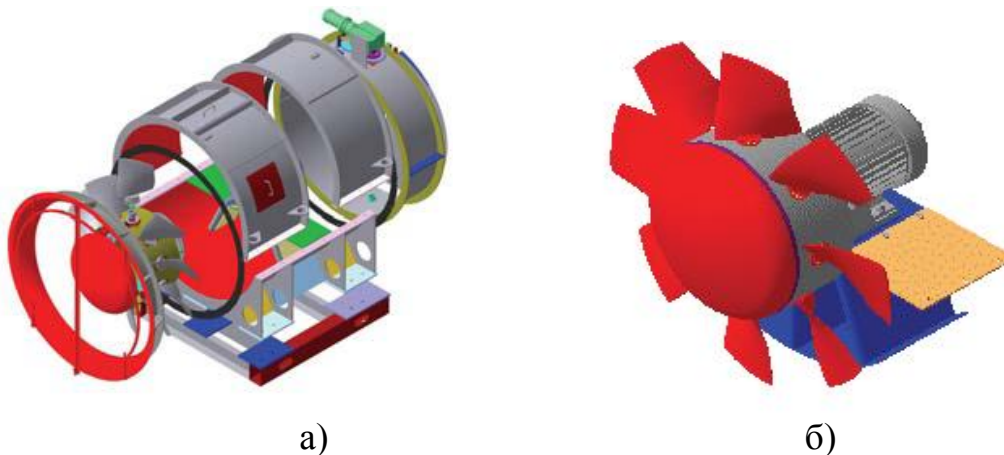


Рисунок 1 – Вентилятор ВОМД-24: а) общий вид; б) ротор

Вентиляционные агрегаты являются крупными потребителями электрической энергии на метрополитене.

Энергия, которую потребляют электроприемники, содержит активную P и реактивную Q составляющие.

Активная составляющая энергии расходуется на совершение полезной работы. Она преобразуется в необходимые формы энергии.

А реактивная составляющая энергии необходима для создания электромагнитного поля. Оно обеспечивает нормальный режим работы приёмников. Приемники в свою очередь обладают реактивной составляющей электрического сопротивления цепей.

Соотношение между активной P и полной S мощностями потребляемой энергии характеризуется величиной, которая называется коэффициентом мощности.

На рисунке 2 показан треугольник мощностей

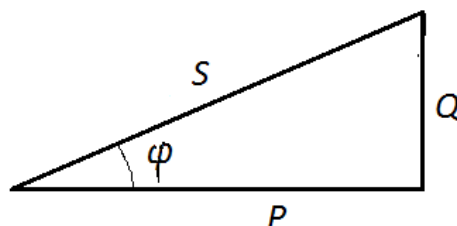


Рисунок 2 – Треугольник мощностей

Коэффициент мощности более известен как $\cos\varphi$ и вычисляется по формуле [1]:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}, \quad (1)$$

где P – активная мощность потребителя, Вт;

Q – реактивная мощность потребителя, Вар;

S – полная мощности потребителя, ВА.

Циркуляция реактивной составляющей энергии между источником и потребителем приводит к возрастанию потерь в питающей сети. Увеличение реактивной энергии ведет к снижению коэффициента мощности. А это дополнительно нагружает все элементы цепи.

Функционирование вентиляционных агрегатов оказывает влияние на качество потребляемой электрической энергии. Требования к качеству электрической энергии, которые сформулированы соответствующим ГОСТом, довольно жёсткие.

В качестве электропривода осевых двухступенчатых вентиляторов используются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Одним из недостатков таких двигателей является низкое значение $\cos\varphi$ в ненормальном режиме работы. Помимо этого, асинхронные двигатели чувствительны к колебаниям питающего напряжения. Такие колебания вызывают дополнительный нагрев двигателей[3].

Высшие гармоники вызваны обусловленной работой питающих двигатели преобразователей. Гармоники являются причиной таких колебаний и негативным образом сказываются на качестве электроэнергии.

Например, действующее эксплуатационное значение КПД тоннельных вентиляторов находится в пределах 0,22-0,33. Иначе говоря, 75 % потребляемой метрополитеном электрической энергии тратится нерационально. Что свидетельствует о неэкономичной работе установок. Из этого можно сделать вывод о том, что питающие вентиляционные агрегаты трансформаторы также недогружены. И в силу специфики их характеристик потребляют большое количество реактивной энергии. Что вызывает снижение общего коэффициента мощности.

Низкое значение $\cos\varphi$ сопровождается:

- искажением кривых токов и напряжений;
- увеличением протекающего в цепях тока, потерь и потребляемой энергии;
- снижением уровня питающего напряжения сторонних потребителей.

Возможные пути решения данных проблем:

- установка модернизированных вентиляторов.

Целесообразно при проектировании новых станций метрополитена. Отличительная особенность таких вентиляторов заключается в более простом конструктивном исполнении:

- наличие одного рабочего колеса;
- отсутствие входных и выходных направляющих аппаратов;
- исключение вала (рабочее колесо крепится на вал электродвигателя специального исполнения);

- оригинальное исполнение крепления лопаток рабочего колеса, позволяющего исключить риск соморазворота при работе.

- установка менее мощного двигателя на существующих вентиляторах;

Неправильный выбор мощности двигателя может привести к быстрому выходу установки из строя вследствие работы на предельных режимах.

- использование активных компенсаторов реактивной энергии.

Такое решение позволит существенно уменьшить не только сдвиг по фазе между током и напряжением. Но и подавить высшие гармоники [2].

Данное устройство состоит из конденсаторных батарей и ключевых элементов. Конденсаторные батареи являются источником реактивной энергии. В таких устройствах в качестве ключевых элементов используются IGBT-транзисторы. Транзисторы управляются микроконтроллером. Микроконтроллер обрабатывает информацию о режиме работы вентиляционного агрегата на основе сигналов, которые получены с датчиков.

Главным функциональным назначением компенсатора является:

- повышение коэффициента мощности и поддержание его на заданном уровне;

- улучшение формы кривой тока;

- снижение полной потребляемой мощности;

- снижение потерь в электрических цепях, которые питают вентиляционный агрегат.

Значение $\cos\varphi$ системы с компенсатором реактивной мощности может достигать величины 0,97...0,98 [1].

Величина мощности, которая развивается вентиляционными агрегатами метрополитена, зависит от его производительности. Производительность в конечном итоге определяется пассажиропотоком.

На рисунке 3 приведены кривые мощности (S) и пассажиропотока (ПП), которые характерны для новосибирского метрополитена.

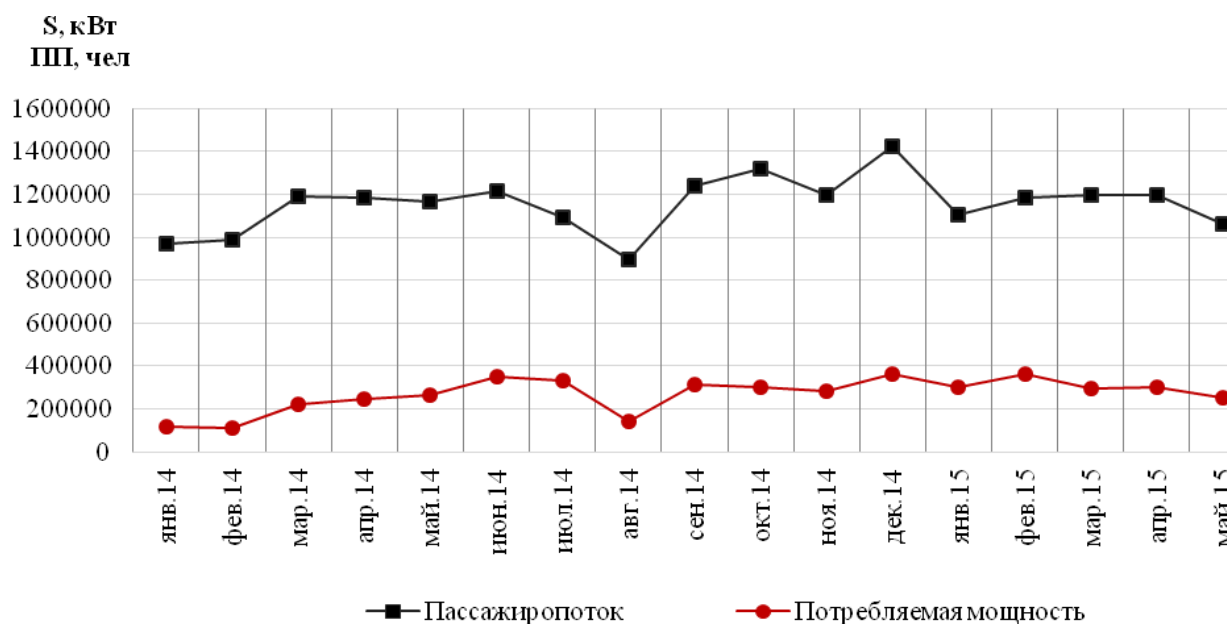


Рисунок 3 – Кривые развиваемой агрегатами мощности и пассажиропотока

В заключении хотелось бы добавить, что повысить энергоэффективность вентиляционной системы можно с помощью автоматизированной системы управления.

Такая система позволяет:

- быстро и качественно оценивать ситуацию на подстанциях (микроклимат на станции, пассажиропоток, сезонность, время суток);
- регулировать работу вентиляционных агрегатов.

Кроме того, аналогичные мероприятия могут использоваться и в горнодобывающей промышленности.

Список использованных источников:

1. Нос О. В. Методы анализа и синтеза трехфазных систем с активными силовыми фильтрами в гиперкомплексном пространстве: дисс. докт. техн. наук: 05.09.03. [Текст] – Новосибирск, 2015. – 385 с.
2. Мельников М. А. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. пособие. [Текст] – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 144 с.
3. Тимофеев А. С. Компенсация реактивной мощности: учеб. пособие. [Текст] – Новокузнецк: Изд. СибГИУ, 2010. – 66 с.

ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ПЕРЕРЫВОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Малков И. С. – студент группы Э-31, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Электроэнергетика как отрасль промышленности имеет ряд особенностей, присущих только ей. Продуктом производства является электроэнергия, которая не может быть аккумулирована в больших количествах и на длительный период времени, что приводит к значительным потерям при перерывах в электроснабжении. Поэтому снижение финансовых рисков энергопроизводителей определяется, главным образом, надежностью работы распределительных электрических сетей. Хотя показатели количества отключений и недоотпуска электрической энергии согласно данным федеральной службы статистики по субъектам РФ постоянно снижаются, это не защищает производителей от ущербов, возникающих при перерывах электроснабжения. Поэтому проблема управления надежностью энергоснабжения, связанная с прогнозом ущерба от возможных отключений является актуальной, особенно в условиях энергодефицита для территории Алтайского края.

В России фактический ущерб, причиненный нарушением электроснабжения, оценивается в соответствии с методикой расчёта ущерба МТ-34-70-001-95

РАО «ЕЭС России», в которой удельный ущерб предложено принимать в тройном размере средней цены на электроэнергию [1]. Эта величина удельного ущерба от недоотпуска электроэнергии явно не отражает реальной ситуации финансовых рисков энергопроизводителей.

При проектировании электрических сетей, предназначенных для питания потребителей II и III категорий, схемы электроснабжения выбираются, как правило, на основе технико-экономического сравнения вариантов по приведенным затратам, включающим народнохозяйственный ущерб от перерывов в электроснабжении. Согласно методике, рекомендуемой институтом «Энергосетьпроект», при проектных расчетах общий ущерб представляется в виде ущерба от аварийных и плановых перерывов электроснабжения и затрат, связанных с аварийным ремонтом оборудования в энергосистеме. Однако, поскольку в ПУЭ нет классификации конкретных приемников и четких рекомендаций по построению систем электроснабжения, то определение категории надежности представляется недостаточно обоснованным [2].

В сложившихся в настоящее время рыночных условиях хозяйствования представляет интерес система, когда энергопроизводители смогут сами определять необходимый им уровень надёжности, взвешивая дополнительные затраты на её обеспечение и ущербы от возможных отключений. Решение может быть принято на этапе проектирования, при рассмотрении вариантов электроснабжения с использованием статистических данных о повреждаемости элементов, количественной оценки надёжности и вероятного ущерба от ожидаемого среднегодового времени плановых и аварийных отключений. Приоритетным будет являться вариант с минимальными приведенными затратами.

Существующая методология Российского научного общества анализа риска позволяет оценить ущерб от перерывов электроснабжения с учётом плановых и случайных отключений. Однако аналогичные расчёты для стадии проектирования электроснабжения требуют обобщения и анализа статистически достоверных данных, которые не представлены в фонде федеральной службы статистики [3].

Подобные исследования выполнены в рамках гранта при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, в которых обобщен опыт использования в мировой практике индекса системной надёжности электроснабжения, отражающего среднее число перерывов в электроснабжении в год на одного потребителя. На основе систематизированных данных по оценке прямого ущерба, вызванного перерывами в электроснабжении основных категорий потребителей, получены усредненные зависимости удельного ущерба от длительности отключения в электроснабжении [4]. Полученные зависимости могут быть адаптированы к условиям России и использоваться для прогноза ожидаемого ущерба.

Ниже мы приводим авторский проект алгоритма оценки ущерба по приведенным проектным затратам.

Ущерб от перерывов электроснабжения имеет две составляющие – недоотпуск продукции (электроэнергии) и внезапность перерыва электроснабжения. Ущерб от недоотпуска можно посчитать, зная мощность предприятия и годо-

вую продолжительность отключений. Ущерб от внезапности можно оценить, зная количество аварийных отключений в год и энергию производственного цикла (время цикла и мощность предприятия) приближенно – если считать что он охватывает весь производственный цикл.

Объем недоотпущенной электроэнергии:

$$W_{\text{нед}} = P_{\text{потр}} t_{\text{откл}},$$

где $P_{\text{потр}}$ – потребляемая предприятием мощность;

$t_{\text{откл}}$ – годовая продолжительность аварийных отключений.

Удельная составляющая ущерба от недоотпуска:

$$y_0 = \frac{C_{\text{прод}}}{\mathcal{E}_{\text{потр}}},$$

где $C_{\text{прод}}$ – прибыль с единицы продукции;

$\mathcal{E}_{\text{потр}}$ – потребление энергии на единицу продукции.

Ущерб от недоотпуска:

$$Y_{\text{нед}} = y_0 W_{\text{нед}} = y_0 P_{\text{потр}} t_{\text{откл}}$$

Ущерб от недоотпуска прямо зависит от потребляемой мощности и годовой продолжительности аварийных отключений.

Ущерб от внезапности:

$$Y_{\text{внез}} = y_0 P_{\text{потр}} t_{\text{цикл}} \lambda,$$

где $t_{\text{цикл}}$ – время производственного цикла;

λ – интенсивность отказов объекта, питающего предприятие.

Ущерб от внезапности прямо зависит от интенсивности отказов питающего объекта, потребляемой предприятием мощности и времени производственного цикла.

Так как интенсивность отказов питающего объекта фигурирует в формулах для расчета ущерба, ее целесообразно использовать как меру надежности электроснабжения предприятия. Следующие один за другим через случайные промежутки времени отказы системы электроснабжения образуют поток случайных событий, который можно полагать простейшим пуассоновским, так как выполняются три основных условия: ординарность, стационарность и отсутствие последствия.

Первое условие определяется высокой надежностью систем электроснабжения – факт отказа является редким событием (простейший поток несовпадающих событий). Второе условие предполагает, что система обслуживания обеспечивает поддержание надежности системы электроснабжения на стабильном уровне. Третье условие предъявляет требования к восстановлению системы электроснабжения при отказе – надёжность системы восстанавливается до первоначального уровня.

Из сказанного выше – интенсивность отказов питающего объекта можно считать постоянной в пределах срока эксплуатации оборудования. Зная интен-

сивности отказов объектов схемы (выключатели, трансформаторы, разъединители и т. д.), можно рассчитать интенсивность отказов всей схемы.

Вероятность безотказной работы и вероятность отказа элемента схемы:

$$q_i(t) = 1 - e^{-\lambda_i t}; \quad p_i(t) = e^{-\lambda_i t},$$

где λ_i – интенсивность отказа элемента.

Для последовательного соединения перемножаются вероятности безотказной работы, для параллельного – вероятности отказа элементов. Вычисляется вероятность безотказной работы и вероятность отказа всей схемы:

$$P_{\text{посл}} = \prod_{i=1}^n p_i(t) = e^{-(\sum_{i=1}^n \lambda_i)t}, \quad Q_{\text{посл}} = 1 - P_{\text{посл}},$$

$$Q_{\text{пар}} = \prod_{i=1}^n q_i(t) = \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i t}), \quad P_{\text{пар}} = 1 - Q_{\text{пар}}.$$

Интенсивность отказов схемы:

$$\lambda = \frac{dQ_{\text{посл}}}{dt} \cdot \frac{1}{P_{\text{посл}}}, \quad \lambda = \frac{dQ_{\text{пар}}}{dt} \cdot \frac{1}{P_{\text{пар}}},$$

где $Q_{\text{посл}}, Q_{\text{пар}}$ – вероятности отказа всей схемы для последовательного и параллельного соединения элементов;

$P_{\text{посл}}, P_{\text{пар}}$ – вероятность безотказной работы всей схемы для последовательного и параллельного соединения элементов.

Чтобы учесть надежность при проектировании вводится коэффициент:

$$Y_{\%} = \frac{Y_{\text{нед}} + Y_{\text{внез}}}{K_{\text{н/ст}}},$$

где $K_{\text{н/ст}}$ – капиталовложения в питающий объект (можно посчитать даже по укрупненным показателям).

$Y_{\%} = f(\lambda)$ – интересующая нас зависимость.

При условии, что капитальные вложения в питающий объект линейно зависят от его мощности:

$$Y_{\%} = \frac{y_0 P_{\text{потр}} t_{\text{откл}} + y_0 P_{\text{потр}} t_{\text{цикл}} \lambda}{k_{\text{уд.н/ст}} P_{\text{потр}}} = \frac{y_0 (t_{\text{откл}} + t_{\text{цикл}} \lambda)}{k_{\text{уд.н/ст}}},$$

где $k_{\text{уд.н/ст}}$ – удельные капиталовложения на 1 кВт мощности питающего объекта.

То есть $Y_{\%}$ не зависит от мощности предприятия (в пределах одного класса напряжения питающего объекта) – только от его вида (химическая промышленность, металлургия и т. д.) и от интенсивности отказов питающего объекта.

Для расчета необходимы данные: годовая продолжительность отключений предприятия, время производственного цикла, схема питающего объекта. Такая информация собирается по предприятиям различных отраслей промышленно-

сти с питающими объектами различных классов напряжения. Строятся графические обобщенные типовые зависимости $U_{\text{эф}} = f(\lambda)$.

При проектировании новых объектов ущерб от возможных перерывов электроснабжения можно учитывать, рассчитав интенсивность отказов схемы проектируемого объекта. По графику находится $U_{\text{эф}}$, умножается на капитальные затраты и суммируется с приведенными затратами по варианту. Критерий оптимального решения – минимум приведенных затрат.

Таким образом, ущерб от перерывов электроснабжения имеет смысл учитывать на стадии проектирования электрических сетей. Это позволит обеспечить надежность электроснабжения при минимальных затратах.

Список использованных источников

1. МТ-34-70-001-95. Методика расчета экономического ущерба от нарушений в работе энергетического оборудования
2. Правила устройства электроустановок [Текст] : все действующие разделы седьмого издания с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 февраля 2015 г. – 7-е изд. – Москва : Кнорус, 2015. – 488 с. – ISBN 5-406-04462-9.
3. Данные федеральной службы статистики по субъектам РФ. – Режим доступа <http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/dbinet.cgi>
4. А. В. Лесных, В. В. Лесных Оценка ущерба и регулирование ответственности за перерывы в электроснабжении: зарубежный опыт: отчет по гранту №04-06-80056.- Москва – Иркутск, 2005.- 17 с. – Режим доступа: http://www.dex.ru/riskjournal/2005/2005_2_1/33-49.pdf.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Марков Д. А. – студент группы Э-31, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Эффективное функционирование городских предприятий в современных условиях связано с наличием всех необходимых ресурсов. Важнейшим ресурсом является энергия. В современных условиях большинство технологических процессов используют электрическую энергию в качестве основного вида для преобразования в другие виды. Полное или частичное прекращение поступления электрической энергии приводит к существенным, а иногда и невозполнимым финансовым потерям.

Надёжное электроснабжение потребителей возможно при обеспечении параметров технического состояния всех элементов системы в нормируемых пределах. Одним из важнейших элементов систем электроснабжения является силовой трансформатор. В настоящее время существенная доля трансформаторов,

эксплуатируемых в городских и пригородных электрических Барнаула, выработала нормативный срок эксплуатации. Поэтому вопросы дальнейшей эксплуатации напрямую зависят от своевременного определения тенденций дальнейшего изменения их технического состояния. Своевременное обнаружение дефектов трансформаторов позволяет продлить срок службы трансформатора, предотвратить возникновение аварийных выходов из строя, а также обеспечивать эффективное планирование вывода трансформаторов в ремонт. Решить весь комплекс этих важных задач позволяет использование большого количества методов диагностики. Среди всего многообразия методов диагностики предпочтительными являются методы, осуществляемые без снятия рабочего напряжения. В этой группе методов наибольшее распространение получили следующие [1]:

- тепловизионное обследование;
- вибродиагностика;
- анализ масла из бака трансформатора.

Достоинствам и функциональному применению этих методов диагностики посвящён большой перечень работ [1-7]. Так, тепловизионное обследование позволяет делать выводы о состоянии оборудования по отклонениям температуры в ключевых точках как в большую, так и в меньшую сторону. Важным является понимание происходящих в оборудовании процессов, следствием протекания которых и становится изменение температурного поля от естественного, регистрируемого при работе исправных трансформаторов. Если понимание протекающих процессов отсутствует, то изменение температурного поля может быть истолковано неверно, а это, в свою очередь, скажется на эффективности выполнения восстановительных мероприятий: при вскрытии оборудования диагноз может не подтвердиться. Более того, может оказаться так, что необходимо проводить совсем другой набор восстановительных мероприятий для конкретного трансформатора. Неправильное планирование мероприятий по подтверждению диагноза может привести к порче отдельных элементов трансформатора (например, маслонаполненных вводов, которые являются неремонтопригодными). В самом плохом случае может оказаться так, что на момент постановки диагноза данный элемент был вполне работоспособен. Поэтому принимать решение о проверке диагноза и выполнении восстановительных работ стоит при получении сходных выводов при использовании разных методов диагностики.

Тем не менее, на практике наряду с необходимостью выполнения требований действующей нормативно-технической документации в части проведения регламентированных испытаний и диагностики стоит проблема сокращения затрат времени и ресурсов на проведение этих мероприятий. Решением проблемы может стать разработка метода, позволяющего проводить удалённую диагностику на основе использования комплекса технических устройств, выполняющих свои функции по команде с диспетчерского пункта или другого пункта управления сетями. Практика показала, что различные методы наложения тестирующего сигнала на основную частоту 50 Гц дают ограниченный эффект при их использовании, так как в силовом трансформаторе и окружающей сети сигнал для своего прохождения может найти сравнительно большое количество путей, учесть которые в их полноте не представляется возможным. Поэтому до

сих пор для диагностики сложных объектов распространение получают зарекомендовавшие себя во времени методы диагностики.

Тем не менее, проблема выбора эффективного метода диагностики для использования в конкретной ситуации остаётся нерешённой. Как уже было отмечено выше, необходимо обращать внимания не только на достоинства методов диагностики, но и на их недостатки. Так, метод хроматографического анализа растворённых в трансформаторном масле газов может быть применён для выявления медленно развивающихся дефектов. Если в трансформаторе имеет место быстро развивающийся дефект, то до момента получения результата анализа он может успеть выйти из строя, так как обработка результатов может проводиться только на специальном аналитическом оборудовании, которое расположено только в условиях химической лаборатории. Такая лаборатория, как правило, может находиться на большом удалении от места эксплуатации трансформатора. Кроме того, при правильной организации диагностических мероприятий она должна быть загружена заказами, что приводит к некоторому ожиданию в очереди. Поэтому и говорят о целесообразности обнаружения только медленно развивающихся дефектов, а в редких случаях и быстро развивающихся дефектов. Стремительно развивающиеся дефекты методами хроматографического анализа выявлены быть не могут, так как дефект успеет развиться до крайней стадии и трансформатор выйдет из строя.

Вибрация является одним из следствий особого устройства электрических машин с шихтованным магнитопроводом. Однако в ряде случаев при нарушении правильной работы магнитной системы она может дать соответствующую информацию.

Таким образом, можно заметить, что каждый отдельно рассматриваемый метод диагностики позволяет получать информацию о техническом состоянии трансформатора, но возможны ситуации, когда опираясь только на один метод диагностики можно получить недостоверную картину и сделать неверные суждения о текущем состоянии трансформатора и прогнозе его поведения в перспективе разных горизонтов прогноза. Поэтому актуальной является проблема правильной интерпретации результатов измерений. К настоящему времени разработаны эффективные методики по анализу результатов диагностики [8]. Однако, использование на практике положений этих методик показывает, что в ряде случаев имеющаяся в них информация не позволяет сделать правильные выводы, в связи с чем необходима доработка руководящих документов.

Однако этим перечень современных методов диагностики не исчерпывается. В ведущих научных центрах нашей страны ведётся разработка методов диагностики, основанных на последних достижениях науки и техники. Для оценки их эффективности необходимо иметь методику, которая бы позволяла сравнивать методы диагностики между собой. Важнейшим при сравнении является определение элементов силовых трансформаторов, которые позволяет диагностировать тот или иной метод. С точки зрения полноты получения информации о диагностируемом объекте методы могут иметь различную эффективность. К тому же методы можно сравнивать по другим критериям, к которым относится стоимость оборудования, время на проведение измерений и на анализ их результатов, требуемая

квалификация персонала. Учесть все критерии довольно затруднительно. Поэтому разработка методики сравнения методов диагностики как уже используемых, так и только разрабатываемых представляет собой сложную задачу.

Для решения этой задачи в первую очередь необходимо выделить основные группы критериев эффективности диагностики. Систематизация и ранжирование критериев эффективности позволит выделить наиболее важные из них, которые и будут использоваться в дальнейшем при проведении сравнения методов диагностики между собой.

Наиболее важным представляется рассмотрение диагностики на основе теории информации. В основе этого подхода лежит сопоставление количества информации об исследуемой системе, которое можно получить при использовании того или иного метода диагностики со всей информацией о системе. Как правило, конкретный метод диагностики направлен на установление технического состояния отдельного узла трансформатора. В некоторых случаях информационный поток может извлекаться с присущих трансформатору вещественных (например, трансформаторное масло) или полевых (например, внешнее электромагнитное поле при работе трансформатора) носителей информации. И вопрос сводится к тому, позволяет ли нет исследуемый метод диагностики извлечь с носителя всю доступную информацию. Зачастую ответ на данный вопрос подразумевает использование смежных областей науки и, как следствие, могут быть получены концепции перспективных методов диагностики.

Таким образом, проведение исследований по данной теме будет иметь не только конкретный практический результат, но и покажет перспективы развития методов диагностики трансформаторного оборудования.

Список использованных источников:

1. Вилков, С. А. Обзор современных способов диагностирования силовых трансформаторов и автотрансформаторов [Электронный ресурс] / С. А. Вилков // Современные научные исследования и инновации. – 2012. – № 9. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/09/16794>.
2. Гавриленко, А. В., Долин, А. П. Методика вибрационного обследования силовых трансформаторов, 2004.
3. Сидельников Л. Г., Седунин А. М., Сыкулев А. Ю. ООО «ТестСервис» Диагностика масла в силовых трансформаторах.
4. Сидельников Л. Г., Седунин А. М., Сыкулев А. Ю. ООО «ТестСервис» Вибродиагностика и измерение частичных разрядов в силовом трансформаторе.
5. Голоднов, Ю. М. Контроль за состоянием трансформаторов. – Москва: Энергоатомиздат, 1988 – 88 с.: ил.
6. Михеев, Г. М. Тепловизионный контроль высоковольтного оборудования: Учебное пособие. – Чебоксары: Изд-во Чуваш ун-та, 2004. – 180 с.
7. Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ. / Под ред. С. А. Бажанова, Москва, 1999. – 181 с.
8. РД 153-34.0-46.302-00 Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле. – Москва, 2001.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Мартыненко В. А. – студент группы Э-31, Шипицына Е. В. – доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Не вызывает сомнения тот факт, что основным видом экономической деятельности современной цивилизации является производство товаров и услуг. Для производства товара или выполнения услуги требуется некоторое количество электроэнергии. Указанная специфика электрической энергии отличает энергетику от других отраслей народного хозяйства, потому что от того, насколько эффективным будет управление энергетикой, зависит уровень жизни общества. Следовательно, имеется необходимость понимания закономерностей, не зависящих от человека, на основании которых выстраивается любая научно-прикладная и фундаментально-научная сфера деятельности человечества.

Всякое управление подразумевает под собой наличие какой-либо цели (управление без цели невозможно). Таким образом, процесс управления отдельной отраслью подразумевает наличие целей по отношению к процессам, носящим объективный характер и протекающим в окружающей среде.

В энергетике, в частности, для повышения качества управления данной отраслью следует наполнить метрологической состоятельностью последовательность следующих этапов, отвечающих как за качество управления целой отраслью, так и на различных уровнях взаимовложенности процессов.

Определение фактора среды, в отношении которого имеется потребность управления. В электроэнергетике к таким факторам можно отнести: рост потребления и, следовательно, динамическое изменение величины потерь электрической энергии, изменение цен на тарифы электроэнергии, технический износ оборудования. Отличительная особенность данного этапа – это способность субъекта управления различать из множества объективно существующих процессов те, которые обладают наибольшей значимостью и порождают множество других.

Формирование стереотипа распознавания этого фактора в перспективе. На данном этапе следует решить задачу о создании метрологии, которая может выражаться в различных формах: математических моделях, лексических формулировках и иных способах описания, от их точности будет зависеть качество управления процессом.

Создание вектора целей управления в отношении выбранного фактора или группы факторов с целью внесения его в общий вектор целей структуры управления. Осуществляется это на основе решения задачи об устойчивости объекта либо процесса управления, под которой понимается предсказуемость его поведения под влиянием внешних факторов среды и внутренних факторов системы управления. Неоспоримо то, что энергетика не может рассматриваться обособленно от других сфер общественной деятельности, таких, например, как экономика, экология, политика и др. Внесение выявленного фактора среды в общий

вектор цели системы управления, может оказывать влияние на существующую иерархию векторов целей.

Выработка концепции и стратегии выполнения поставленных задач и достижения поставленных целей, которые определены субъектом управления на заданные сроки.

Организация целесообразных структур, которые будут осуществлять управление. Такими структурами могут выступать информационно-алгоритмические и материальные структуры, по которым осуществляется циркуляция информации с момента целеполагания, и в дальнейшем, в процессе управления.

Контроль деятельности структур в процессе управления, осуществляемого ими, и координация взаимодействия различных структур.

Ликвидация структур по факту достижения ими заданной цели с целью высвобождения ресурсов системы управления, что позволит использовать освободившийся потенциал для организации новых структур, а также поддерживать ликвидированные структуры в работоспособном состоянии до следующего использования.

Представленная последовательность этапов – это полная функция управления [1].

Полная функция управления (ПФУ) - одно из важнейших и ключевых понятий достаточно общей теории управления, с его помощью можно идентифицировать объективные явления независимо от среды протекания рассматриваемого процесса. Благодаря ПФУ возможна полная оценка состояния процесса управления. В случае обрыва последовательности этапов или не разрешения субъектом управления по каким-либо причинам, появляются условия для возможного снижения качества управления. Благодаря такой последовательности этапов появляется возможность осуществлять управление любыми процессами по полной функции – таким образом обеспечивается высокий уровень качества управления процессом с момента целеполагания и в течение всего процессе управления.

Электроэнергетика имеет отличительную особенность - повышение себестоимости электроэнергии приведет к росту тарифов, что, в свою очередь, очевидно приведет к повышению стоимости практически всех товаров, производимыми обществом. Энергетика, на ряду с любой другой наукой, должна быть наделена адекватной метрологией, которая будет включать в себя: приборно-измерительную базу, а также понятийно-терминологический аппарат, основываясь на которых будут осуществляться процессы выявления и описания объективных закономерностей и природы их происхождения.

Требуется рассмотреть процесс роста потребления электроэнергии и дать определение данному явлению.

Для чего человечеству нужна электроэнергия? Электрическая энергия используется обществом и отдельными его членами для удовлетворения разного рода потребностей. В процессе глобализации и общественного объединения труда, а также для удовлетворения потребностей требуется обеспечить процессы производства и потребления необходимым и достаточным количеством электрической энергии определенного качества. Различные потребности имеют

свои особенности и специфику. В действительности же, спектр потребностей общества зависит от различных условий: климатических, географических, демографических и т. д.

Существуют ли процессы производства и потребления материальных благ, оказывающие своё негативное воздействие на экологическую обстановку? Какой должна быть политика государства в отношении к таким процессам? Решение данного вопроса должно рассматривать спектр разграничения характера потребностей с учётом различных особенностей и выделять из этого множества потребностей, являющихся непредсказуемыми и разрушительными по своему характеру.

Основываясь на выше сказанном, определим, что же называется ростом потребления электроэнергии.

Процесс роста потребления электроэнергии – это увеличение доли производимой электроэнергии в процессе объединения труда, направленного на удовлетворение всего спектра потребностей различного характера общества в целом и отдельных его членов. Исходя из составленного определения, целесообразным будет ознакомиться с тем, какое внимание уделяется фактору роста потребления электрической энергии со стороны государства [2, 4].

Как было сказано выше, указанное обстоятельство представляет собой объективный процесс, оказывающий влияние на экономику, энергетику и другие отрасли общественной деятельности. Снижение выработки мощностей может оказать негативное влияние на экономическое благосостояние общества. Значит, существует необходимость обеспечения процесса передачи и потребления электрической энергии необходимым уровнем надёжности функционирования. Эта задача решается благодаря функционированию релейной защиты и автоматики, однако надёжность всей системы зависит от способности элементов структуры сетей выполнять заданные функции с определённым запасом устойчивости и сроком эксплуатации оборудования.

Постоянный рост потребляемой электроэнергии воздействует на электроэнергетическую систему, от которой, в основном, зависит величина потерь [3]. Данный фактор будет оказывать своё влияние в перспективе, постоянно увеличивая объём информации, обрабатываемый системой управления. Прогнозирование характера появления и специфики новой информации представляет собой очень сложную задачу. Важность для структур, определяющих концепцию управления электроэнергетикой, представляет задача создания схемы управления, способной своевременно реагировать и адаптировать потенциал системы к разрешению появляющихся задач.

Выводы.

С точки зрения достаточно общей теории управления сделано краткое описание объективного фактора окружающей среды, оказывающего своё влияние на общество в целом и электроэнергетику в частности.

Увеличение числа параметров управления процессом способствует более детальной оценке качества управления с учетом реального воздействия электроэнергетики на другие сферы, однако это нуждается в более детальной проработке и учёте в рамках государственной политики.

Дифференциация характера потребностей общества способствует устранению излишков нагрузки на объекты электроэнергетики, тем самым снижается величина потерь электроэнергии в элементах сети. Однако эта задача представляет собой целый комплекс вопросов и не может решаться только в сфере электроэнергетики, она требует совместного участия сразу нескольких сфер общественной деятельности.

Более точное выявление и решение проблем, имеющих большое значения для общества, возможно на основании теории, способной выполнять функцию междисциплинарного взаимодействия. Данная теория рассмотрена в представленной статье.

Список использованных источников:

1. Достаточно общая теория управления. (Вторая редакция 2003–2004 гг.) – Москва : НОУ «Академия управления», 2011 г. – 416 с.
2. Министерство энергетики Российской Федерации. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. / Москва – 2014. – 237 с.
3. Поспелов Г. Е. Потери мощности и энергии в электрических сетях. / Под ред. Г. Е. Поспелова. – Москва : Энергоиздат, 1981. – 216 с., ил.
4. Правительство Российской Федерации. Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации. / Москва. 2013 г. № 511-р – 43 с.

МИНИМИЗАЦИЯ СУММЫ СОСТОЯЩЕЙ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ АЛГЕБРО-ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Рыбалкина Т. И., Рязанова Е. Д. – студенты группы Э-64,
Дедаев К. Е. – ассистент, Стальная М. И. – к.т.н., профессор

РФ, Алтайский край, г. Барнаул

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

В современном производстве используются полупроводниковые приборы, с преобладанием логических элементов. Часто уравнения, которые описывают эти устройства, на основе алгебры-логики, получаются сложные, и их нужно минимизировать, чтобы система автоматического управления имела меньшие габариты, стоимость и была более надежной [2]. В связи с этим, рассмотрим один из примеров минимизации.

Пусть имеем сумму, двучлен вида:

$$a + \bar{a}b \quad (1)$$

Логическая структурная схема, реализующая эту формулу показана на (рисунке 1).

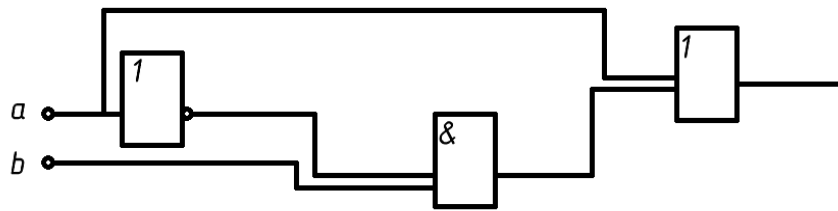


Рисунок 1 – Структурно-логическая схема

Таким образом эта система состоит из трех логических элементов. Докажем, что уравнение (1) после минимизации будет иметь вид

$$(a + b) \quad (2)$$

То есть

$$a + \bar{a}b = (a + b) \quad (3)$$

Если формулу (2) умножить на единицу, то она останется такой же

$$(a + b)1 = a + b$$

Если учесть, что $(a + \bar{a})=1$, то

$$(a + b)(a + \bar{a}) = a + b \quad (4)$$

Или, применив к формуле (7) распределительный закон, имеем

$$(a + b)(a + \bar{a}) = aa + ab + \bar{a}b + \bar{a}a = a + ab + \bar{a}b = a(1 + b) + \bar{a}b = a + \bar{a}b$$

Таким образом уравнение (3) доказано, тогда структурно-логическая формула(3) при реализации на логических элементах примет вид (рисунок 2).

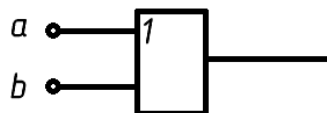


Рисунок 2 – Структурно-логическая схема

Из рисунков 1 и 2 видно, что после минимизации вместо 3 логических элементов используется 1 логических элемент.

Аналогичным образом докажем, что проделав предыдущие операции имеем

$$\bar{a} + ab = \bar{a} + b \quad (5)$$

или $(\bar{a} + b)(\bar{a} + a) = \bar{a}\bar{a} + \bar{a}a + ba + b\bar{a} = \bar{a} + ba + b\bar{a} = \bar{a}(1 + b) + ba + \bar{a} + ba$

Таким образом уравнение (5) доказано.

Еще один пример такого вида:

$$a + b + \overline{a + bcd},$$

То есть,

$$a + b + \overline{a + bcd} = a + b + cd.$$

Обозначив $(a+b)$ через x имеем:

$$x + \bar{x}cd$$

Тогда,

$$x + \bar{x}cd = x + cd.$$

Докажем это логическое уравнение, учитывая, что:

$$(x + \bar{x}) = 1,$$

$$(x + cd)(x + \bar{x}) = xx + \bar{x}x + xcd + \bar{x}cd = x + xcd + \bar{x}cd = x(1 + cd) + \bar{x}cd = x + \bar{x}cd$$

Сделав обратную замену получаем

$$a + b + \overline{a + b}cd = a + b + cd \quad (6)$$

На основании выше изложенного, можно сформулировать следующее правило:

Если имеем двучлен, состоящий из суммы, в которой 1 слагаемое является свободным членом, в действительном или инверсном виде, и один из элементов второго слагаемого в виде произведения является свободным членом, записанном в инверсном (действительном) виде, то после минимизации имеется сумма двух членов, состоящая из первого слагаемого (свободного) члена и второго слагаемого без свободного члена [2].

Тогда в соответствии с приведенным правилом имеем следующие равносильности:

$$\bar{a} + a\bar{b} = \bar{a} + \bar{b},$$

$$\overline{a + b} + (a + b)c = \overline{a + b} + c,$$

$$ab + \bar{a}\bar{b}cd = ab + cd,$$

$$\bar{a}\bar{c} + acbd = \bar{a}\bar{c} + bd.$$

Таким образом современный этап математической логики позволяет значительно упростить логические функции, описывающие функционирования схем, тем самым уменьшить число элементарных логических элементов, а также уменьшить стоимость и увеличить надежность.

Список использованных источников:

1. Шенфилд Дж. Математическая логика [Текст] : рук. разработчика : [пер. с англ.] / И. А. Лаврова и И. А. Мальцева под ред. Ю. Л. Ершова. : Наука, 1975 – 527 с.
2. Колмогоров А. Н. Введение В Математическую Логику [Текст] : Учеб. пособие для вузов / Колмогоров А. Н. Драгагин А. Г. М. : УРСС, 2013. –240 с. – ISBN 978-5354-01447-7
3. Никольская И. Л. Математическая логика [Текст]: учебник / И. Л. Никольская. – М.: Высш. школа, 1981.– С. 30.

МИНИМИЗАЦИЯ АЛГЕБРО-ЛОГИЧЕСКИХ ФОРМУЛ, СОСТОЯЩИХ ИЗ ПРОИЗВЕДЕНИЯ СКОБОК С ЛОГИЧЕСКИМИ СУММАМИ

Рыбалкина Т. И., Рязанова Е. Д. – студенты группы Э-64,
Дедаев К. Е.- ассистент, Стальная М. И. – к.т.н. профессор
РФ, Алтайский край, г. Барнаул
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технических университет
им. И. И. Ползунова»

Проблема большинства уравнений, составленных на основе алгебро-логиче-ских выражений и описывающих полупроводниковые приборы, неотъемлемой ча-стью которых являются логические элементы, состоит в том, что они получаются сложными, поэтому такие уравнения нуждаются в минимизации. В следствии преобразования (минимизации) система автоматического управления получается более компактной, её стоимость уменьшается, а надёжность увеличивается. Исхо-дя из выше сказанного, рассмотрим один из примеров минимизации [1].

Пусть имеется САУ, описываемая алгебро-логическим уравнением вида

$$(a + b) * (a + \bar{c}) \quad (1)$$

Структурно-логическая схема на ЛЭ имеет вид, показанный на рисунке 1.

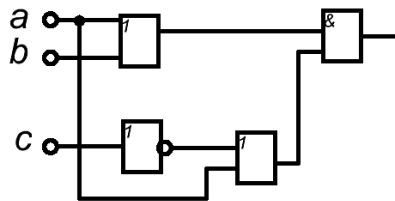


Рисунок 1 – Структурно логическая схема

В соответствии с распределительным законом получаем уравнение (2),

$$(a + c)(a + \bar{c}) = aa + ab + a\bar{c} + b\bar{c} \quad (2)$$

учитывая, что $a * a = a$ получаем уравнение (3),

$$a + ab + a\bar{c} + b\bar{c} \quad (3)$$

Выносим одинаковый множитель “a” за скобки

$$a(1 + b + \bar{c}) + b\bar{c} = a + b\bar{c} \quad (4)$$

После минимизации получаем логическую схему (рисунок 2), имеющую три логических элемента вместо четырех.

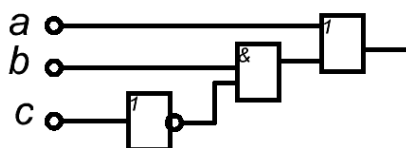


Рисунок 2 – Минимизированное логическое уравнение

Если имеется алгебро-логическое уравнение, состоящее из трех скобок, например, уравнение (5),

$$(a + b)(a + c)(a + d) \quad (5)$$

Которое имеет структурно логическую схему, показанную на рисунке 3.

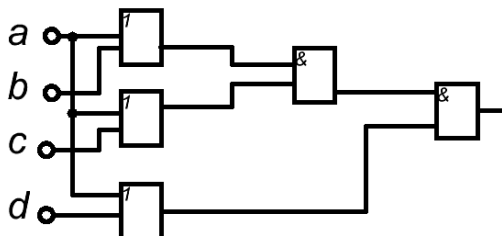


Рисунок 3 – Структурно логическая схема уравнения 5

В каждой скобке уравнения (5) есть повторяющийся член (в данном случае “а”), то, проделав аналогичные операции с использованием законов распределения и склеивания получаем уравнение (6)

$$\begin{aligned} (a + b)(a + c)(a + d) &= (aa + ab + ac + bc)(a + d) = (a + bc)(a + d) = \\ &= aa + abc + ad + dbc = a(1 + bc + d) + bcd = a + bcd \end{aligned} \quad (6)$$

Структурно-логическая схема уравнения приобретает вид, которой показан на рисунке 4, он состоит из двух логических элементов.

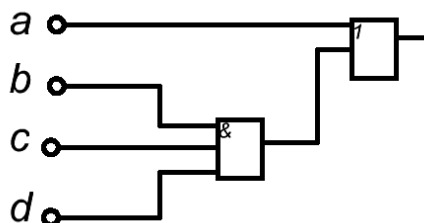


Рисунок 4 – Структурно-логическая схема уравнения 6 после минимизации

Отсюда получаем правило.

Если дано произведение нескольких скобок, в каждой из которых имеется сумма слагаемых, одно из которых повторяется в каждой скобке, то после минимизации получается выражение, состоящее из суммы повторяющегося слагаемого и произведения всех остальных слагаемых.

Проведем алгебраические операции над уравнением, состоящим из трех скобок, в одной из которых находится сумма трех элементов

$$\begin{aligned} (a + b)(a + \bar{c})(a + d + c) &= (a + \bar{b}\bar{c})(a + d + c) = aa + \bar{b}\bar{c}a + \bar{b}\bar{c}c + ad + ac = \\ &= a(1 + \bar{b}\bar{c} + d + c) + \bar{b}\bar{c}d + \bar{b}\bar{c}c = a + \bar{b}\bar{c}d \end{aligned} \quad (7)$$

В данном уравнении в исходном виде было использовано 5 ЛЭ (рисунок 5), а после преобразований 3 ЛЭ (рисунок 6).

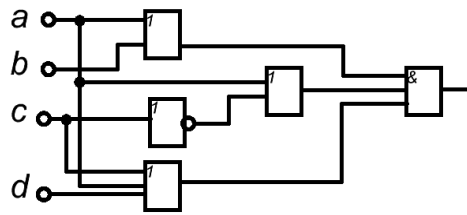


Рисунок 5 – Структурно-логическая схема уравнения 7 до минимизации

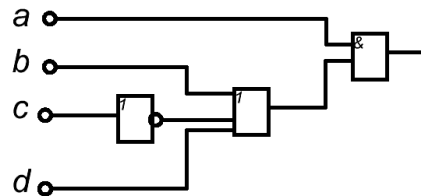


Рисунок 6 – Структурно-логическая схема уравнения 7 после минимизации

Рассмотрим следующую цепочку преобразований:

$$\begin{aligned}
 (a + \bar{b})(a + cd)(a + ef) &= (aa + \bar{b}cd + \bar{b}a + acd)(a + ef) = \\
 &= (a(1 + \bar{b} + cd) + \bar{b}cd)(a + ef) = (a + \bar{b}cd)(a + ef) = \\
 &= aa + \bar{b}cda + \bar{b}cdef + aef = a + \bar{b}cdef
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

После проведения операций над уравнением его логическая схема, состоящая из 7 ЛЭ (рисунок 7), уменьшила свой размер до 3 ЛЭ (рисунок 8).

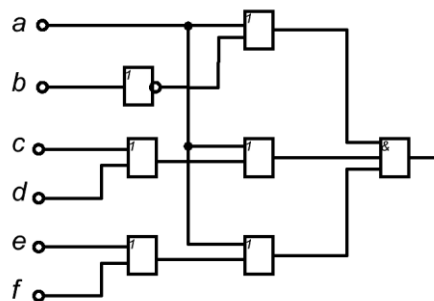


Рисунок 7 – Структурная схема состоящие из 7 ЛЭ

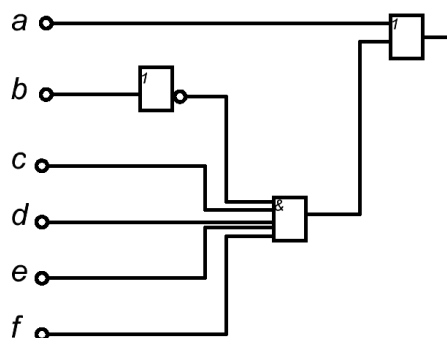


Рисунок 8 – Минимизация логической схемы

Подводя итог всему вышесказанному, нужно заметить, что в процессе минимизации алгебро-логические уравнения, действительно, становятся менее сложными, что отражается на реализации в виде логической схемы. В свою очередь, это приводит к тому, что САУ становится более компактной, её надежность увеличивается, а стоимость становится на порядок меньше.

Список использованных источников:

1. Шенфилд Дж. Математическая логика [Текст] : рук. разработчика : [пер. с англ.] / И.А. Лаврова и И.А. Мальцева под ред. Ю.Л. Ершова. : Наука, 1975 – 527 с.
2. Колмогоров А. Н. Введение В Математическую Логику [Текст] : Учеб. пособие для вузов / Колмогоров А. Н. Драгалин А. Г. М. : УРСС, 2013. - 240 с. – ISBN 978-5354-01447-7
3. Никольская И. Л. Математическая логика [Текст]: учебник / И. Л. Никольская.–М.: Высш. школа, 1981.– С. 30.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ КАК ЭЛЕМЕНТ «УМНЫХ СЕТЕЙ»

Самсонова Н. Ю. – студент группы Э-31, Попов А. Н. – к.т.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Сегодня в мире повсеместно увеличивается потребление электроэнергии, в связи, с чем воздвигаются и вводятся в эксплуатацию новые электрические станции и подстанции, так же линии электропередачи: воздушные и кабельные. В результате, энергетическая система становятся все более и более сложной, возрастает трудность управления, а, следовательно, растут и требования к управлению и автоматике.

В таком случае, невозможно переоценить роли человека в электроэнергетике и роль электроэнергии в жизни человека, нужно понимать, что надёжность в системе электроснабжения должна быть очень и очень высока. От надёжности оборудования и его охраняемости, а также охраняемости любого имущества объектов электроэнергетики зависит качество и надёжность услуг, предоставляемых электроэнергетиками. Автономные подстанции городов (в том числе КТП) на данный момент не оборудованы сигнализацией или средствами оповещения и представляют собой легкодоступную цель для воровства и вандализма. Разработка и создание устройства оповещения сигнализации о фактах технологических нарушений позволит избежать порчи и потери электрооборудования подстанций при проникновениях сторонних лиц, а также увеличит надёжность электрической системы городов и самой энергосистемы страны.

Статистика говорит о том, что около 50 % случаев краж и воровства случается на ВЛЭП. Что не является удивительным, так как ВЛЭП расположены вдали от городов населённых пунктов, проводниковый материал здесь является легкодоступной добычей.

Так же, около 35 % краж происходит в отношении оборудования в таких метак, как комплектные трансформаторные подстанции (КТП) и распределительные пункты (РП). Данный вид электроустановок является легкой добычей для правонарушителей, вследствие своей независимой работы.

Возьмем во внимание что, именно оборудование КТП, наиболее часто страдает от воровства, вандализма, а также любопытства. От проникновения на территорию КТП и РП защищает лишь «амбарный замок» и стальная дверь, которые не на долго задержат целенаправленного вора.

Обеспечение сохранности оборудования, а также оперативное и надёжное оповещение о несанкционированном проникновении, позволят большое количество технических средств и методов. Наиболее эффективным методом на сегодняшний день является комплексная охранная сигнализация, основным элементом которой служит приёмно-контрольный прибор (ППК) [1].



Рисунок 1 – Распределение технологических нарушений электросетевого комплекса

В большинстве своем, приёмно-контрольные приборы (ППК) рассчитаны на общепромышленные объекты. Как правило, разработчики охранной системы представляют готовые решения для частных домов, торговых залов, складов и т.д.

Узкая спецификация электроэнергетики, требует комплексной доработки существующих систем сигнализации и оповещения. Реализация прибора приема и контроля было возможна на основе микроконтроллера, что позволит программировать его в зависимости от условий и назначения прибора.

Самым рациональным способом с экономической точки зрения и с точки зрения удобства использования решена реализация передачи данных по средствам GSM модуля (SIM800).

Данный способ передачи информации по средствам GSM связи удобен из-за двухсторонней передачи сигнала. Следствием является дистанционная постановка и снятие с охраны, что требует только человеческих ресурсов либо устройств автоматики. Таким образом здесь нет необходимости в транспортировке персонала до места, где расположено оборудование, что позволит убрать часть статьи расходов предприятия[2].

Связь GSM достаточно устойчива и имеет устойчивые каналы, не смотря на загруженность сотовой связью или радиосвязью, особенно в больших городах. Следовательно, возможности перегрузки «эфира» исключаются. Применение связи GSM позволит своевременно узнавать о проникновении нарушителей на охраняемые объекты. К тому же, данный модуль позволит расширить возможности охранной системы, определяя такие технологические нарушения, как:

- пожар либо возгорание электрооборудования;
- битье стекла.

Оперативный персонал может определить дистанционно ряд технологических нарушений, кроме описанных выше. Дистанционно могут быть обнаружены такие виды технических нарушений, как перегрев, поломка, пожар, выход из строя электроники.

Возможны следующие виды датчиков, включающиеся в охранную систему:

- шлейф;
- датчики инфракрасные;
- датчики микроволновые;
- датчики ультразвуковые
- датчики магнитные;
- вибродатчики;
- датчики фотоэлектрические;
- датчики разбития стекла.

При разработке устройства наиболее правильным решением было применить магнитные и инфракрасные датчики. Они в шаговой доступности для любого потребителя и широко распространены. Так же их преимуществом является возможность использование на открытых пространствах, что не ухудшает работу датчиков.

При проектировании устройства разработаны структурная схема и принципиальная схема, которая показана ниже.

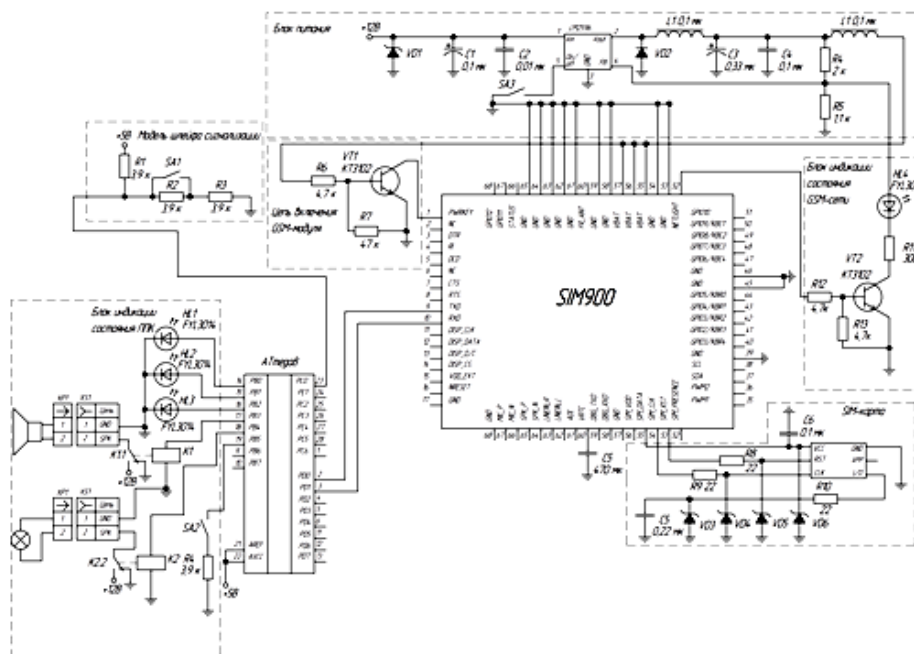


Рисунок 2 – Принципиальная схема устройства

Разработанная принципиальная схема позволяет автоматически отвечать за безопасность объектов энергетики, обеспечить надежность работы устройства, иметь своевременные данные, а также информацию о ситуациях на объектах энергетики.

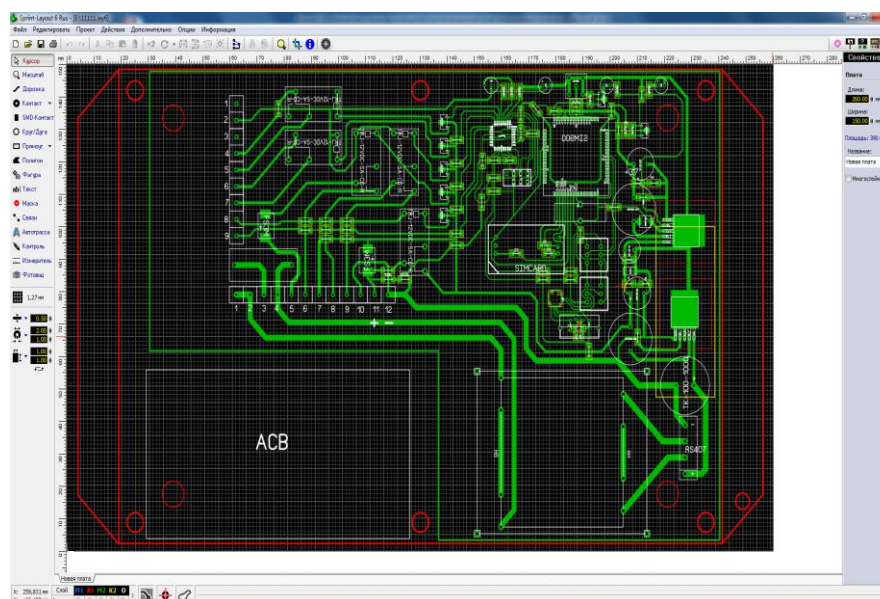


Рисунок 3 – Разработка трассировки платы в программной среде «Proteus»

Важность данной системы сможет показать себя незамедлительно после ее установки на электросетевых предприятиях города.

Следствием разработки системы оповещения является возможность увеличивать вероятность предотвращения событий таких, как вандализм на электрических подстанциях (или КТП), вред здоровью сотрудников организации или

гибель от несчастного случая в ходе проникновения, возможность кражи и разбоев на энергообъекте под охраной.

Список использованных источников:

1. Дементьев, А. Н. Технические средства охраны [Текст] / А. Н. Дементьев, Г. В. Дементьева. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), 2012. – 119 с.
2. Синилов В. Г. Системы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации [Текст] / В. Г. Синилов. – Москва: ПрофОбрИздат, 2001. – 267 с
3. Ащеулов, И. А. Создание устройства проверки параметров низковольтных защитно-коммутационных аппаратов [Электронный ресурс] / Ащеулов, И. А., А. Н. Попов // Современные тенденции развития науки и производства. – Кемерово, 2016. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=25532523>

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Свит С. Н. – студент группы 8Э-61, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Одним из наиболее ответственных элементов энергосистемы является силовой трансформатор. Техническое состояние отдельных его узлов, отсутствие каких-либо дефектов, которые могли бы перетекать в повреждения, определяют надёжность электроснабжения в целом. Именно поэтому контроль состояния столь важного оборудования во время эксплуатации, а также при периодических испытаниях, обследованиях, входящих в перечень обязательных профилактических мероприятий, является основным путем для решения проблемы поддержания трансформаторов в работоспособном состоянии.

Положительными эффектами своевременного выявления дефектов, возникающих при работе оборудования, позволяющего избежать возникновения аварийной ситуации, а также принятие обоснованных решений по устранению обнаруженных дефектов позволяет обеспечить высокие значения коэффициента готовности, продление срока службы оборудования, снижение затрат на ремонты, сокращение времени простоя [1].

На основе перечня данных одной из крупных организаций был произведен анализ текущего состояния парка эксплуатируемых силовых трансформаторов в сетях 110 кВ, мощностью от 2 500 до 40 000 кВА. Общее число трансформаторов в выборке данных составило 340 шт.

На рисунке 1 представлена диаграмма распределения эксплуатируемых силовых трансформаторов по году выпуска.

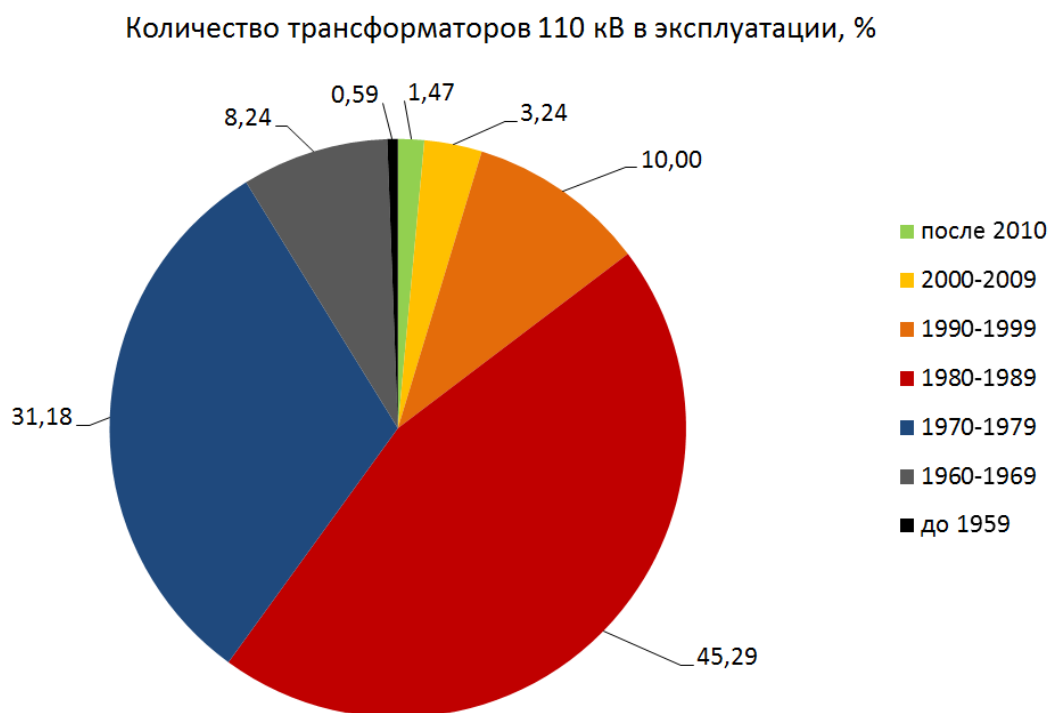


Рисунок 1 – Распределение эксплуатируемых силовых трансформаторов по году выпуска

Данная диаграмма наглядно показывает, что срок службы около 75% эксплуатируемых трансформаторов превысил 30 лет (это значение срока службы установлено нормами ГОСТ Р 52719-2007 «Трансформаторы силовые. Общие технические условия»), а, следовательно, ключевое значение приобретает оценка остаточного ресурса трансформаторов данной группы. Решение этой проблемы является срочным, неотложным делом, так как в России в ближайшие годы, как по техническим, так и по экономическим причинам не ожидается существенного обновления трансформаторов, отработавших указанный выше срок службы. Определенная задержка с оценкой может повлечь за собой ряд неблагоприятных последствий, привести к существенному снижению надёжности передачи электроэнергии, повысить риск аварий, а, следовательно, и затрат на ремонты.

В НИЦ «ЗТЗ-Сервис» проведены исследования 106 силовых трансформаторов со сроком службы более 20 лет, которые эксплуатируются предприятиями России и Украины. Они позволили выявить 633 дефекта [1], сведения о которых приведены в таблице 1.

Данные цифры в процентном отношении демонстрируют, что в наибольшем количестве случаев при эксплуатации проблемы возникали с системами охлаждения, высоковольтными вводами (около 40 % дефектов). Значительные доли (в районе 10 %) занимают распрессовка магнитопровода и обмоток, примерно по столько же – увлажнение твёрдой изоляции обмоток, а также её загрязнение; аналогично – старение и загрязнение масла.

Исследования показали, что только в 10 случаях из всей выборки трансформаторов надо было их заменять полностью или же можно было ограничиться заменой обмоток.

Таблица 1 – Доли распределения дефектов силовых трансформаторов

Дефекты	Количество случаев	Доля, %
Система охлаждения	146	22,75
Высоковольтные вводы	92	14,40
Выделение газов в масло	58	9,05
Старение масла	48	7,47
Дефекты в устройстве РПН	46	7,15
Течи по уплотнениям	44	6,84
Распрессовка обмоток	42	6,53
Загрязнение твёрдой изоляции	34	5,29
Увлажнение твёрдой изоляции	26	4,04
Распрессовка магнитопровода	26	4,04
Загрязнение масла	14	2,18
Деформация обмоток	10	1,56
Повреждения в ШАОТ	8	1,48
Повышенная вибрация	8	1,24
Повреждения отводов	7	1,24
Повреждения магнитных шунтов	6	1,15
Повреждения устройства ПБВ	6	1,09
Окисление масла	4	0,93
Перегрев разъёма	4	0,93
Нарушение герметичности	3	0,64

Опыт обследований показал, что более 70 % дефектов в настоящее время при использовании современных технологий могут быть выявлены без отключения трансформатора от сети [1].

Все дефекты по временным характеристикам развития можно разделить на:

- мгновенно развивающиеся дефекты (время их развития составляет от долей секунды до минут);
- быстро развивающиеся дефекты (время их развития составляет от часов до недель);
- медленно развивающиеся дефекты (время их развития составляет от месяцев до нескольких лет).

Высокая эффективность метода хроматографического анализа растворённых в масле газов (ХАРГ) обеспечивается при наличии медленно развивающихся дефектов. Также этот метод может использоваться для определения быстро развивающихся дефектов, но им нельзя определить мгновенно развивающиеся дефекты.

Основными газами, концентрации которых в масле определяют с помощью метода ХАРГ, являются: водород (H_2), метан (CH_4), ацетилен (C_2H_2), этилен (C_2H_4), этан (C_2H_6), оксид углерода (CO), диоксид углерода (CO_2). Также он позволяет решить следующие задачи:

- выявление наиболее вероятных мест повреждения трансформатора на основе анализа дефектов, встречающихся на трансформаторах аналогичного вида;
- оценка состояния твердой изоляции (увлажнение, загрязнение, деструкция);
- оценка состояния магнитной системы (прессовка, потери, изоляция элементов от бака и т.п.);
- оценка системы охлаждения, очистки и защиты масла;
- оценка состояния вводов;
- оценка состояния регуляторов напряжения и контактной системы.

Приведём пример: в трансформаторе ТМ - 6300/110/10 после срабатывания газовой защиты на отключение был проведён отбор пробы масла из бака трансформатора. В результате определены концентрации (в %об.) следующих растворённых в масле газов:

$CO = 0,089636$; $CO_2 = 1,5451$; $CH_4 = 0,015642$; $C_2H_4 = 0,00178$; $C_2H_6 = 0,02221$; $C_2H_2 = 0,0162$; $H_2 = 0,0027712$.

Результаты анализа показывают, что концентрация метана более чем в 1,5 раза, этана – в 4,5 раза, угарного газа – почти в 1,5 раза, а углекислого газа – почти в 2 раза превышают соответствующие граничные значения.

По полученным концентрациям газов путём попарного отношения определим характер развивающегося в трансформаторе дефекта:

$$\frac{C_2H_2}{C_2H_4} = \frac{0,000162}{0,001780} = 0,091 < 0,1;$$

$$\frac{CH_4}{H_2} = \frac{0,015642}{0,0027712} = 5,644 > 1;$$

$$\frac{C_2H_4}{C_2H_6} = \frac{0,00178}{0,02221} = 0,08 < 1;$$

$$\frac{CO_2}{CO} = \frac{1,5451}{0,089636} = 17,273 > 17;$$

Анализ полученных соотношений газов в масле позволил сделать вывод о наличии термического дефекта в диапазоне низких температур с повреждением твёрдой изоляции. Типичным примером такого дефекта является местный перегрев сердечника из-за концентрации потока, а также возрастание температуры «горячей точки» [2].

Используя статистические данные результатов ХАРГ для отдельных трансформаторов, возможно создать модель прогнозирования для оценки медленно развивающихся дефектов. Это позволит увидеть реальную перспективу

использования конкретных трансформаторов в будущем и планировать различные мероприятия с целью предотвращения их внезапного выхода из строя.

Список использованных источников:

1. Алексеев, Б. А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов [Текст] / Б. А. Алексеев. – Москва : ЭНАС, 2002. – 216 с. – (Основное электрооборудование в энергосистемах. Обзор отечественного и зарубежного опыта). : ил. – ISBN 5-931961-65-8.

2. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле. РД 153-34.0-46.302-00 -М., 2001. – 26 с.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Серебряков Н. А. – студент группы 8Э-51, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Созданием математической модели, адекватно прогнозирующей электропотребление, занималось множество отечественных и зарубежных ученых с 1950-х годов. Проблема планирования потребления электроэнергии стала в разы актуальнее с реформированием электроэнергетики в нашей стране. В соответствии с постановлением правительства РФ от 27 декабря 2010 г. № 1172 «Об утверждении правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты правительства российской федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности» в России начал функционировать оптовый рынок электроэнергии и мощности (ОРЭМ). Правила оптового рынка регламентируют механизм покупки электроэнергии на «рынке на сутки вперед» (РСВ). По этому механизму гарантирующий поставщик планирует свое потребление на сутки X в сутки $X-1$ и подает ценовую заявку. Указанные в данной ценовой заявке объемы электроэнергии покупаются по равновесной цене, сложившейся для каждого часа суток X . Торговля отклонениями фактического потребления от планового происходит на балансирующем рынке (БР), по невыгодной цене. Правилами оптового рынка определено пятипроцентное отклонение фактического потребления от прогнозного, которое гарантирующий поставщик транслирует на своих потребителей. Если средний за месяц процент отклонения будет выше 5 %, то энергосбытовое предприятие будет нести убытки в чистом виде. Поэтому качество оперативного планирования напрямую влияет на доходы гарантирующего поставщика.

В настоящее время существует множество алгоритмов, программ и математических моделей, выполняющих функцию прогнозирования электропотреб-

ления. Все методы социально-экономического прогнозирования по общему принципу можно разделить на интуитивные и формализованные.

Интуитивные методы основаны на интуитивно-логическом мышлении человека. Данные методы используют в тех случаях, когда результат прогнозирования зависит от множества факторов, которые невозможно учесть. Также данные методы используются при очевидной простоте объекта прогнозирования.

Наиболее известным методом интуитивного прогнозирования является метод экспертных оценок. Прогноз, в данном случае, является продуктом логического мышления эксперта, или группы экспертов, а также опыта работы с объектом прогнозирования. Метод экспертных оценок дает достаточно точные результаты прогнозирования, при высокой квалификации экспертов. Известны и другие методы интуитивного прогнозирования, такие как: метод исторических аналогий и метод прогнозирования по образцу. Стоит отметить, что специалисты, занимающиеся прогнозом потребления энергосбытового предприятия, повсеместно применяют все виды интуитивного прогнозирования. Достоинством методов интуитивного прогнозирования является простая программно-аппаратная реализация. К недостаткам стоит отнести: невысокую скорость составления прогноза, зависимость результата прогноза от субъективных факторов, таких как здоровье эксперта, невозможность автоматизации процесса прогноза.

Формализованные методы расчета, в свою очередь, делятся на статистические методы и методы искусственного интеллекта. Статистические методы прогнозирования дают однозначную математическую зависимость энергопотребления от влияющих факторов. Данные методы дают достаточно точный суточный график энергопотребления в обычные дни при неизменном характере метеорологических условий. При резком изменении погодных условий или в праздничный день статистическим методам не хватает гибкости структуры для выработки точного прогноза. Основные методы статистического прогнозирования это: множественная линейная и нелинейная регрессия, стохастические временные ряды, общее экспоненциальное сглаживание, методы пространства состояния.

Методы регрессии обычно используются для моделирования взаимосвязей электропотребления с другими факторами, такими как погодные факторы, тип дня и класс потребителей. Данные модели включают детерминированную информацию, такую как тип дня (рабочий день, праздничный день), а также стохастическую информацию, такую как погодные условия. Эти методы основаны на экспериментальных зависимостях нагрузки от влияющих факторов в прошлом. Ограничением применения регрессионных моделей является нелинейная зависимость энергопотребления от погодных факторов, при резком изменении последних. Методы временных рядов основаны на предположении, что данные имеют некоторую внутреннюю структуру, например, автокорреляции, тенденции или сезонные изменения.

Методы искусственного интеллекта позволяют прогнозной модели постоянно обучаться, с поступлением новой информации.

Нейронные сети, по существу это нелинейные функции, которые имеют способность выполнения аппроксимации нелинейных зависимостей. Выходы искусственной нейронной сети являются линейными или нелинейными матема-

тическими функциями ее входов. Преимуществом технологии нейронных сетей является интеллектуальная обработка, которая может имитировать работу человеческого мозга. Недостатком является то, что процесс обучения является относительно медленным, и это не гарантирует сходимости между фактическими и прогнозными данными.

Рассмотрим основные влияющие на электропотребление факторы. Первым фактором является тип дня. На рисунке 1 представлен суточный график потребления электрической энергии АО «Алтайкрайэнерго» в разные типы дней.

Проанализируем рисунок 1. Период 21.01.2016 – 24.01.2016 гг. отличается схожими метеорологическими условиями. Четверг 21.01.2016 г. имеет характерный для рабочего дня суточный график. Он отличается высоким потреблением электроэнергии, а также отсутствием «просадки» потребления в какие либо часы суток. Для пятницы 22.01.2016 г. характерно высокое потребление в первой половине дня и небольшая «просадка» во второй половине дня. Это объясняется тем, что пятница в большинстве компаний считается коротким днем (7-ми часовой рабочий день), а также отсутствует подготовка к следующему рабочему дню в вечерние часы. Суббота 23.01.2016 г. характеризуется «просадкой» в первой половине дня и сильной «просадкой» в вечерние и ночные часы суток. Воскресенье 01.01.2016 характеризуется значительной «просадкой» потребления электроэнергии в первой половине дня и незначительной просадкой во второй половине дня. Праздничный день 01.01.2016 характеризуется нетипичным суточным графиком. Прогнозирование потребления в праздничные дни характеризуется большими трудностями, так как появляется необходимость в применении нестандартных методов прогнозирования. Для прогнозирования электропотребления в праздничные дни хорошо подходит метод экспертных оценок в сочетании с методом исторических аналогий.

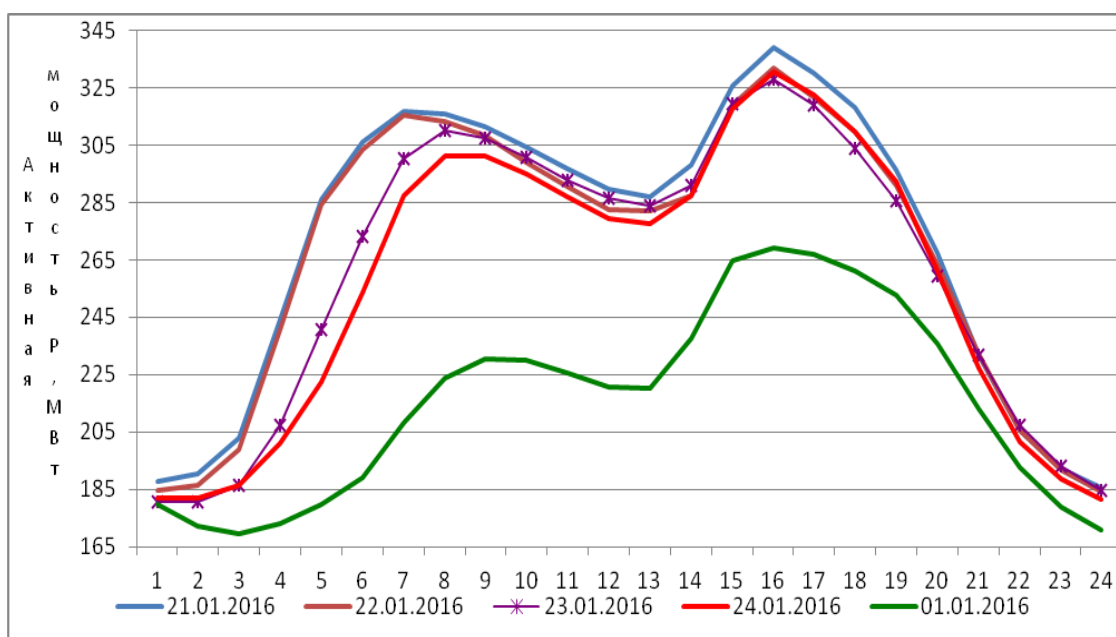


Рисунок 1 - Суточный график потребления электрической энергии ОАО «Алтайкрайэнерго» в разные типы дней

Вторым фактором, влияющим на потребление электроэнергии, являются метеорологические условия. На рисунке 2 представлены суточные графики потребления электрической энергии ГТП «Южная» при различных погодных условиях.

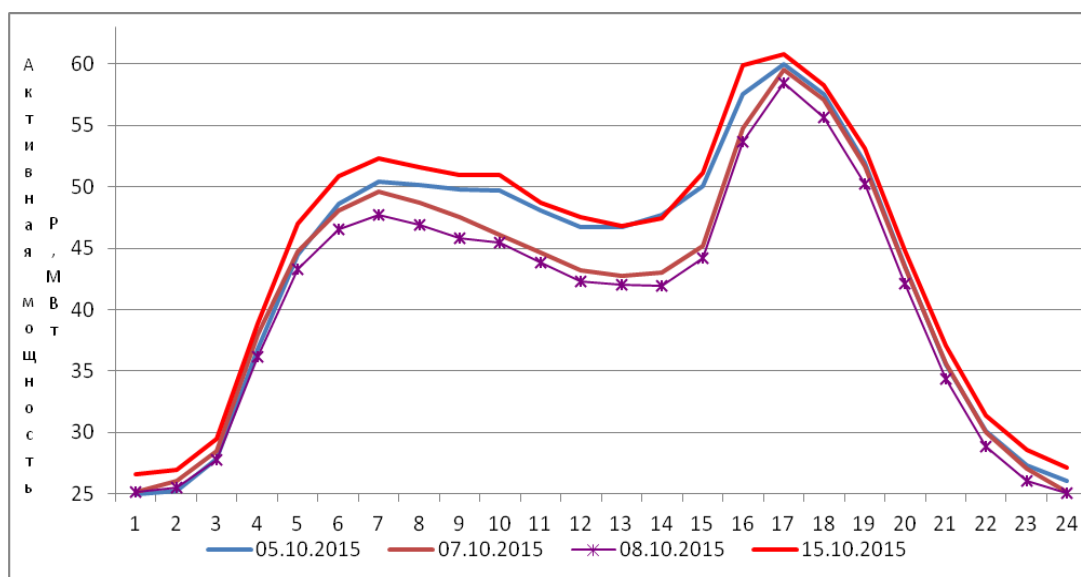


Рисунок 2 - Суточные графики потребления электрической энергии ГТП «Южная» при различных погодных условиях

Дадим пояснения к графикам, представленным на рисунке 2. Среднесуточная температура в городе Рубцовске 05.10.2015 г. составляла 6°C, при этом облачность составляла 100% и наблюдался ливневый дождь. 07.10.2016 г. среднесуточная температура составляла 11°C и была ясная погода. Среднесуточная температура 08.10.2015 г. составляла 18°C и наблюдалась безоблачная погода. 15.10.2015 г. в городе Рубцовске наблюдалась переменная облачность, а также среднесуточная температура составляла 0°C. Как мы видим из рисунка 2, температура наружного воздуха значительно влияет на потребление электроэнергии во все часы суток. Освещенность оказывает значительное влияние на электропотребление только в дневные часы суток.

Метод экспертных оценок хорошо зарекомендовал себя при прогнозировании во многих областях науки и техники. Данный метод широко используется для прогнозирования электрических нагрузок. Метод экспертных оценок предъявляет жесткие требования к квалификации эксперта-прогнозиста. Для получения точного прогноза эксперт должен:

- обладать достаточным опытом работы с объектом прогнозирования;
- понимать какие факторы влияют на прогноз, а также степень их влияния;
- знать о характерных особенностях поведения объекта прогнозирования при изменении влияющих факторов.

Результаты прогнозирования потребления электроэнергии АО «Алтайкрайэнерго» на РСВ методом экспертных оценок за февраль 2017 года представлены на рисунке 3.

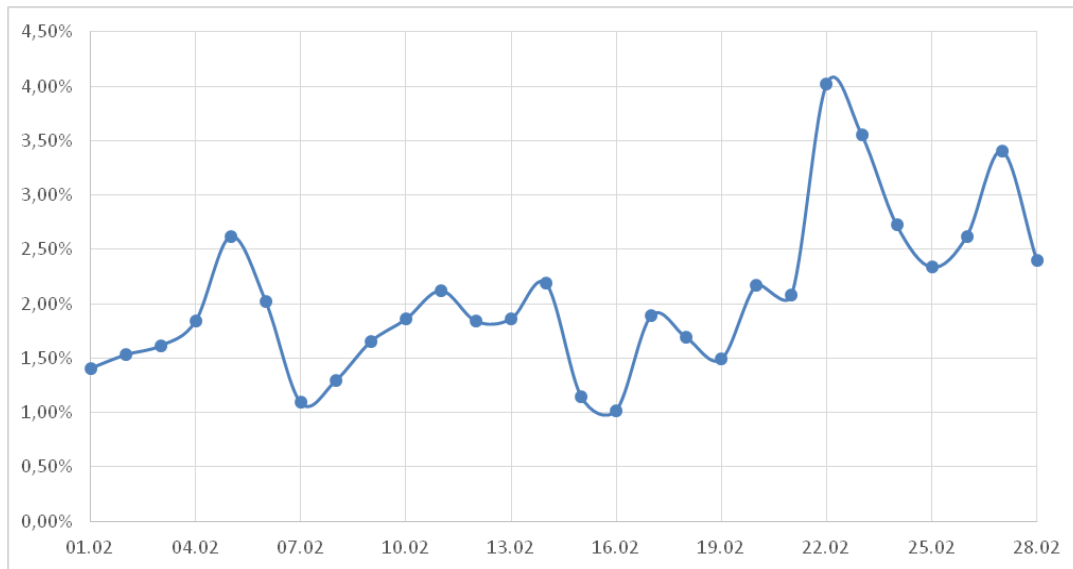


Рисунок 3 – Результаты прогнозирования потребления электроэнергии на РСВ

При прогнозировании учитывались тип дня, температура наружного воздуха, освещенность, скорость ветра, ремонты на сетевом оборудовании. Как мы видим, метод экспертных оценок дает достаточно точные прогнозы. Ни в один день процент отклонения не превысил 5%, регламентированных правилами ОРЭМ. К недостаткам метода можно отнести низкую скорость прогноза. Прогнозирование потребления в среднем занимает 4-5 часов в день, что составляет 70% рабочего времени инженера.

Для автоматизации процесса прогнозирования была применена искусственная нейронная сеть, реализованная в среде программирования matlab. Обучение нейронной сети происходит по алгоритму обратного распространения ошибки (back propagation error). Структурная схема данной нейронной сети представлена на рисунке 4.

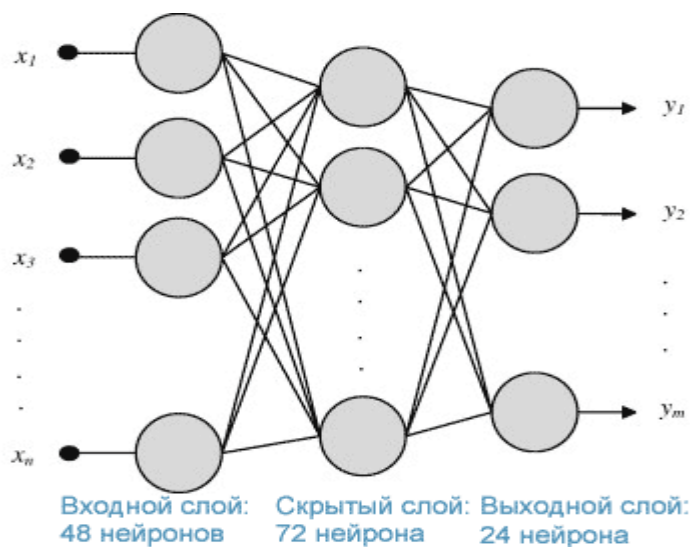


Рисунок 4 – Структурная схема нейронной сети

Данная нейронная сеть состоит из трех слоев: входного, скрытого и выходного. Данная архитектура наиболее распространена среди моделей прогнозирования электрической нагрузки. На вход сети подается 48 часовых значений потребления электроэнергии за предыдущие двое характерных суток. Выход нейронной сети содержит 24 нейрона, которые прогнозируют часовые значения на следующие сутки. Нейронная сеть оперирует значениями от нуля до единицы, поэтому перед началом обучения данные необходимо масштабировать. Также производится кластеризация исходных данных. В данном случае данные разделяются на 3 кластера: будние дни, суббота, воскресенье. Праздничные дни были удалены из выборки для уменьшения ошибки прогноза. Алгоритмом нейронной сети производится разделение выборки на обучающую и тестовую.

Процесс обучения состоит из последовательных циклов (эпох обучения). Первый цикл обучения оперирует с весами взаимодействия нейронов входного и скрытого слоев, заданными по умолчанию. Далее каждый цикл происходит обучение на обучающей выборке, внутренняя корректировка весов взаимодействия и оценка средней абсолютной ошибки прогноза в процентах. Если процентное изменение ошибки за цикл составит менее 0,005 %, то процесс обучения остановится. Максимальное количество циклов составляет 150.

Нейронная сеть производит классификацию данных по признаку принадлежности к определенному часу суток от 0 до 23. На основе данной классификации и входных данных нейронная сеть производит тестовое прогнозирование и сравнивает прогноз с тестовой выборкой. Результат тестового прогнозирования потребления электроэнергии нейронной сети представлен на рисунке 5.

Как мы видим скорость обучения данной нейронной сети составляет около 9 секунд. Высокая скорость прогноза одно из главных преимуществ нейронной сети. Данная скорость недостижима при прогнозировании методом экспертных оценок. Средняя ошибка тестового прогнозирования составляет 2,6 %, что на 2,4% меньше предельной ошибки прогноза, определенной правилами оптового рынка. На основе тестового прогнозирования можно сделать вывод что модель адекватно описывает временной ряд электропотребления.

После тестового прогнозирования можно переходить непосредственно к прогнозированию на сутки вперед. На рисунке 6 представлены фактический и прогнозные суточные графики потребления электроэнергии ГТП «Южная» за 01.03.2017.

Как мы видим из данного графика, при первом запуске нейронной сети происходят выбросы (17-ый час суток). Процент отклонения первого прогноза составляет 4,02 %. После второго запуска происходит сглаживание графика, удаляются выбросы, а также процент отклонения прогноза от факта уменьшается до 2,9 %. В целом отмечается завышение прогнозных значений над фактическими. Это объясняется тем, что в предшествующий период был сильный мороз до -35 °С и высокая облачность. 01.03.2017г. среднесуточная температура составляла -7 °С и было ясное небо. Нейронная сеть не успела приспособиться к новым условиям из-за чего завышала прогнозные значения.

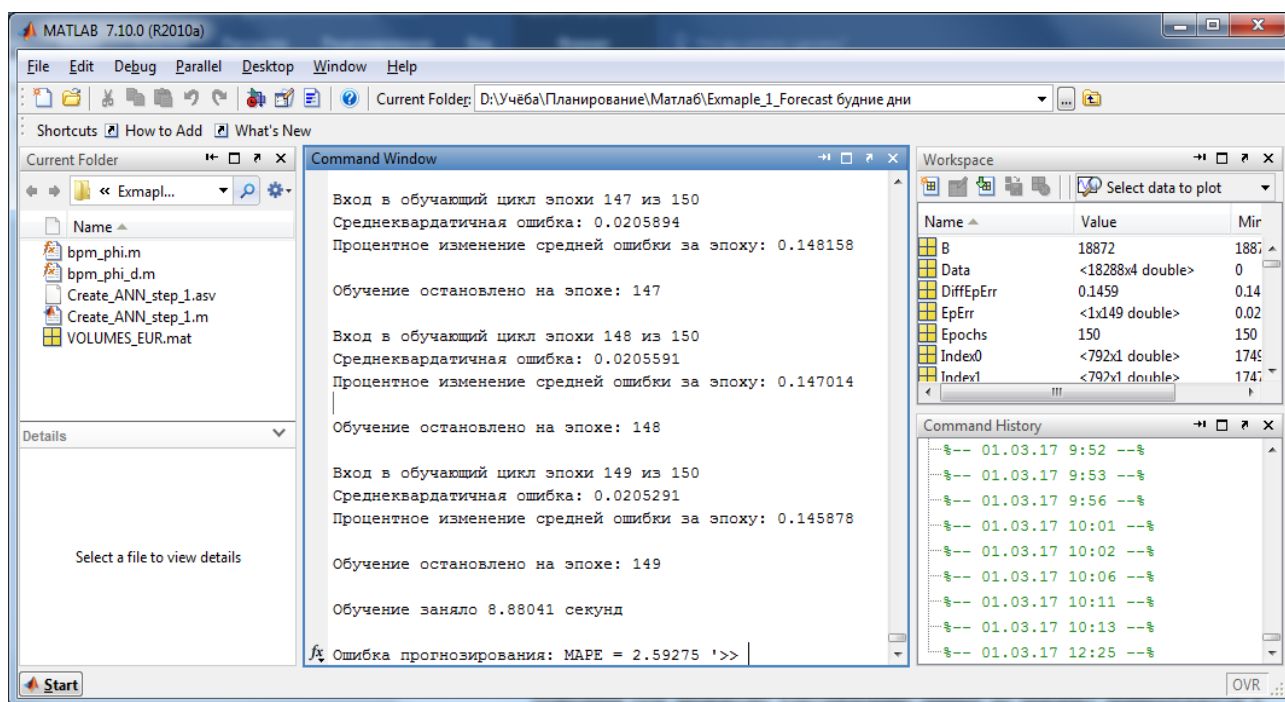


Рисунок 5 – Результат тестового прогнозирования потребления электроэнергии



Рисунок 6 - Фактический и прогнозные суточные графики потребления электроэнергии ГТП «Южная»

Можно сделать вывод, что нейросетевая модель пригодна для оперативного прогнозирования электрических нагрузок. Для повышения точности прогноза необходимо учесть дополнительные факторы, такие как среднесуточная температура и освещенность.

Список использованных источников:

1. Аль Зихери Баласим, М. Повышение точности краткосрочного прогнозирования электрической нагрузки потребителей региона с учетом метеофакторов на основе метода опорных векторов [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : Мохаммед Аль Зехери Баласим. – Новочеркасск, 2015. – 181 с.

2. Соломахо, К. Л. Применение метода главных компонент для прогнозирования объемов электропотребления энергосбытового предприятия [Текст] : дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: Ксения Львовна Соломахо. – Челябинск, 2015. – 141 с.

РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИЧНОЙ СИСТЕМЫ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ НУЖД СЕЛЬСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Столков А. С. – студент группы 8Э-61, Сташко В. И. – к.т.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Нормы искусственного освещения в населённых пунктах устанавливаются согласно СНиП 23-05-95, с учетом нормы средней яркости покрытий, ($\text{кд}/\text{м}^2$), средней горизонтальной освещенности (лк) и интенсивности движения транспорта. Нормы для основных категорий объектов по освещению указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Нормы освещения улиц и дорог населённых пунктов

Категория	Улицы и дороги	Интенсивность движения, ед/час	яркость покрытия, $\text{кд}/\text{м}^2$	Горизонтальная освещенность, лк
А	Магистральные улицы и дороги общегородского значения	3000	1,6	20
		1000-3000	1,2	20
		500-1000	0,8	15
Б	Магистральные улицы и дороги районного значения	>2000	1,0	15
		1000-2000	0,8	15
		500-1000	0,6	10
		<500	0,4	10
В	Улицы и дороги местного значения	>500	0,4	6
		<500	0,3	4
		Одиночные автомобили	0,2	4

Если больших городах, с высокой интенсивностью движения, указанные в таблице 1 нормы освещенности как правило выдерживаются, то в муниципальных районах и сельских населенных пунктах, всё обстоит несколько иначе. Конечно, строительные организации не могут сдавать в эксплуатацию объекты, имеющие даже малейшие отступления от проектной документации, СНиП, ГОСТ и т.д. Но, во-первых, строительство абсолютно новых улиц и дорог в сельских населённых пунктах – явление достаточно редкое, а во-вторых, техническое обслуживание и эксплуатация систем уличного освещения требует не только материальных затрат, но и соответствующих специалистов. Поэтому, зачастую, в небольших населённых пунктах уличное освещение не функционирует, демонтируется или быстро приходит в негодность. Кроме того, например, в подавляющем большинстве сельских населённых пунктах Алтайского края, системы уличного освещения создавались впервые во второй половине прошлого века, когда требования к ним, как и нормативы, были совсем другими.

Сейчас, когда в России начинают вновь возвращаться к решению проблем, связанных с обеспечением комфортной среды для проживания населения, наравне с вопросами ЖКХ, возникают вопросы и по благоустройству, в том числе и по уличному освещению. Вместе с тем, процесс этот достаточно длительный, требующий в отдельных случаях полного восстановления всей инфраструктуры, начиная от питающих сетей и подстанций, и заканчивая установкой современных опор и мачт освещения. Соответственно, из-за отсутствия необходимых финансовых ресурсов, решить проблему уличного освещения в сельских населённых пунктах, не представляется возможным.

В этой связи, актуальной является разработка таких систем уличного освещения, которые бы не требовали больших капитальных затрат, позволяли бы наращивать мощность поэтапно, а их обслуживание производилось бы не реже 1-2 раза в год.

Проведенные на кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ исследования показывают, что обеспечить выше указанные требования, в том числе и нормы освещения улиц и дорог сельских населённых пунктов, возможно только с помощью локальных осветительных установок, питающихся от альтернативных источников энергии.

В данном случае, наиболее приемлемыми источниками энергии являются солнечная энергия, и энергия ветра. Так как режимы работы осветительных установок для наружного освещения имеют свои особенности (используются только в темное время суток), то, наиболее оптимальны является использование солнечных панелей (ФЭП - фотоэлектрические преобразователи) в паре с ветрогенератором (ВЭУ – ветроэнергетическая установка).

Вместе с тем, если на российском рынке относительно не дорогих ФЭП представлены как отечественные, так и зарубежные (в основном - КНР) разработки, то, подобрать ВЭУ небольшой мощности (100-300 Вт) и по приемлемой цене – достаточно сложно. Поэтому, была поставлена задача разработать максимально эффективную и экономичную систему уличного освещения на основе использования 1-2 панелей ФЭП единичной мощностью не более 100 Вт.

Для того, чтобы обеспечить требования СНиП 23-05-95, рассчитаем мощность светодиодного светильника, по своим параметрам аналогичного стандартному, для опоры высотой 6-8 м, с лампой типа ДРЛ. Именно такие фонари уличного освещения были установлены несколько десятков лет назад в сельских населённых пунктах, а их «обезглавленные» и ржавеющие опоры продолжают стоять до сих пор. Мощность ламп ДРЛ варьируется от 125 до 1000 Вт. Наиболее подходящие по мощности в качестве аналогов – это лампы 125 Вт и 250 Вт, со световым потоком, соответственно, 5900 лм и 13000 лм. Примерный диаметр светового пятна (опора высотой 6-8 м), должен составлять в среднем 25 м ($S = 1963,5 \text{ м}^2$) с освещенностью около 17-30 лк. Величина светового потока лампы (лм) определяется по формуле $\Phi_{\text{люмен}} = \Phi_{\text{люкс}} \cdot S$, где $\Phi_{\text{люкс}}$ – освещенность, а S – площадь светового пятна.

Находим минимальную освещенность, которую дает в качестве фонаря уличного освещения лампа типа ДРЛ-125:

$$\Phi_{\text{люкс}} = 5900 / 1963,5 = 3,004 \text{ лк.}$$

Вероятно, что световой поток в 5900 лм (125 Вт) был вполне достаточным для обеспечения ранее существовавших требований, но, данный источник света выдает освещенность на 1,0 лк меньше, чем требуется сегодня.

Расчетное значение освещенности для ДРЛ-250 со световым потоком в 13000 лм равно 6,6 лк, что на 2,6 лк больше, чем требуется для сельских населённых пунктов с интенсивностью движения в темное время суток мене 500 единиц в час.

Используя вышеприведенные расчеты и некоторые эмпирические наработки, можно сделать вывод, что наиболее экономичным источником света для уличного освещения небольших сельских муниципальных образований, будут осветительные установки со световым потоком не менее 2500-3400 лм и потребляемой мощностью 30-50 Вт. Такие консольные светодиодные светильники выпускаются отечественной промышленностью и широко используются, но, для системы освещения на основе ФЭП, которую необходимо спроектировать, они не подходят. Точнее, установка таких светильников потребует установку более мощных солнечных панелей, которые могли бы обеспечить зарядку аккумулятора в период длительного отсутствия (2-3 суток) солнечных дней или в зимний период. В результате, стоимость всей системы освещения, в том числе и стоимость самого светильника (от 6 до 8 тыс. руб.), может значительно вырасти.

Таким образом, основываясь на вышеизложенных расчетах, для построения экономичной системы уличного освещения для нужд сельского муниципального образования, необходима разработка интеллектуальной системы управления режимами работы (ИСУНО – интеллектуальная система управления наружным освещением) и разработка светильника с возможностью ступенчатого изменения светового потока.

Общая структурная схема, поясняющая принцип работы системы уличного освещения на основе ФЭП, представлена на рисунке 1.

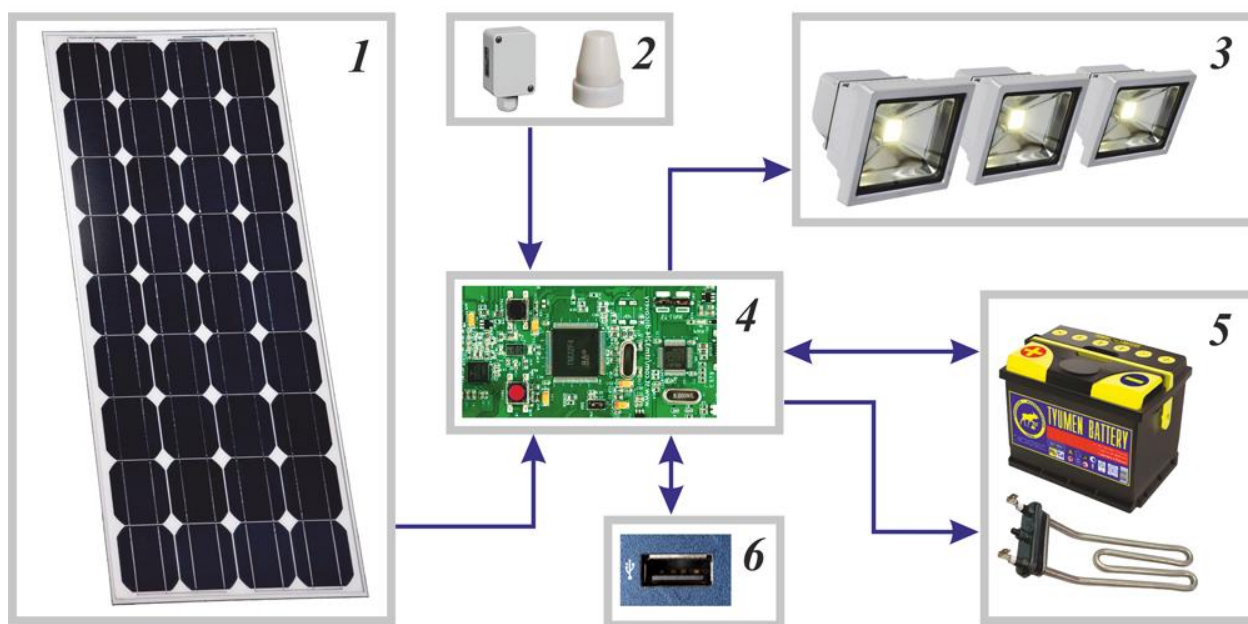


Рисунок 1 – Структурная схема экономичной системы уличного освещения. 1 – Солнечная панель (ФЭП); 2 – Блок датчиков; 3 – Светильник со ступенчатой регулировкой светового потока; 4 – Блок управления (ИСУНО); 5 – Блок аккумулятора; 6 – Диагностический разъем.

Постоянный электрический ток напряжением 12 В генерируется ФЭП (1) и поступает в блок управления 4, где осуществляется контроль зарядки аккумулятора. В системе используется свинцово-кислотный аккумулятор емкостью 55 А/ч, который обеспечивает работу всей системы без подзарядки не менее 30 часов, что с учетом работы в темное время, составляет ориентировочно, летом – 3 суток, зимой – 1 сутки. Так как свинцово-кислотные аккумуляторы чувствительны к низким температурам, в системе предусмотрен подогрев аккумуляторного блока, установка которого предполагается в специальном контейнере, в углублении рядом с опорой. Подогрев автоматически включается в холодное время года, при понижении температуры ниже 20 °С, и при условии, что аккумулятор полностью заряжен. Таким образом, вырабатываемая ФЭП электроэнергия не пропадает зря, а используется для поддержания оптимальных параметров работы аккумулятора, что также повышает экономичность всей системы.

Блок управления 4 получает данные о температуре окружающей среды и её освещенности посредством блока 2 который состоит из датчиков температуры и освещенности. Датчик температуры позволяет ИСУНО (4) достаточно точно определять время года без привязки по времени, и управлять таким образом режимом работы светильника. В зависимости от времени года, интенсивности солнечного излучения и уровня зарядки аккумулятора, светильник может работать в трех режимах: в режиме максимальной мощности, средней мощности, и в экономичном режиме. Кроме того, при длительной работе светильника в экономичном режиме, ИСУНО (4) оценивает уровень заряда аккумулятора, и переходит на режим работы по таймеру. В этом режиме, после захода солнца, светильник включается в работу в экономичном режиме на время T_1 , после чего

отключается, и включается за время T_2 до восхода солнца. Время T_1 и T_2 может изменяться в сторону уменьшения или увеличения, в зависимости от уровня зарядки аккумуляторной батареи.

Датчик освещенности (блок 2) служит для включения светильника при наступлении темного времени суток, и отключения перед восходом солнца. Датчик освещенности работает в паре с ФЭП (1), от куда ИСУНО (4) также получает информацию о темном или светлом времени суток, что повышает точность времени включения и выключения светильника, и исключает ложные срабатывания датчика освещенности. Это также позволяет экономить заряд аккумуляторной батареи, и повышает экономичность системы.

Система имеет диагностический разъем 6, который позволяет с помощью специально разработанного программного обеспечения контролировать все параметры системы, программировать её работу, изменять режимы работы, определять уровень загрязнения ФЭП и т.д. Подключение компьютера к системе уличного освещения производится посредством последовательного интерфейса по стандарту USB 2.0.

В настоящее время данная систем находится в состоянии подготовки к экспериментальной эксплуатации, и, по завершению успешных испытаний будет налажен мелкосерийный выпуск данных систем уличного освещения для нужд Сибирского сельсовета Первомайского района Алтайского края.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ТРАНЗИСТОРНЫМ РЕДУКТОРОМ

Титова А. А., Королёв Д. А. – студенты группы 8Э-63,

Еремочкин С. Ю. – к.т.н., доцент

РФ, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Исследование работы электропривода представляет сложную задачу. Расширить возможности исследования условий пуска, режимов работы, механических и прочих характеристик помогают существующие компьютерные технологии, с помощью которых можно производить вычислительные эксперименты, используя виртуальные модели электрических машин.

Для моделирования характеристик электропривода с преобразователем векторно-алгоритмического типа можно использовать ЭВМ. Существует большое количество алгоритмических языков, на которых может быть выполнено решение задачи. Выбор того или иного языка программирования зависит от многих условий. Часто решающую роль оказывает удобство программирования, наличие проверенных математических методов, легкость представления результатов моделирования. Такими особенностями обладает пакет MATLAB, содержащий в своем

составе инструмент визуального моделирования Simulink, который сочетает в себе наглядность аналоговых машин и точность цифровых вычислительных машин [1].

Работа асинхронных двигателей от сети постоянного тока возможна только при использовании специальных преобразующих устройств, в качестве которого в данной работе используется регулируемый транзисторный редуктор широкого диапазона для трехфазного асинхронного электродвигателя, питающегося от сети постоянного тока, показанный на рисунке 1 [2].

Данное устройство является однофазно-трехфазным преобразователем частоты, ведомым сетью, которое может использоваться в электроприводе для пуска и работы трехфазных асинхронных электродвигателей от сети постоянного тока с возможностью осуществления регулирования угловой скорости как выше, так и ниже номинальной [2].

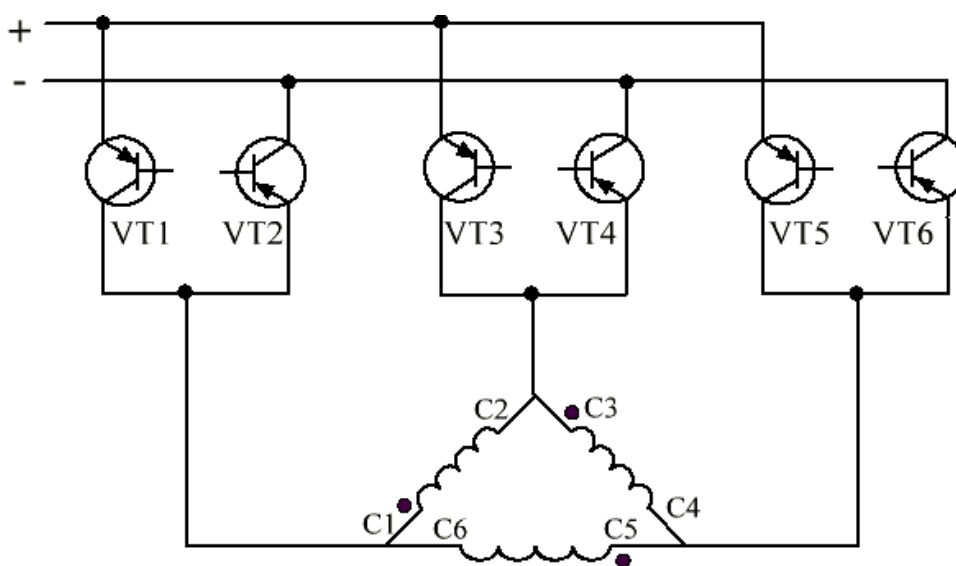


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема регулируемого транзисторного редуктора

Вследствие того, что при векторно-алгоритмической коммутации статорных обмоток питание статора является несимметричным, была использована универсальная математическая модель асинхронного двигателя, позволяющая рассчитывать статические и динамические режимы при несимметричном питающем напряжении [3, 4].

Для того чтобы можно было оценить результаты моделирования асинхронного двигателя при работе от трехфазной сети и с помощью преобразователя частоты векторно-алгоритмического типа, полученные при моделировании графики были совмещены. При этом графики, полученные при работе от трехфазной сети представлены под цифрой 1, а графики, полученные при работе с помощью преобразователя частоты – под цифрой 2.

На рисунке 2 представлены совмещенные механические характеристики электродвигателя.

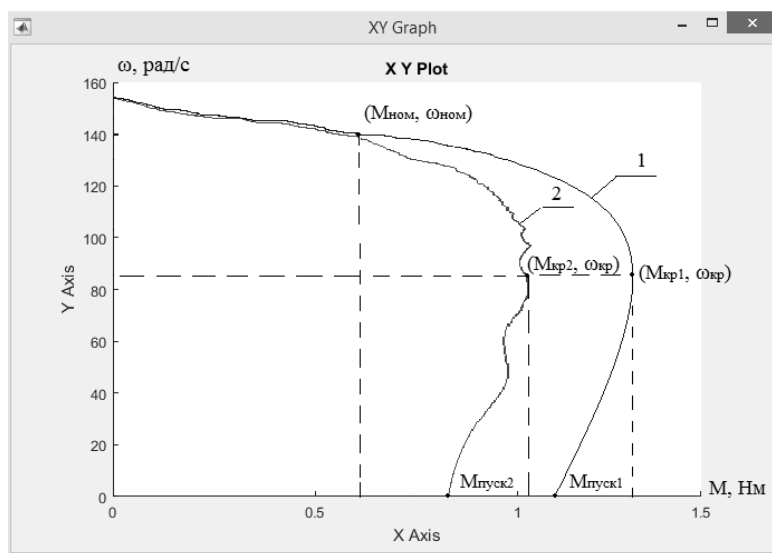


Рисунок 2 - Совмещенные механические характеристики электродвигателя

Из графика, представленного на рисунке 2, видно, что пусковой момент электродвигателя при работе с помощью преобразователя векторно-алгоритмического типа (искусственная характеристика 2) равен $M_{п2} \approx 0.8$ Нм, что составляет 73% от пускового момента $M_{п1} \approx 1.1$ Нм электродвигателя при работе от трехфазной сети переменного тока (естественная характеристика 1). Критический момент равен $M_{кр2} \approx 1.0$ Нм, что составляет $\approx 78\%$ от критического момента ($M_{кр1} = 1.4$ Нм) развиваемого двигателем при работе трехфазной сети.

На рисунке 3 представлены совмещенные характеристики зависимости КПД от мощности на валу электродвигателя.

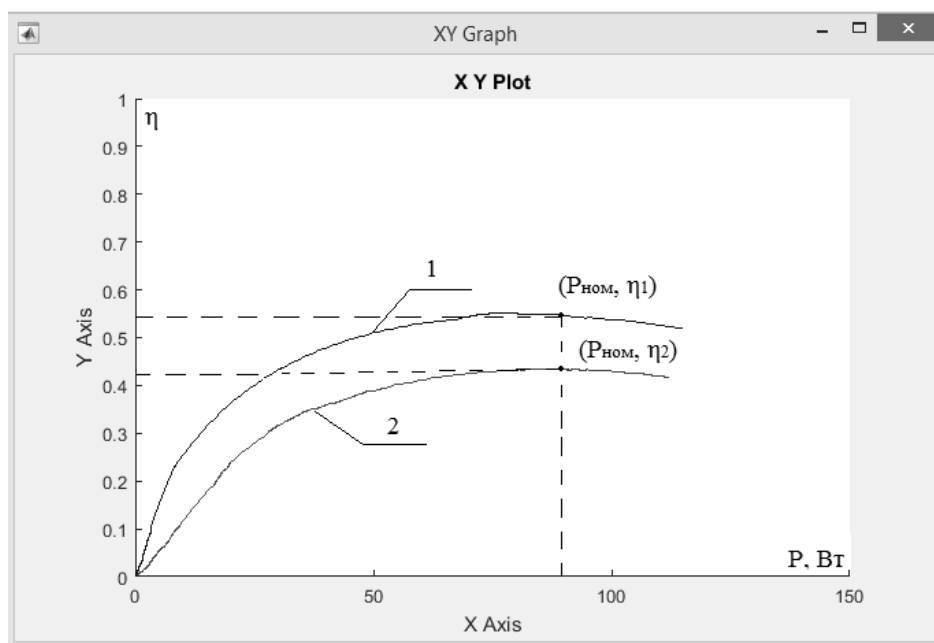


Рисунок 3 - Совмещенные характеристики зависимости КПД от мощности на валу электродвигателя

КПД электродвигателя с преобразователем векторно-алгоритмического типа (искусственная характеристика 2) при номинальной мощности равный примерно $\eta=0.43$ составляет 78% от номинального КПД $\eta_{ном}=0.55$ электродвигателя (естественная характеристика 1).

На рисунке 4 представлены совмещенные характеристики зависимости коэффициента мощности от мощности на валу электродвигателя.

Из графика, представленного на рисунке 4, видно, что коэффициент мощности электродвигателя (естественная характеристика 1) меньше, чем коэффициент мощности электродвигателя с преобразователем векторно-алгоритмического типа (искусственная характеристика 2) на всем рабочем участке. Это объясняется тем, что в течение работы в разные промежутки времени в двигателе не всегда одновременно работают все три обмотки статора электродвигателя.

После проведения моделирования можно сказать, что построенные характеристики совпадают с теоретическими расчетами.

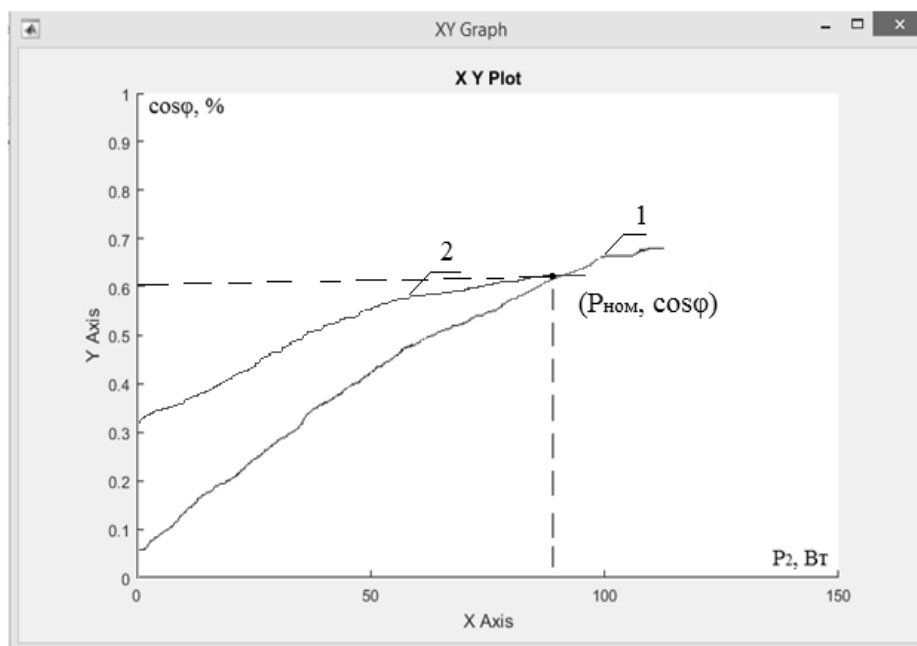


Рисунок 4 - Совмещенные характеристики зависимости коэффициента мощности от мощности на валу электродвигателя

Рассматриваемый в данной работе транзисторный редуктор показывает хорошие энергетические показатели, надежность, экономичность, а также небольшие габариты устройства.

Список использованных источников:

1. Виртуальная лаборатория математического моделирования [Электронный ресурс] / В. Г. Рубан, И. В. Волков, 2000. – Режим доступа: <http://mathmod.narod.ru/>
2. Пат. № 138415 Российская Федерация, МПК H02P25/02(2006.01), H02P27/04 (2006.01), H02M7/53(2006.01), H02M7/53862(2007.01). Регулируемый

транзисторный редуктор широкого диапазона для трехфазного асинхронного электродвигателя, питающегося от сети постоянного тока [Текст] / Стальная М. И., Еремочкин С. Ю., Ерёменко А. А., Жигулин А. С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО АлтГТУ. – 2013144756/07; заявл. 04.10.2013; опубл. 10.03.2014

3. Баранов, П. Р. Математическая модель асинхронного двигателя со встроенным электромагнитным приводом тормозного устройства [Текст] / П. Р. Баранов, И. Г. Дементьев, И. Г. Однокопылов // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – №1. – С. 159-163.

4. Стальная, М. И. Создание универсальной модели трехфазного электродвигателя с преобразователем векторно-алгоритмического типа в среде MATLAB SIMULINK [Текст] / М. И. Стальная, С. Ю. Еремочкин // ЭПТ 2015: сб. науч. тр. – Екатеринбург, 2015.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В СФЕРЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Тюкалова А. Д. – студент группы Э-31, Годецкая Т. Е. – старший преподаватель
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

В настоящее время энергоэффективность является одной из важнейших составляющих любой сферы деятельности как для нашей страны в целом, так и для г. Барнаула в частности. Рациональное использование энергетических ресурсов позволяет уменьшить расходы предприятия, снизить себестоимость выпускаемой продукции и, таким образом, повысить экономическую эффективность производства. При этом, с точки зрения охраны окружающей среды бережное расходование ресурсов способствует уменьшению негативного влияния на экологию и сохранению природных ресурсов.

В нашей стране энергоэффективностью занимаются на государственном уровне, что говорит о безусловной важности этого понятия. С 2009 года действует федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности...». Исходя из данного закона, повышение энергоэффективности во всех отраслях жизнедеятельности человека достигается с помощью таких мероприятий, как:

- ограничение или запрет производства товаров с высоким потреблением энергии, при условии наличия на рынке более энергоэффективных аналогов;
- запрет на выпуск, реализацию и импорт ламп накаливания мощностью 100 ватт и более;
- требование маркировки бытовых приборов, компьютерной и оргтехники в соответствии с классом энергоэффективности;

- соответствие требованиям энергетической эффективности вводимых в эксплуатацию зданий и сооружений, также в них обязательна установка приборов учета;

- ежегодное сокращение энергопотребления каждого бюджетного предприятия не менее, чем на 3% в течение пяти лет;

- заключение энергосервисных контрактов и т. д. [1].

Увеличение энергоэффективности может быть достигнуто с помощью минимизации потерь электроэнергии. При этом значительная часть энергии на предприятиях расходуется на обеспечение собственных нужд, именно там заключена и немалая часть потерь, которых можно избежать. Поэтому одним из наиболее действенных способов уменьшения потерь является рациональный расход энергии на обогрев оборудования и помещений. Это может быть осуществлено путем частичной модернизации уже имеющейся системы обогрева или же полным обновлением тепловой системы с внедрением новых технологий.

Цель тепловой энергетики, как и всей энергетики в целом, – это надежное, безотказное обеспечение потребителей энергией с минимальными её потерями. Непроизвольные потери происходят на каждом этапе: при производстве, транспортировке и потреблении энергии.

Потери при производстве могут быть связаны с недожогом топлива и утечкой энергии через обмуровку котлов, что происходит из-за их несвоевременной чистки и наладки, а также из-за несоответствия реальной нагрузке горелок, устанавливаемых на котлоагрегате. Эти и другие причины потерь энергии при производстве являются неявными и сложно определяемыми, но при этом могут достигать 20–25%.

Потери при транспортировке в большей мере происходят из-за использования мощных сетевых насосов с низким КПД, а также из-за большой протяженности трубопроводов и низкого качества изоляции теплотрасс. Величина потерь при транспортировке должна быть не более 6–7%, но фактически это значение может быть в 2–3 раза больше допустимого.

Потери на объектах потребления тепловой энергии являются наиболее существенными. Главные причины потерь при потреблении – это нерациональная тепловая схема объекта, неравномерное распределение тепла по объекту и несоответствие характера отопления текущим погодным условиям. Значение потерь при потреблении может достигать 35% от тепловой нагрузки.

Таким образом, минимизация потерь, и как следствие повышение энергетической эффективности, при производстве, передаче и потреблении энергии является одной из важнейших задач энергетики.

Существуют различные системы управления обогревом, применяемые на сегодняшний день. Наиболее широкое распространение имеет ручное сезонное включение и отключение обогрева, которое характеризуется высокими затратами электрической энергии, и соответственно, крайне низкой энергоэффективностью. Потери энергии при использовании данного способа могут достигать 30–40%. Кроме того, поддерживать температуру выше нормы не только экономически не выгодно, но к тому же, она оказывает негативное влияние на

состояние оборудования. Более низкие температуры, в свою очередь, экономят электроэнергию, однако, могут привести к преждевременному отказу оборудования.

Различают три основных вида локального обогрева:

- инфракрасный обогрев (радиационный);

При использовании конвективных систем обогрева существует проблема неравномерного обогрева – температура воздуха меняется в зависимости от высоты. Инфракрасные обогреватели решают данную проблему, так как передают тепло поверхностям твердых предметов. Это обеспечивает до 40% энергосбережения. Кроме того, данное устройство позволяет нагревать только необходимые объекты, а не весь объём помещения. Но приобретение и обслуживание инфракрасных обогревателей требует не малых затрат, а также при непрерывной работе они расходуют большое количество электроэнергии. При подключении автоматики системы инфракрасного обогрева становятся наиболее эффективными.

- индукционный нагрев;

Индукционный нагрев – это метод бесконтактного нагрева любого электропроводящего материала токами высокой частоты и силы. Данное устройство характеризуется высокой скоростью разогрева; электропроводящих материалов удобством эксплуатации, благодаря небольшому размеру индуктора, и простотой управления циклами нагрева и охлаждения. Но при всём этом данное оборудование является дорогостоящим, а также для его настройки и ремонта необходим квалифицированный персонал.

- конвективный обогрев (контактный)

Конвективные нагреватели наиболее широко используются в настоящее время. Они не требуют специального монтажа или обслуживания и характеризуются компактностью, бесшумностью и дешевизной. Принцип их работы основан на естественных физических процессах циркуляции воздуха.

Каждая из этих систем обогрева хорошо справляется со своими задачами и может быть использована на подстанции для обогрева оборудования, но без использования надлежащей автоматики все они могут оказаться экономически невыгодными.

Есть два вида систем автоматизации обогрева:

- локальная;
- централизованная.

Локальная автоматизация тепловых систем зданий и сооружений обеспечивает полностью независимое управление технологическим процессом и защиту оборудования. Системы локальной автоматики могут поставляться как в комплексе с инженерным оборудованием, так и проектироваться отдельно с учетом дополнительных специфических требований.

В последнее время постепенно на предприятиях вводятся в эксплуатацию системы автоматики управления обогревом, простейшие из которых основаны на электромеханических терморегуляторах, и осуществляют включение и отключение обогрева в соответствии с фактической температурой помещения или оборудования. По сравнению с неавтоматическим обогревом, данные системы

имеют как достоинства, так и недостатки. Электромеханические реле характеризуются низкой надежностью и коротким сроком службы, а также они требуют постоянного технологического обслуживания.

Надёжным путем к решению данной проблемы является совершенствование систем управления обогревом, а именно, их перевод на микропроцессорную базу, основанную на комбинации микропроцессорных систем управления и средств бесконтактной коммутации нагревательных элементов. Главные преимущества микропроцессорных систем:

- высокая надежность;
- многофункциональность;
- удобство использования;
- высокая точность измерения и поддержания температуры;
- компактность.

Кроме того, модернизация систем обогрева приведет не только к уменьшению потерь энергии, но и к увеличению срока службы используемого оборудования.

Таким образом, разработка и внедрение современных микропроцессорных систем управления обогревом на предприятиях позволит значительно повысить их энергоэффективность, что наилучшим образом повлияет как на работу данных предприятий, так и на благосостояние города и его жителей в целом.

Список использованных источников:

1. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПАМЯТИ ДЛЯ КОДОВЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ

Хан Г. В. – студент группы Э-34, Иванов И. А. – студент группы Э-44,
Стальная М. И. – к.т.н., профессор
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Повсеместно нас окружают различные автоматизированные системы, которые имеют необходимость в запоминании различных данных, которые могут в себе содержать важную информацию о работе, положении, функционировании различных приводов. Для исполнения этой потребности были созданы и применяются элементы памяти, которые возможно реализовать с помощью магнитных дисков, гидравлических, пневматических, электромеханических реле – устройств запоминания и хранения информации. Так же в связи с потребностью в сохранении не только информационных данных, но и в ограничении

доступа к физическим объектам, материальным ценностям, помещениям, данные устройства нашли свое применения для хранения различных кодов, шифров, механических положений, формы предметов, которые необходимы для получения доступа. Все эти устройства различаются между собой и оказывают свое влияние на параметры безопасность систем защиты, сложность изготовления и стоимость конечных устройств. На сегодняшний день наибольшее распространение для задач хранения материальных ценностей получили электронные кодовые системы защиты, основанные на полупроводниковых элементах благодаря их малым габаритам, невысокой стоимости, высокой надежности, долговечности, скорости записи и перезаписи.

Самым наиболее простым и достаточно часто используемым элементом памяти, выполненным на полупроводниках, является RS-триггер. Он способен хранить 1 бит данных так как является бистабильный элемент который, как правило, реализуется на двух элементах И-НЕ рисунок 1 (Б) или на двух элементах ИЛИ-НЕ рисунок 1 (А).

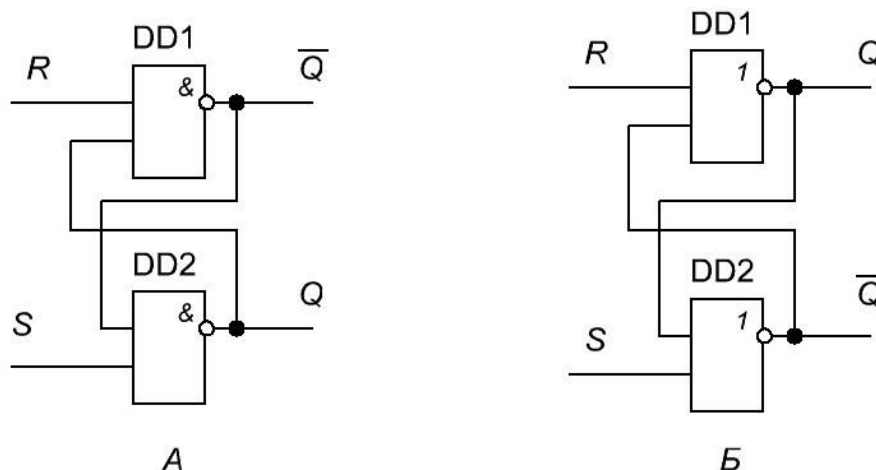


Рисунок 1 – Структурная схема RS-триггера

Работа RS-триггера представлена в таблице 1, и в ней не трудно заметить недостаток данного триггера – наличие так называемых «запрещенных комбинации», отмеченные в таблице 1 символом «X». Кроме того, запрещенные комбинации зависят от того на каких элементах был исполнен RS-триггер, что заставляет учитывать его структурную схему во время использования и применения в схемах и устройствах, что является существенным недостатком.

Для исключения подобных запрещенных комбинации была разработана структурная схема полупроводникового элемента памяти, представленная на рисунке 2 и его таблица истинности (таблица 2).

Не трудно видеть, что данное устройство имеет и более простую схему. А из таблицы истинности 2 видно, что устройство не имеет запрещенных комбинаций.

Таблица 1 – Таблица истинности RS-триггера

№ п/п	S	R	Логика И-НЕ		Логика И-НЕ	
			Q записанное в память	Q записываемое в память	Q записанное в память	Q записываемое в память
1	0	0	0	X	0	0 (без изменений)
2	0	0	1	X	1	1 (без изменений)
3	0	1	0	0	0	0
4	0	1	1	0	1	0
5	1	0	0	1	0	1
6	1	0	1	1	1	1
7	1	1	0	0 (без изменений)	0	X
8	1	1	1	1 (без изменений)	1	X

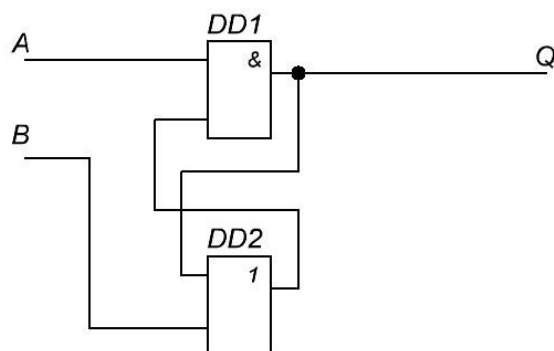


Рисунок 2 – Структурная схема элемента памяти

Работает данный элемент памяти таким образом: для запоминания логической единицы, подается входной сигнал на вход А, и одновременно единичный импульс на вход В. При одновременном поступлении этих сигналов, на выходе элемента И появится логическая единица которая проходя по положительной обратной связи на вход элемента DD2 встанет на самоподхват и таким образом при снятии сигнала со входа В значение логической единицы на выходе будет сохранено. Для обнуления записанной информации необходимо всего лишь снять сигнал со входа А. При необходимости использовать инверсный выход можно установить параллельно на выход Q инверсию (рисунок 3).

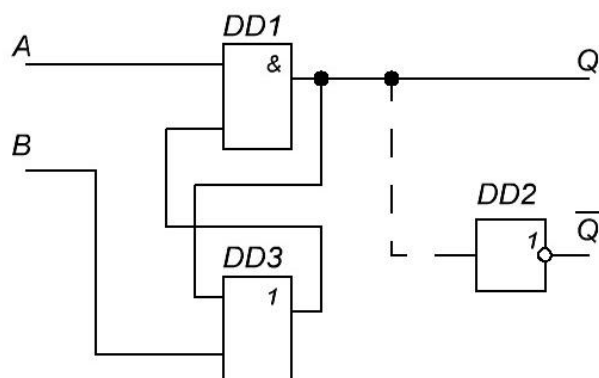


Рисунок 3 – Структурная схема элемента памяти с инверсией

Таким образом, описанная схема компактного полупроводникового элемента памяти работает как логическое полупроводниковое устройство, с двумя стабильными логическими состояниями «1» и «0» на выходе. Кроме того, представленная схема содержит не имеет запрещенных комбинаций, реализует необходимость в запоминании и хранит 1 бит данных. Поэтому эту схему более целесообразно использовать в кодовых системах защиты

Таблица 2 – Таблица истинности разработанного элемента памяти

№ п/п	A	B	Q хранимое в памяти	Q записываемое в память
1	0	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	0	0	0
4	1	1	1	1
5	1	0	1	1
6	0	1	0	0

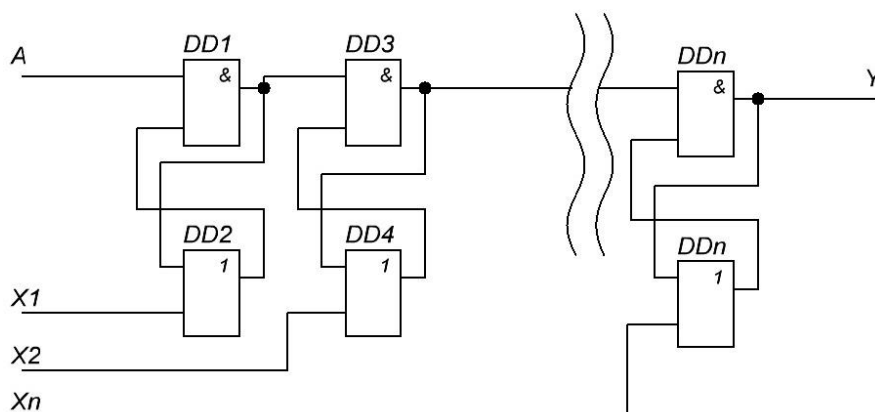


Рисунок 4 – Схема кодовой системы защиты

Данное устройство может содержать в себе максимум 11 входов и 1 выход. Код может иметь любую длину n символов состоящий из произвольного сочетания цифр от 0 до 9, но при этом хотя бы одна цифра должна быть связана с датчиком сигнализации перебора кода.

Устройство работает следующим образом, при постановки ключа он будет замыкать контакты подавая сигнал, который установит единичный логический уровень на вход схемы А, тем самым разрешая ввод числового кода, после чего вводиться цифровая последовательность, которая при нажатии на соответствующие кнопки подает «1» на вход элемента памяти, и с выхода элемента памяти поступает сигнал на вход следующего элемента памяти разрешая ввод последующего числа. Например, зададим код: «53264» тогда имеем схему, представленную на рисунке 5. На которой входы X1-X0 соответствуют цифрам 1-0, выход Y подает сигнал на открывание.

Как итог можно отметить следующее: предложенный вариант элемента полупроводниковой памяти не имеет запрещенных комбинации, а, следовательно, работает более четко, однозначно и надежно так как не имеет запрещенных комбинации.

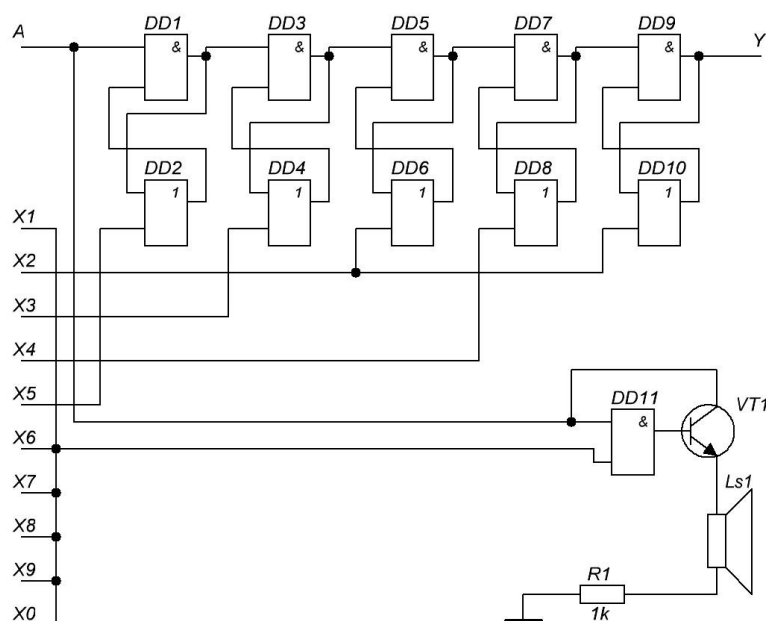


Рисунок 5 – Схема для устройства с заданным кодом «53242»

Список использованных источников:

1. Шило, В. Л. Популярныe цифровые микросхемы. Справочник. Москва, «Радио и связь», 1987 г. 352 с.
2. Устройство для выделения единичного импульса: пат. 961126 СССР: Кл.Н.03.К.5/153 УДК 621.374.(088.8), / Стальная М. И., Лабузова Л. П.; заявитель и патентообладатель Алтайский политехнический ин-т – № 3001169/18-21; заявлен. 03.11.1980; опубл. 23.09.1982 бюл. № 35.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АППАРАТ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА

Часовщиков Д. Г. – аспирант, Сологубов А. В. – студент группы 8Э-63,
Гусейнова С.А. – аспирант
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»
Азербайджанская Республика, г. Баку,
Институт физики Национальной академии наук Азербайджана

Алтайский край – житница не только Сибири, но и всей страны. Это крупнейший производитель зерна в Российской Федерации, регион входит в число российских субъектов - лидеров по развитию животноводческой отрасли и располагает серьезными перспективами дальнейшего развития производства сельскохозяйственной продукции.

Земли сельскохозяйственного назначения в Алтайском крае занимают 11,6 млн га, в том числе сельскохозяйственные угодья - 10,6 млн га, из них пашня - 6,5 млн га (это самая большая площадь пашни в РФ). По объемам производства зерна и в первую очередь высококачественной пшеницы край входит в первую пятёрку регионов России.

К настоящему времени остается актуальным вопрос создания энергоэффективных технологий и технических средств предварительного подогрева зернового материала на зерноперерабатывающих предприятиях АПК. В данной статье рассматривается система подогрева зерна с использованием электрического аппарата подогрева зерна (ЭАПЗ) на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей (МКЭ).

Для переработки зерна в муку необходим его подогрев до $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ для соблюдения технологического регламента переработки и сохранения биологических свойств зерна, т.к. температура зерна, поступающего на переработку, составляет от $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ зимой до $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ летом.

В настоящее время наиболее распространенными являются технические средства, использующие косвенный обогрев. Косвенный обогрев на основе следующих теплоносителей: подогретый воздух - НЗШ (нагреватель зерна шахтного типа); перегретый пар - БПЗ (блок подогрева зерна); горячая вода – ПЗ (подогреватель зерна) [1, 2]. В мировой практике также используются установки типа НЗШ и ПЗ (Польша, Канада, США и др.) по ценам на 20-40 % дороже российских аналогов (таблица 1) [3].

Выполненный анализ известных устройств и установок подогрева зерна выявил их следующие недостатки:

- низкую эффективность процесса тепловой обработки зернового материала, обусловленную высокими энергозатратами при больших потерях тепловой энергии, связанных с применением вторичного энергоносителя, в качестве которого используют горячую воду, насыщенный пар и подогретый воздух;

- полное или частичное отсутствие автоматического управления процессом тепловой обработки зернового материала, исключающее возможность регулирования температуры при контакте со стенками кольцевых паропроводов или с объемом подогретого воздуха;

- повышенную трудоемкость процесса технического обслуживания оборудования и невозможность использования вышеназванных способов в фермерских хозяйствах, малых мельницах при отсутствии котельных и значительные энергетические затраты для получения большого объема подогретого воздуха;

- малый коэффициент полезного действия (КПД), порядка 35 - 40 %.

Таблица 1– Технические характеристики

№ п/ п	Техническая характеристика	Модель аппарата			
		НЗШ	БПЗ	ПЗ–3,0	ЭАПЗ
1	Производительность G_n , т/ч	30,0	5,0	3,0	2,2
2	Установленная электрическая мощность P , кВт	–	–	24,0	18,0
3	Установленная тепловая мощность Q , кВт	400,0	85,0	–	–
4	Установленная мощность технологических устройств (шнеки, вентиляторы и т.п.), кВт	30,0	0,6	1,1	1,0
5	Температура зерна: минимальная начальная и максимальная конечная, °С	-5 ÷ +15	-5 ÷ +15	-5 ÷ +15	-5 ÷ +15
6	Удельные энергозатраты, кВт·ч/т	14,0	21,0	10,0	8,6
7	Температура энергоносителя (подогретого воздуха, воды, пара) T_c , °С	40-50	110	80	–
8	Температура нагревательного элемента T_3 , °С	–	–	–	60
9	Предлагаемая цена, тыс. руб.	3000	1200	700	800

При проектировании системы автоматического регулирования процессом тепловой обработки зернового материала требуется обеспечить:

- автоматическое управление процессом тепловой обработки зернового материала для повышения надежности работы ЭАПЗ;

- выполнение условий электро-, пожаробезопасности, надежности функционирования аппарата;

- энергоэффективность и экономическую целесообразность применения системы автоматического регулирования процессом тепловой обработки зернового материала в ЭАПЗ;

- снижение материалоемкости аппарата, повышение КПД конструкции;

- разработку САР, позволяющей обеспечить надежный и эффективный электрический подогрев зерна для фермерских хозяйств, удаленных от центрального теплоснабжения.

ЭАПЗ может быть использован в агропромышленном комплексе при переработке зерна в муку или крупу, а также для других технологических процессов тепловой обработки зерновых культур и комбикормов.

Преимущества ЭАПЗ [4]:

1. Обеспечивает высокотехнологичный прямой контактный подогрев и тепловую обработку зернового материала, снижает материалоемкость и эксплуатационные затраты, повышает КПД до 85-90 % в отличие от аналогов, применяющих косвенный обогрев и имеющих КПД, не более 60 %.

2. Надежность системы управления, позволяющей в автоматическом режиме контролировать параметры технологического процесса подогрева и тепловой обработки зернового материала, выполнение условий электро-, пожаробезопасности.

3. МКЭ обеспечивают уменьшение удельных энергозатрат до 8,6 кВт·ч/т в отличие от известных аналогов, в т.ч. мировых, имеющих этот показатель: НЗШ -14,0 кВт·ч/т, БПЗ - 21,0 кВт·ч/т, ПЗ -10,0 кВт·ч/т.

4. Установленная электрическая мощность ЭАПЗ составляет 7,0 кВт, производительность - 2,2 т/ч, подогрев и тепловая обработка зернового материала осуществляются в диапазоне температур от -5 °С до +15 °С±1 °С.

ЭАПЗ состоит из нескольких основных блоков: корпуса аппарата шахтного типа, включающего МКЭ; шкафа управления ШУ, включающего цепи управления и защиты; выпускного устройства (рисунок 1).

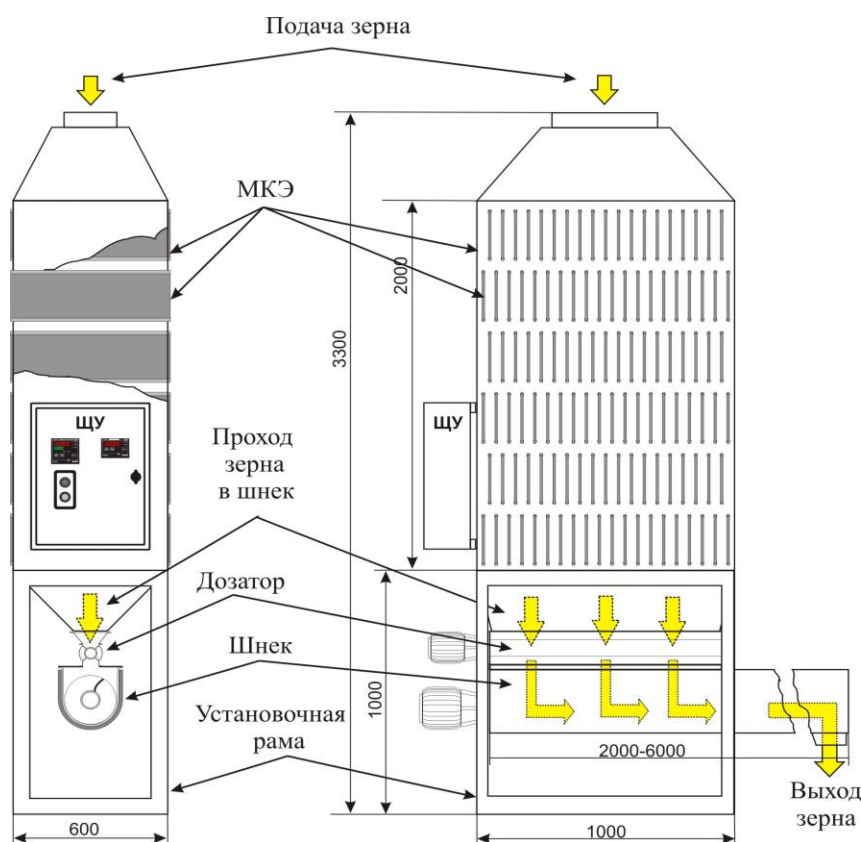


Рисунок 1 – Основные блоки и габаритные размеры ЭАПЗ

Для осуществления технологического процесса подогрева или тепловой обработки в корпусе предусмотрены три нагревательные секции с МКЭ-1/4 и вспомогательное оборудование: датчик температурного реле 7, контролирующей температуру на поверхности МКЭ; термопреобразователь сопротивления 8, измеряющий температуру зернового материала в бункере – накопителе; термопреобразователи сопротивления 9, 10, измеряющие температуру подогреваемого зерна при поступлении в верхнюю нагревательную секцию (рисунок 2). Выпускное устройство включает привод дозатора - распределителя 12; дозатор – распределитель 3, реечную задвижку 13, привод шнека 14; шнек 15. В корпусе привода дозатора - распределителя расположен датчик контроля скорости 16, осуществляющий контроль за работой дозатора, а в корпусе шнека - сигнализатор уровня мембранный 17, контролирующий уровень зерна в шнеке [5].

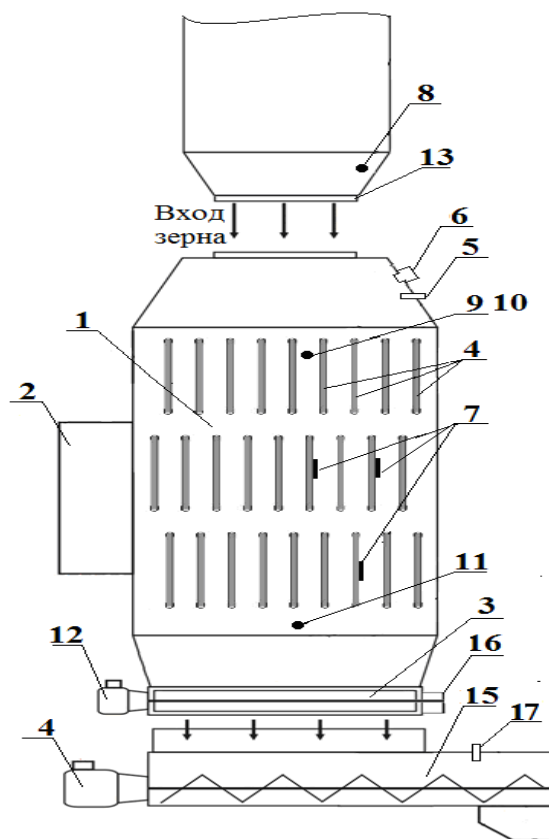


Рисунок 2 – Схематическое изображение электрического аппарата подогрева зерна на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей

Способ автоматического управления процессом подогрева и тепловой обработки предусматривает непрерывную подачу зернового материала из бункера - накопителя в ЭАПЗ, которое самотеком поступает в шахту, проходя между поярусно расположенными в шахматном порядке плоскими МКЭ, нагрев зернового материала, прохождение через дозатор-распределитель, подачу на шнековый транспортер и выгрузку норией. Расположение МКЭ в шахматном порядке обеспечивает перемешивание зерна, увеличение зоны тепловой обработ-

ки и площади его контакта с электрообогревателями, что повышает энергоэффективность и КПД установки. Системой автоматического управления осуществляется контролирование технологических параметров процесса подогрева и тепловой обработки зернового материала в автоматическом режиме, включающее предварительное измерение температуры зерна в бункере-накопителе, регулирование мощности нагрева электрообогревателей, контроль за подачей зерна из бункера-накопителя в ЭАПЗ, контроль за подогревом и тепловой обработкой зернового материала вверху и внизу аппарата, регулирование температуры зернового материала на выходе из аппарата, автоматическое регулирование частоты вращения двигателя привода дозатора-распределителя, осуществляющего своевременный выпуск зернового материала из зоны тепловой обработки и регулирующего производительность установки и выравнивающего поток движения зернового материала из аппарата, а также автоматическое аварийное отключение электрооборудования при перегреве зернового материала.

В корпусе ЭАПЗ расположены три нагревательные секции с МКЭ, два термопреобразователя сопротивления ТСМ-50. Электрошкаф выполнен в виде металлического шкафа с односторонним обслуживанием.

Мощность электрообогревателя МКЭ может быть изменена на стадии изготовления для обеспечения требуемой температуры на его поверхности. Так, например, для обеспечения на поверхности температуры 80°C МКЭ-1/4 будет иметь мощность 100 Вт и при этом установленная мощность ЭАПЗ составит 12,5 кВт.

Список использованных источников:

1. Технологическое оборудование предприятий отрасли (зерноперерабатывающие предприятия) [Текст]: учебник /Л. А. Глебов [и др.]. – Москва : Де-Липринт, 2006. – 816 с.
2. Соколов, А. Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна [Текст] /А. Я. Соколов, В. Ф. Журавлев, В. Н. ; под ред. А. Я. Соколова. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 1984. – 445 с.
3. Подогреватели зерна ПЗ // <http://www.olis-2.ru> [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.olis-2.ru/equipments/proizvodstvomukiikrup/podogrevateli-zerna>. – Загл. с экрана.
4. Строков, М. Н. Технология и технические средства подогрева зерна на основе композиционных электрообогревателей [Текст]: дис. канд. техн. наук : 05.20.02 : защищена 26.06.09 : утв. 17.10.09. / М. Н. Строков; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – 116 с.
5. Разработка проектно-конструкторской документации для создания устройств и установок на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей [Текст]: отчет о НИОКР / Т. М. Халина [и др.]. – Барнаул, 2009. – № ГР 02200953368, Инв. № 5922р/6815. – 178 с.

НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ТЕПЛО ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ЗЕМЛИ – ДОСТУПНЫЙ ИСТОЧНИК ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Шарипов Н. Б. – стажер, Федянин В. Я. – д.т.н., профессор
Республика Таджикистан, г. Курган-Тюбе, Институт энергетики
РФ, Алтайский край, г. Барнаул
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Проблема использования возобновляемых источников для теплоснабжения жилых домов актуальна для сельских регионов Алтайского края, где проживает около половины всего населения. Цель данной работы – исследование технологий снабжения зданий теплом для обеспечения в них комфортного микроклимата за счет тепловой энергии поверхностных слоев Земли.

Применение теплонасосных установок (ТНУ) для отопления дает заметный экономический и энергосберегающий эффект за счет высокой эффективности преобразования электроэнергии по сравнению с электронагревателями и электрическими отопительными котлами.

Для изучения работы теплонасосной системы отопления разработана и смонтирована система теплоснабжения жилого здания, построенного в районе малоэтажной застройки города Барнаула.

При проектировании здания была поставлена цель – уменьшить удельный расход тепловой энергии на отопление на 60÷65% по сравнению требуемым расходом в соответствие с территориальными строительными нормами Алтайского края [1].

Основные теплоэнергетические параметры здания рассчитаны с помощью компьютерной программы [2]. Расчеты показывают, что удельный расход тепловой энергии на отопление ниже нормативного [1] на 36%.

Основные расходы энергии в эксплуатируемых зданиях связаны с возмещением тепловых потерь через ограждающие конструкции, с горячим и холодным водоснабжением, водоотведением, освещением, приготовлением пищи, работой лифтов в многоэтажных домах, использованием электрических бытовых машин, приборов и средств технической коммуникации. Проблема состоит в том, чтобы, поддерживая комфортные условия микроклимата, минимизировать потери энергии. Исходя из этого и рассматривая возможный вклад возобновляемых источников энергии в топливно-энергетическом балансе здания, необходимо рассматривать здание как единую энергетическую систему, в которой взаимодействуют потоки энергии разного вида. Поскольку капитальные вложения, связанные с использованием возобновляемых источников, значительны, а плотности потоков этих видов энергии невелики, здания должны иметь минимальные потери энергии в окружающую среду.

Система сбора низкопотенциального тепла с вертикальным грунтовым теплообменником представляла собой шесть скважин глубиной от 23 до 71 м, размещенных на приусадебном участке.

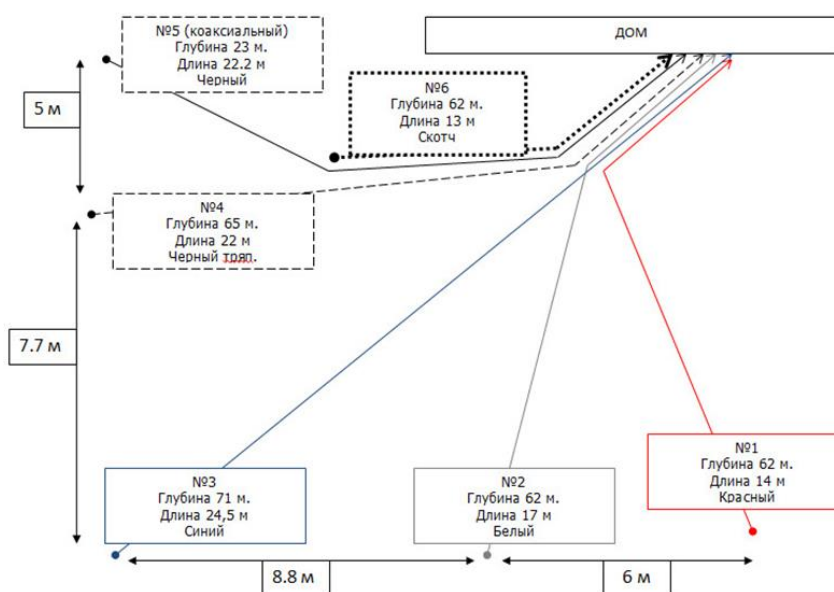


Рисунок 1 - Схема размещения вертикальных грунтовых теплообменников

В каждую скважину был помещен U-образный грунтовый теплообменник, по одной ветви которого теплоноситель подается вниз, а по другой – возвращается в систему. В качестве теплоносителя системы сбора низкопотенциального тепла грунта, исходя из имеющегося опыта использования грунтовых теплообменников в условиях юга Западной Сибири, выбран 36%-ый водный раствор этиленгликоля с температурой кристаллизации -20°C . Герметичный грунтовый теплообменник, предварительно испытанный под давлением, погружался в скважину. Перед погружением в заполненную буровым раствором скважину U-образный теплообменник заполняется водой и к нижнему концу теплообменника подвешивается дополнительный груз, чтобы предотвратить его всплытие. Количество теплообменников было выбрано с большим избытком для проведения серии предварительных исследований с целью выявления факторов, влияющих на удельный теплосъем вертикального теплообменника. Результаты предварительных исследований показали, что средний тепловой поток в расчете на погонный метр скважины практически не зависит от глубины. Основные факторы, определяющие интенсивность теплосъема – температурно-гидравлический режим теплообменника и влажность грунта. Производительность рассмотренных грунтовых теплообменников лежит в интервале $25\div 50$ Вт/м.

В процессе опытной эксплуатации системы проводились измерения следующих параметров: температуры теплоносителя на входе и выходе грунтового теплообменника и расход теплоносителя в контуре «грунтовый теплообменник – испаритель теплового насоса»; температуры теплоносителя на входе и выходе теплообменника-конденсатора и расход теплоносителя в контуре «конденсатор теплового насоса – бак-накопитель тепла» системы теплоснабжения здания; электрической энергии, потребляемой компрессором и циркуляционными насосами грунтового теплообменника и отопительного контура. Фиксировалась температура наружного воздуха.

Величины энергетических потоков тепла и электроэнергии за три месяца отопительного периода 2015/2016 г.г. приведены в Таблице 1.

Коэффициент преобразования (КОП) теплонасосной системы отопления рассчитывался по формуле:

$$\text{КОП} = Q/E,$$

где Q – тепло, отданное в систему отопления, кВтч;

E – электроэнергия, затраченная на работу теплового и циркуляционных насосов, кВтч.

Таблица 1

№	Период испытаний	Расход электроэнергии, кВт*ч	Отдано в систему отопления тепла, кВт*ч	КОП
1	14.12.2015 ÷ 31.12.2015	227	718	3,16
2	01.01.2016 ÷ 31.01.2016	469	1565	3,34
3	01.02.2016 ÷ 14.02.2016	253	727	2,87

Средняя величина КОП= 3,17.

Полученные значения коэффициента трансформации позволяют оценить, сколько привозного топлива можно заместить на низкопотенциальное тепло с помощью теплонасосных систем.

Для примера рассмотрим два варианта системы отопления жилого дома с отапливаемой площадью 100 м². Приведем краткую характеристику климатических факторов места расположения здания. Расчетные температуры наружного воздуха (°C):

- наиболее холодной пятидневки – 39;
- средней за отопительный период – 7,7.

Продолжительность отопительного периода – 221 сут.

С учетом регионального норматива [3] удельный расход тепловой энергии на отопление такого здания равен 125 кДж/(м²°C.сут). Сезонная потребность в отопительном тепле рассматриваемого здания составит:

$$Q = 100 \times 125 \times (21 + 7,7) \times 221 = 79284 \text{ МДж} = 22023 \text{ кВтч} = 2,7 \text{ т.т.}$$

Для обеспечения этого тепла с помощью традиционной системы печного отопления (КПД=30%) потребуется доставить потребителю $M_1 = 2,7 / 0,3 = 9 \text{ т.т.}$ угля.

Теплонасосная система отопления затратит $E = 22023 / 3,17 = 6947 \text{ кВтч}$ электроэнергии, для выработки которой на тепловой электростанции необходимо сжечь (с учетом 15% потерь при передаче электроэнергии) $M_2 = 6,947 \times 0,3443 \times 1,15 = 2,8 \text{ т.т.}$ угля. Таким образом одна теплонасосная установка снижает в $9 / 2,8 = 3,2$ раза потребление угольного топлива, расходуемого на отопление сельских зданий. Загрязнения окружающей среды уменьшаются на еще более значительную величину, т.к. при сжигании топлива на ТЭЦ про-

изводят очистку продуктов сгорания перед их выбросом в атмосферу, а деревенские печи выбрасывают продукты сгорания без очистки и на небольшом расстоянии от поверхности почвы.

Основные результаты экспериментальных исследований:

- удельный теплосъем U-образного теплообменника зависит от расхода теплоносителя и может устойчиво поддерживаться в диапазоне 20÷35 Вт на погонный метр скважины;

- значение эффективного коэффициента трансформации теплонасосной системы (с учетом электроэнергии, потребляемой циркуляционными насосами) поддерживается в диапазоне 3,0÷3,5 путем эффективного погодозависимого регулирования режимов работы установки;

- оценка потенциала возобновляемого тепла, поступающего в поверхностные слои Земли за счет поглощения солнечной радиации, показывает, что энергии, поглощаемой поверхностью 3÷3,5 м² почвы, достаточно для обеспечения теплом одного квадратного метра отапливаемой площади малоэтажного здания с нормативным уровнем теплозащиты.

Список использованных источников:

1. Федянин В. Я., Мещеряков В. А. Инновационные технологии для повышения эффективности алтайской энергетики: Монография Барнаул: Изд-во ААЭП, 2010. – 192 с.

2. Климат Барнаула [Текст]: научное издание / Под ред. С. Д Кошинского и В. Л. Кухарской. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. – 139 с.

3. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М. Госстрой России, 2004. – 42 с.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Шевелев И. В. – студент группы Э-31, Компанеев Б. С. – к.т.н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

В российской энергосистеме, источники и приемники электрической энергии соединяются между собой электрическими сетями. Одна из особенностей российской энергосистемы – передача электроэнергии на большие расстояния, посредством линий электропередач. Несмотря на технический прогресс и постоянное совершенствование конструкции линий электропередач, электрических аппаратов, и средств защиты от ненормальных режимов работы сети, аварии в системах электроснабжений неизбежны. Повреждения линий электропередач приводят к недоотпускам электроэнергии электроприемникам и нарушению их режимов работы.

Электроэнергетические системы и сети включают в себя устройства генерации, передачи, распределения и потребления электрической энергии. В этих системах неизбежно происходят различные аварийные повреждения, а наиболее повреждаемым элементом являются линии электропередач. Для бесперебойного снабжения потребителей требуется эффективно и в кратчайшие сроки устранять возникающие повреждения. Именно поэтому важной задачей обслуживающих и эксплуатирующих организаций является определение места повреждения (ОМП).

К основным причинам возникновения повреждений на воздушных линиях электропередачи относятся следующие факторы:

- атмосферные и коммутационные перенапряжения. Причинами возникновения коммутационных перенапряжений являются включения или отключения коммутационной аппаратуры. Атмосферные перенапряжения возникают из-за грозовых явлений. При таких перенапряжениях возникают пробой изоляционных промежутков и перекрытие изоляции, а иногда и её разрушение. В сетях до 220 кВ опасны атмосферные перенапряжения, а в сетях 330 кВ и выше – коммутационные. На рисунке 1 показано разрушение юбки изолятора дугой [1];



Рисунок 1 – Разрушение юбки изолятора

- изменение температуры воздуха. При понижении температуры, увеличивается допустимая по нагреву температура и ток провода. Одновременно с этим уменьшается длина провода. При повышении температуры приводит к их отжигу и падению механической прочности. Увеличивается стрела провеса, габариты воздушной линии и изоляционные расстояния;

- действие ветра приводит к появлению дополнительной механической нагрузки, действующей на провода. Увеличиваются механические напряжения материала. Появляются изгибающие силы, действующие на опоры;

- гололедные образования. В результате их образования на элементах линий электропередач, могут возникать обрывы проводов и поломки опор, сближение и схлестывание проводов, перекрытие изоляторов. Гололедное образование на проводах, представлено на рисунке 2;



Рисунок 2 – Гололедное образование на проводах

- вибрация проводов. Колебание проводов, частотой 5-50 герц, длиной волны 2-10 метров и амплитудой 2-3 части от диаметра провода, происходящие почти постоянно, вызванные наличием ветров и завихрением их потока, обтекающего поверхность провода. Приводит к усталости и разрыву жил;

- пляска проводов. Колебание проводов, частотой 0,2-0,4 герц, длиной волны порядка одного-двух пролетов и амплитудой 0,5-5 метров. Наблюдается при сильном ветре и гололедных образованиях на проводах.

В современных условиях российской рыночной экономики, одним из последствий для поставщиков недоотпуска электрической энергии, является возмещение ущерба потребителям в следствии возникших аварийный режимов электрической сети. Законодательство, Гражданский кодекс Российской Федерации и Закон о защите прав потребителей предусматривают материальную ответственность поставщика электрической энергии перед потребителем за ущерб, нанесенный в следствии недоотпуска энергии потребителю. Таким образом, поставщик электрической энергии, несет ответственность, предусмотренную гражданским кодексом и основным положением функционирования розничных рынков электрической энергии от 04.05.2012 № 442:

- за надежность снабжения потребителя электрической энергией;
- за необоснованное введение режима ограничения потребления электрической энергии [2].

Соответственно главной целью поставщика электрической энергии является как можно скорейшее устранение аварийного режима электрической сети. Самым часто повреждаемым элементом сети являются линии электропередач. Одним из путей снижения ущерба является сокращение времени отыскания повреждений и устранения их за определенный эксплуатационный период. Определение мест повреждений играет в этом существенную роль. При быстром нахождении места повреждений с помощью специальных

методов, бригада быстрее находит повреждение и приступает к устранению в более короткий промежуток времени. При наличии протяженной линии электропередач, труднопроходимой местности, неразвитой дорожной сети качественное ОМП позволяет сократить время поиска повреждений в несколько раз.

Устранением возникших повреждений в электроэнергетических системах занимаются специально сформированные подразделения в сетевых компаниях называемые оперативно-выездными бригадами (ОВБ). Их главной задачей является оперативное обслуживание распределительных пунктов, трансформаторных подстанций и линий электропередачи распределительных электросетей с обеспечением установленного режима работы по напряжению и нагрузке. Оперативно-выездным бригадам выделяют транспорт (автомобили, иногда мотоциклы) для круглосуточного обслуживания по графику или в неотложных случаях тех подстанций (напряжением до 110 кВ, а иногда и 220 кВ), где нет дежурного персонала или где дежурство ведется эксплуатационными монтерами только в утренние смены, когда идут ремонты, или при необходимости оперативных переключений. С этой целью для каждой ОВБ разрабатывают рациональные маршруты, сокращающие продолжительность объездов и осмотров оборудования. При коротком замыкании на воздушных линиях электропередач, уменьшая погрешность ОМП, оперативно-выездная бригада может оптимизировать свой маршрут с целью сократить затраты времени на поиск места повреждения, снизить расход горючих и смазочных материалов для автомобиля. В случае с труднодоступной местностью – лесной, болотистой, горной, а также зимнего периода ОВБ сможет существенно уменьшить время устранения повреждения. Пример приведен на рисунке 4.



Рисунок 4 - Воздушная линия в гористой местности

Определение мест повреждений на линиях, производится с помощью различных фиксирующих приборов, регистраторов аварийных событий и устройств релейной защиты и автоматики, стало неотъемлемой частью обслужива-

ния электроэнергетической сети. При этом эффективность поиска при обходе линий электропередач с возникшими неустойчивыми короткими замыканиями составляет порядка 40 % ВЛ. На такой малый процент успешного поиска влияет точность используемых методов определения мест повреждений [3].

Сложность обнаружения места повреждения воздушной линии электропередачи вызвана непредсказуемостью характера повреждения ЛЭП. Определить расстояния до места повреждения можно по величине сопротивления в момент возникновения повреждения. К примеру, рассмотрим однофазное короткое замыкание и найдем сопротивление $Z_{кз}$.

Сопротивление Z короткого замыкания состоит из сопротивления провода, сопротивления контактного перехода провод - дуга и сопротивления дуги, формула (1):

$$Z_{кз} = Z_{\text{Провода}} + Z_{\text{Контакта}} + R_{\text{дуги}}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{Провода}}$ - полное сопротивление провода до точки к.з.,

$Z_{\text{Контакта}}$ - контактного перехода провод – дуга,

$Z_{\text{дуги}}$ - сопротивления дуги.

Тогда ток короткого замыкания $I_{кз}$ находится по формуле (2):

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\text{системы}} + Z_{\text{трансформатора}} + Z_{кз}}, \quad (2)$$

При этом величина сопротивления контакта и сопротивления дуги являются непостоянными и могут принимать различные значения, в зависимости от этого при возникновении повреждения в одном и том же месте ток короткого замыкания может принимать различные значения, таким образом мы получаем диапазон разброса значений тока короткого замыкания. График изменения тока КЗ по длине линии показан на рисунке 4.

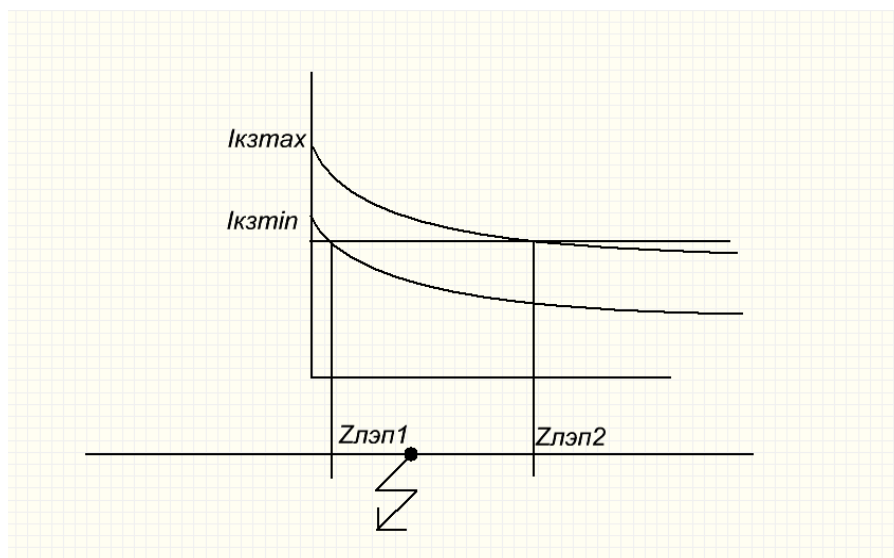


Рисунок 4 – График тока короткого замыкания

Зная величину тока КЗ и накладывая его на график изменения тока КЗ вдоль линии можем определить участок линии где предположительно возникло повреждение. В дальнейшем мы предполагаем провести работу по уточнению определения сопротивления дуги и контакта, чтобы уменьшить потери.

Список использованных источников:

1. Афанасьев, В. В. Справочник по расчету и конструированию контактных частей высоковольтных электрических аппаратов [Текст] / Афанасьев, В. В. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. - 384 с.; ил.
2. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 № 442 (ред. от 04.02.2017) «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии».
3. СТО 56947007-29.240.55.159-2013 Типовая инструкция по организации работ для определения мест повреждений воздушных линий электропередачи напряжением 110 кВ и выше (утвержден приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 28.11.2013 № 712 в редакции приказа ПАО «ФСК ЕЭС» от 18.01.2016 № 10).

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СЕЛЬСКИХ РАЙОНАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Шишкин П. В. – студент группы П-Э(с)-31, Гутов И. А. – к. т. н., доцент
РФ, Алтайский край, г. Барнаул,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

В настоящее время проблема энергосбережения в сельских районах нашей страны актуальна. В двадцатом веке начала бурно развиваться промышленность, и в связи с этим резко увеличилась добыча энергоресурсов. Параллельно с этим началось строительство благоустроенного жилья с центральным отоплением, водо- и электроснабжением. Стремление получить такое жилье пришло в сельскую местность. Из-за желания скорее построить и благоустроить село, строительство самого жилья, а также всех коммуникаций проводилось без каких-либо энергосберегающих технологий. Этому способствовали низкая стоимость энергоресурсов, а также то, что на фоне сильно развитой и также неэффективно использовавшей энергоресурсы промышленности, потребление ресурсов сельскими территориями было относительно мало. В двадцатом веке вопросы энергоэффективности и энергосбережения особо остро встали перед организациями и населением городов и в сельской местности и требуют решения.

Если реконструкция жилья лежит на плечах владельцев и зависит от их желания, то ситуация с ресурсоснабжающими организациями в настоящее время закреплена законодательно. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», который был принят

23.11.2009 г., четко определил первоочередные мероприятия, которые направлены на повышение энергоэффективности, а также указал сроки их внедрения. В данном законе затронуты все сферы энергосбережения [1].

Энергосбережение необходимо налаживать, и применять нужно комплексный подход, включая в сам процесс все ответственные организации, контролирующие органы и власти [5].

В настоящее время ситуация сложилась так, что все теплоснабжение переходит в основном к частным предприятиям. Если ранее муниципальные унитарные предприятия в теплоснабжении не задумывались об энергосбережении, так как убытки предприятия покрывались из бюджета, то частный предприниматель заинтересован в получении прибыли.

Рассмотрим вопросы энергосбережения на примере Новичихинского района Алтайского края. В 2010 году ООО «Теплострой» были взяты в аренду пять котельных Новичихинского района с их тепловыми сетями. И почти сразу встал вопрос о необходимости реконструкции существующей системы теплоснабжения. С этой целью, а также на основании федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», был заключен договор на энергетическое обследование объектов ООО «Теплострой».

Целью энергетического обследования было:

- получение объективных данных об объеме использованных энергоресурсов;
- определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности предприятия в целом;
- определение показателей энергетической эффективности;
- разработка перечня типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведения их стоимостной оценки.

В течение отопительного сезона 2011 - 2012 гг. работа была выполнена.

Для обеспечения своей деятельности ООО «Теплострой» использует следующие энергетические ресурсы: каменный уголь; электроэнергию; моторное топливо: бензин, дизельное топливо.

Структура потребления электроэнергии за исследованный период отражена на рисунке 1.

Структура распределения тепловой энергии от котельных представлена в таблице 1.

Проведены испытания котлов, в результате которых выявлены следующие недостатки: высокие потери с уходящими газами; высокие потери от химического недожога; высокие потери от механического недожога.

Это обусловлено следующими причинами: недостаточная площадь поверхности нагрева; работа котлов при внутренних загрязнениях поверхностей нагрева; эксплуатация котлов без химводоочистки; низкая температура воздуха и топлива, подаваемого в топку; не обеспечен фракционный состав топлива; большой избыток воздуха, подаваемого в топку.

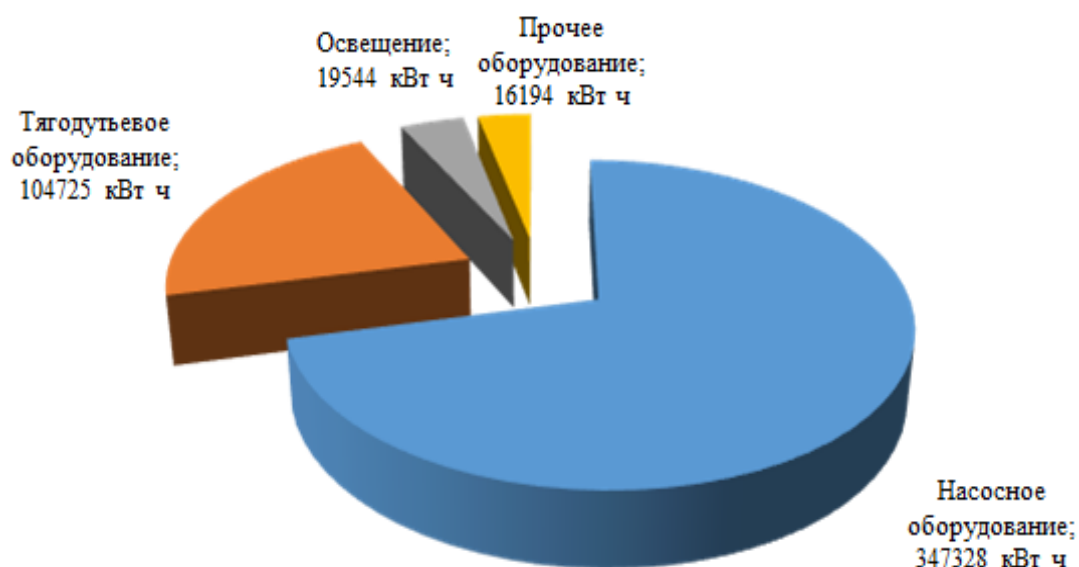


Рисунок 1 - Структура потребления электроэнергии

Таблица 1 – Структура распределения тепловой энергии от котельных в целом по предприятию

Наименование статьи	Значение
Производство тепловой энергии, Гкал	13840,8
Расход тепловой энергии на собственные нужды котельной, Гкал	453,9
Потери в тепловых сетях, Гкал	2389,6
Расход тепловой энергии на отопление зданий ООО «Тепло-строй», Гкал	316,7
Реализация тепловой энергии абонентам, Гкал	10680,6

По результатам энергообследования были рекомендованы следующие организационные и технические мероприятия.

Организационные мероприятия:

- назначить приказом по учреждению ответственных за контролем расхода энергоносителей и выполнением мероприятий по энергосбережению;
- периодически осуществлять контроль качества закупаемого угля.

Технические мероприятия по энергосбережению подразделены на мало-, средне- и крупнозатратные.

Малозатратные мероприятия (срок окупаемости до 2 лет):

- замена ламп накаливания на энергосберегающие типа КЛ. Срок окупаемости замены – 0,7 лет.

- изоляция трубопровода тепловых сетей котельной № 4. Срок окупаемости – 1,3 года. Здесь нужно сказать, что тепловая сеть была проложена надземным способом, в деревянном коробе, без утепления, в результате тепловые потери были в 4 раза выше нормативных.

Среднезатратные мероприятия (срок окупаемости от 2 до 5 лет):

- замена нескольких котлов, подошедших к концу срока эксплуатации, а также не соответствующих подключенной нагрузки;
- установка оборудования химводоочистки на всех котельных;
- установка частотных преобразователей на электродвигателях тягодутьевого оборудования.

После установки частотных преобразователей на электродвигатели получены следующие преимущества: экономия электроэнергии; экономия угля; автоматическое поддержание режима горения; увеличение срока службы двигателей и движущихся частей; повышение степени защищенности двигателей; снижение пусковых токов; заблаговременное получение информации об износе элементов привода; увеличение межремонтного периода; возможность повышения степени автоматизации в дальнейшем.

Срок окупаемости выше перечисленных мероприятий по предприятию составляет 3,6 лет.

Крупнозатратные мероприятия (срок окупаемости свыше 5 лет):

- перекладка тепловых сетей (срок окупаемости 14,9 лет). В первую очередь рекомендовалось заменить тепловые сети, отслужившие более 15 лет. Фактические тепловые потери на данных участках превышали нормативные на 40 – 50 %. Были рекомендованы трубы в полиэтиленовой оболочке с пенополиуретановой изоляцией для подземной прокладки и трубы в оболочке из спиралевидной оцинкованной стали с пенополиуретановой изоляцией для надземной прокладки. Преимущества труб в пенополиуретановой изоляции заключается в следующем: снижение начальной стоимости прокладки по сравнению с традиционными методами на 25-30%; экономия средств на текущий ремонт; снижение объема работ по перекладке сетей; повышенный срок службы трубопроводов и изоляции (30 лет); низкие потери на протяжении всего срока службы трубы;

- замена деревянных окон на пластиковые в административном здании ООО «Теплострой» (срок окупаемости – 17 лет).

К 2016 году большинство рекомендованных мероприятий ООО «Теплострой» были выполнены. Кроме вышеперечисленных мероприятий, было заменено насосное оборудование на насосы Wilo. Насосы Wilo с теми же гидравлическими характеристиками имеют менее мощные электродвигатели. Кроме того, при выборе насосов были учтены существующие тепловые нагрузки котельных.

По расходу электроэнергии были получены следующие результаты, представленные в таблице 2. Как видно, экономия электроэнергии составляет около 10%, причем надо учитывать, что осенью 2015 г. в аренду была взята шестая котельная, и расход электроэнергии этого объекта также отражен в этих данных.

Таблица 2 – Расход электроэнергии

Год	Годовой расход электроэнергии, кВт ч
2011	466100
2012	458213
2013	457457
2014	429658
2015	429769
2016	427394

Экономия по расходу угля за этот же период составляет около 20%.

На сегодняшний день большинство тепловых сетей все еще не заменены. Они продолжают приносить большие потери, кроме того число аварий на этих сетях растет из года в год.

По выполнению всех рекомендованных мероприятий можно будет говорить о еще большем экономическом эффекте. Руководство ООО «Теплострой», видя эти результаты, старается вкладывать сэкономленные средства в реализацию мероприятий по энергосбережению.

Список использованных источников:

1. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/12171109/paragraph/33264:0>
2. Портал по энергосбережению Энергосовет [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.energosoвет.ru>
3. Вагин Г. Я. Учет энергоресурсов [Электронный ресурс] : комплекс учебно-методических материалов. – НГТУ, 2014. – 107 с. - Режим доступа: http://www.nntu.ru/sites/default/files/file/svedeniya-ob-ngtu/inel/obrazovanie/och/mag/13.04.02/ees/ychet/Metod_ychet_e_i_e_ees_kompleks_ym.pdf .
4. Колесников А. И. Учебное пособие по энергоаудиту коммунального хозяйства и промышленных предприятий [Электронный ресурс]. – Москва, 1998 - 44 с. - Режим доступа: http://www.studmed.ru/varnavskiy-bp-kolesnikov-ai-fedorov-mn-uchebnoe-posobie-po-energoaudit-kommunalnogo-hozyaystva-i-promyshlennyh-predpriyatiy_a7bf9815424.html#.
5. Департамент энергетики, жилищного и коммунального хозяйства города Новосибирска [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.degkh.ru>.

ЭНЕРГЕТИКА ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ

Сборник статей

Издано в авторской редакции

Научное электронное издание

Электронное издание сетевого распространения

Производитель электронного издания:

ООО «МЦ ЭОР», 656043, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Ползунова, 40

Сайт: <http://mceor.ru/>

E-mail: einfo@mail.ru

Электронное издательство «Виртуальная литература»

Связаться с издательством: <http://stashko.ru/author>