

## УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОЙ КООРДИНАЦИИ ЕМКОСТНЫХ ТОКОВ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Андреев А. В., Щербаков А. Ю. – студенты группы Э-02, Попов А. Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В российских электросетях самым распространенным дугогасящим реактором (ДГР), применяемых для координации емкостных токов, из числа управляемых дистанционно, являются плунжерные реакторы марки РЗДПОМ. Изменение индуктивности этих реакторов обеспечивается благодаря изменению воздушного зазора в магнитопроводе. Преимущества плунжерных ДГР состоят в: возможности плавно изменять ток компенсации в очень широком диапазоне без отключения реактора от сети, как в нормальном режиме, так и при замыкании на землю; легко управлять ими дистанционно, что дает возможность применять их в сочетании с телемеханическими устройствами на подстанциях без обслуживающего персонала; линейности регулировки; высокой добротности; износостойкости, экономичности, легкости управления, длительного срока эксплуатации.

Для управления данным типом реакторов существуют блоки управления, таких марок как РАНК, АРК, БАНК, которые настраивают индуктивность реактора в резонанс с емкостью сети. К сожалению, у этих приборов имеются слабые стороны. В одних случаях, это нечувствительность при значительных расстройках компенсации, в других – высокая стоимость и сложность конструкции. Таким образом, обоснована необходимость разработки устройства координации емкостных токов.

Основным методом настройки ДГР в резонанс был принят амплитудный метод. Во время настройки выполняется поиск точки резонанса с обязательным прохождением точки максимума  $3U_0$  в обоих направлениях (снизу-вверх и сверху-вниз).

На первом этапе проектирования устройства была разработана структурная схема устройства, изображенная на рисунке 1. Входной преобразователь тока в напряжение (ВПТН) осуществляет преобразование величины входного тока в эквивалентное усредненное значение напряжения. Преобразователь включает в себя ТТ и схему, основанную на операционных усилителях (ОУ). Входной преобразователь напряжения (ВПНН) осуществляет преобразование величины входного напряжения в эквивалентное ему усредненное значение. Преобразователь основан на схеме ОУ. Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) осуществляет преобразование входящих от ВПТН и ВПНН сигналов в их цифровой эквивалент. Микроконтроллер (МК) АТмега на основании поступающих от блока АЦП сигналов строит резонансную кривую зависимости напряжения от тока ДГР и подает команду на блок индикации, которая переводит индикатор в режим отображения превышения уставки (загорается сигнализирующая лампа). Блок индикации (БИ) осуществляет визуальное оповещение о состоянии прибора и его работоспособности. Блок управления реактором (БУР) выдает сигнал на привод ДГР, тем самым позволяя варьировать значение индуктивности реактора в некотором диапазоне.

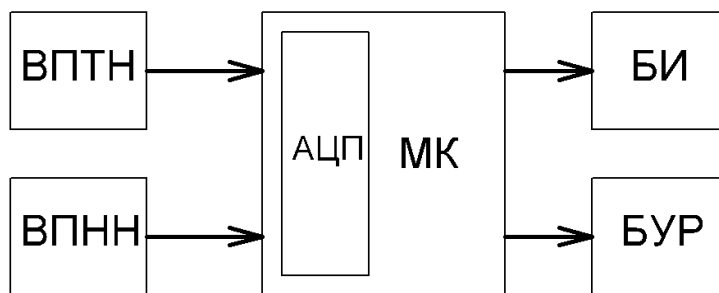


Рисунок 1 – Структурная схема разработанного устройства

Принципиальная схема преобразователей входных величин и их питания приведена в рисунке 2.

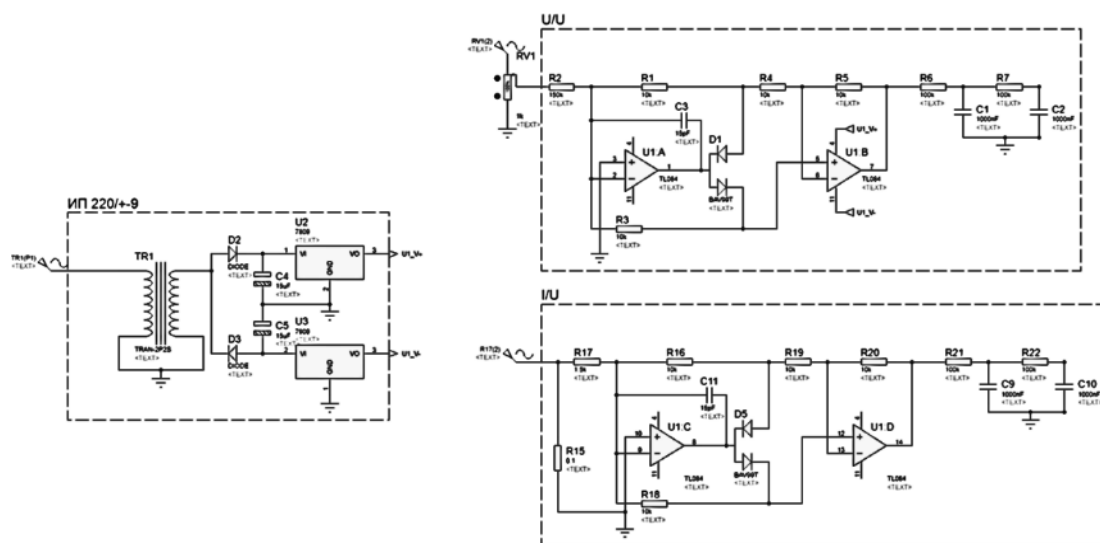


Рисунок 2 – Принципиальная схема преобразователей входных величин и их питания

Данная схема преобразует переменное напряжение и ток, снятое с сигнальной обмотки ДГР и трансформатора тока, в постоянное напряжение, необходимое для работы МК. Она основана на ОУ TL084CN и пассивном выпрямителе (RC-цепочка). Проверка эффективности работы разработанной схемы производилась с помощью компьютерного моделирования в среде программы эмуляции электрических схем Proteus 8.1.

Дугогасящий плунжерный реактор РЗДПОМ подключается в нейтраль присоединительного трансформатора ТМПС. Он содержит силовую обмотку, плунжер, привод плунжера, сигнальную обмотку (100 В), трансформатор тока ТВ-35-1. Для управления приводом реактора используется силовая автоматика: переключатели ПМОВ45, ПМОФ45; пускатель магнитный реверсивный ПМЛ-1611; реле промежуточное РП-25. Автоматикой управляет наше разрабатываемое устройство.

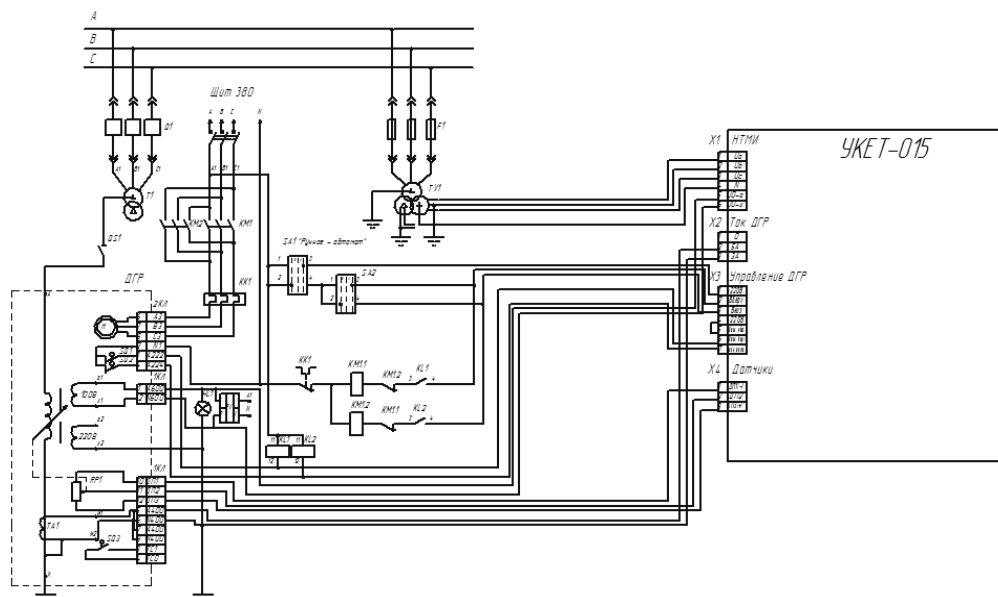


Рисунок 3 – Схема подключения устройства управления к ДГР РЗДПОМ, нейтраллеру и цепям ручного управления

Внедрение прибора позволит настраивать индуктивность реактора в резонанс с емкостью сети, к которой он подключен. Вследствие этого снизится значение тока при однофазных замыканиях на землю, уменьшится расход энергии, более слаженно контролироваться режим работы сети, и повысится надежность работы сетей.

Список использованных источников:

1. Гумин, М. И. Регулятор тока компенсации в электрических сетях 6–35 кВ [Текст] / М. И. Гумин, В. А. Кокорев. – Изд-во ВГПНИИ «Энергосетьпроект», 1980.
2. Петров, О. А. Система автоматической настройки дугогасящей катушки [Текст] / О. А. Петров // Электрические станции. – 1973. – № 1.
3. Вайнштейн, Р.А., Прибор для измерения степени расстройки компенсации емкостных токов [Текст] / Р. А. Вайнштейн, Б. Г. Третьяков // Электрические станции. – 1986. – № 4.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Антипов А. В. – студент группы 9Э-91, Гутов И. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Среди санитарно-технических мероприятий вентиляция занимает одно из основных мест в системе оздоровления условий труда на производстве. Благодаря вентиляции во многих случаях удается добиться снижения запыленности воздуха, загрязнения его вредными газами и парами, нормализовать микроклиматические условия. Вентиляционное оборудование, объединенное в один агрегат для удаления или подачи воздуха, носит название вентиляционной установки. Совокупность различных вентиляционных установок, имеющих единое назначение (удаление пыли, газов, тепла, влаги и т. п.), принято называть вентиляционной системой. При естественной вентиляции воздухообмен и интенсивность тяги в помещении происходит за счет разности температур и удельной массы внутреннего и наружного воздуха, а также воздействия ветра и атмосферного давления [1].

Весной и осенью при выключенном отоплении температура в помещениях становится ниже, чем на улице, поэтому воздухообмен при естественной вентиляции направлен с улицы в помещение. При этом создается обратная тяга, препятствуя нормальной работе вытяжной вентиляционной установки. В этом случае необходимо регулировать режим работы привода, обеспечив увеличение и плавную регулировку скорости вращения двигателя вытяжного вентилятора.

Обычно вентиляторы имеют такие параметры, которые обеспечивают максимальный расход воздуха, требуемый системой. Однако условия функционирования часто требуют снижения или увеличения расхода. Уменьшение может достигаться за счет дросселирования при постоянной частоте вращения вала вентилятора, а так же за счет изменения скорости вращения вала вентилятора при использовании частотно-регулируемого привода. Производительность можно менять в зависимости от сезонных, климатических условий, баланса тепла и влаговыделений, выделений вредных газов и паров. Экономия электроэнергии при применении частотно-регулируемого привода может составить до 60% [2].

Из всех известных способов регулирования скорости вращения двигателя вентилятора, оптимальным является применение частотного преобразователя. Установив частотный преобразователь, на уже существующую вентиляционную установку, можно решить данные проблемы без коренной реконструкции, сэкономив материальные средства на приобретении нового более мощного вентилятора и двигателя. Датчик давления воздуха, подключенный к системе управления частотного преобразователя, может обеспечить оптимальную работу установки, в различных условиях и тем самым снижая потребление электроэнергии.

Подключив частотный преобразователь, в уже имеющуюся вентиляционную установку так, как показано на рисунке 1, добиваемся нужного результата.

Воздух на рисунке поступает через входное отверстие из внешней атмосферы и по центральному каналу направляется к мотору системы вентиляции. Мотор-вентилятор соединен с преобразователем частоты. Преобразователь контролирует скорость мотор-вентилятора для постоянного поддержания необходимого объема / давления воздуха передаваемого по системе каналов. Уровень давления определяется датчиком давления. Таким образом, осуществляется обратная связь с преобразователем частоты. Частотный преобразователь меняет скорость вентилятора, чтобы поддержать постоянное воздушное давление в системе. Датчик давления измеряет давление воздуха в миллибарах и имеет диапазон от 10 до 160 мбар. Датчик давления имеет выход 0-10V и подключен к аналоговому входу преобразователя частоты. Необходимо чтобы вентиляционная система постоянно поддерживала в системе каналов давление 80 мбар. По каналу обратной связи от датчика давления воздуха может поступить сигнал о падении давления менее 60 мбар. В этом случае преобразователь частоты по релейному выходу подает сигнал о необходимости замены фильтра.

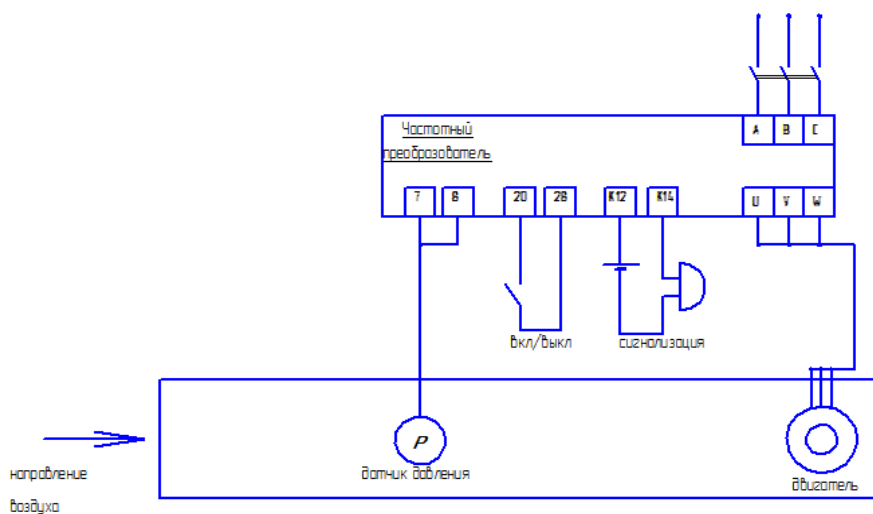


Рисунок 1 - Схема вентиляционной установки

Минимальная частота работы привода должна быть на уровне 15 Гц. Это позволит защитить электродвигатель от продолжительной работы на низких скоростях.

Имея центробежный вентилятор ВЦ 4-75, применяем для него частотный преобразователь Веспер E2-MINI-001H. Характеристики вентилятора и частотного преобразователя приведены в таблице.

Таблица 1

Характеристики	Мощность, кВт	Напряжение, В	Ток, А	Частота вращения, об/мин	Производительность, м <sup>3</sup> /ч
ВЦ 4-75 Двигатель АИР 71В4	0,75	380	2,1	1415	2400
Частотный преобразователь Веспер E2-MINI-001H	0,75	380	2,3		

Выбираем частотный преобразователь по параметрам двигателя и по критериям цена-качество. Всем условиям удовлетворяет преобразователь Веспер E2-MIN-001H. Недорогой, надежный, небольших габаритов, простой в управлении и подключении.

Практическое использование данного инженерного решения показывает, что применение частотного преобразователя приносит значительную экономию электроэнергии.

Частотные преобразователи сочетают в себе уникальные качества, высокий технический уровень, надежность и невысокую цену. На базе частотных преобразователей можно создавать гибкие системы электропривода и регулирования технологических параметров. Преобразователи легко встраиваются в существующие системы практически без останова управляемого технологического процесса, легко модифицируются и адаптируются в соответствии со всеми аспектами их применения. Широкий диапазон мощностей и различные варианты систем управления позволяют подобрать решение для многих задач управления.

Список использованных источников

1. Алексеев, С.В. Гигиена труда [Электронный ресурс] / С. В. Алексеев, В.Р. Усенко. – М.: Медицина, 1988. – Режим доступа: [www.all-gigiena.ru/lit/gigiena-truda-alekseev](http://www.all-gigiena.ru/lit/gigiena-truda-alekseev)
2. Веб-сайт частотники.рф [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://xn--80aqaahnfuib9b.xn--p1ai/>

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЗАЩИТНО-КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

Ащеулов И. А. – студент группы Э-11, Попов А. Н. – к. т. н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Согласно нормативной документации на вводе питающих линий вводного устройства, вводно-распределительного устройства и главного распределительного щита необходимо устанавливать автоматические выключатели, которые выполняют роль защиты и управления электрической сетью [1].

Одной из самых главных характеристик автоматического выключателя является номинальный ток. Это максимальное значение тока, которое может протекать через коммутационный аппарат бесконечно долго, не отключая защищаемую цепь. При превышении протекающим током этой величины, автоматический выключатель срабатывает и размыкает защищаемую цепь.

Второй основной характеристикой является времятоковая характеристика срабатывания автоматического выключателя. Это зависимость времени отключения защищаемой сети, от величины протекающего через нее тока. Данный ток указывается как отношение к номинальному току, т. е. во сколько раз протекающий через автомат ток превышает номинальный для данного коммутационного аппарата.

Важность времятоковой характеристики заключается в том, что автоматические выключатели с одинаковыми номинальными значениями будут отключаться по-разному в зависимости от типа времятоковой характеристики.

В низковольтных электрических сетях наиболее распространены автоматические выключатели со следующими типами времятоковых характеристик:

- «B» — ток мгновенного расцепления от  $3 \cdot I_n$  до  $5 \cdot I_n$  включительно (где  $I_n$  – номинальный ток автоматического выключателя);
- «C» — от  $5 \cdot I_n$  до  $10 \cdot I_n$ , соответственно;
- «D» — от  $10 \cdot I_n$  до  $50 \cdot I_n$ , соответственно.

Также, в электрических сетях до 1000 В наиболее часто применяют автоматические выключатели с номинальным током в диапазоне 16 – 63 А как для однофазных сетей, так и трёхфазных. Принимая во внимание данные обстоятельства, разрабатываемое устройство

рассчитано на контроль параметров автоматических выключателей с описанными выше наиболее распространенными времятоковыми характеристиками и номинальными токами.

Так как главное предназначение автоматических выключателей – не допустить возникновения в электрических цепях коротких замыканий и перегрузок, то для обеспечения требуемой защиты необходимо проводить испытания защитно-коммутационных аппаратов в следующих случаях:

- перед приемкой электроустановки в эксплуатацию;
- в процессе эксплуатации в сроки, устанавливаемые системой планово-предупредительных ремонтов;
- после капитальных ремонтов электрооборудования;
- после текущих ремонтов электрооборудования;
- при межремонтных профилактических испытаниях.

При проверке и испытаниях автоматических выключателей выполняются следующие действия [2]:

- производится внешний осмотр автоматического выключателя. Данный вид проверки не требует специального оборудования и производится в самом начале испытаний;
- выполняются измерение сопротивления изоляции и ее испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Данный вид испытания проводят с целью обеспечения электрической безопасности людей, контактирующих с автоматическими выключателями, находящихся под напряжением, в случае прикосновения к нетоковедущим частям аппарата. Этот вид испытания проводят в лабораторных условиях до пуска в эксплуатацию испытуемого аппарата. С течением времени, как правило, значение сопротивления изоляции, не подвергавшейся механическим воздействиям, остается в требуемых пределах.
- производится проверка работоспособности автоматических выключателей при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока. Данный вид испытания производится с целью определения работоспособности защитно-коммутационного аппарата, т. е. способен ли он пропускать ток при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока и не отключать при этом электрическую цепь;
- выполняются проверка действия расцепителей автоматических выключателей.

Расцепители являются важнейшими элементами автоматических выключателей, служащие для отключения защитно-коммутационного аппарата через механизм свободного расцепления при коротких замыканиях (электромагнитные расцепители) и перегрузках (тепловые расцепители).

Проверка работоспособности расцепителей автоматических выключателей осуществляется первичным током от постороннего источника тока, в нашем случае с помощью разрабатываемого устройства.

Эксплуатация электроустановок показывает, что при возникновении короткого замыкания или перегрузки электрической сети отмечаются случаи отказа в действии автоматических выключателей, приводящие к серьезным аварийным ситуациям, связанных с длительным прохождением токов короткого замыкания или перегрузки выше допустимой мощности электропроводки [3].

Следует отметить, что не только случаи отказа иногда имеют место, но может произойти ложное срабатывание автоматического выключателя, которое заключается в том, что защитно-коммутационный аппарат может произвести отключение приемников электрической энергии в нормальном режиме работы электрической сети. На производстве последствием этого ложного срабатывания может быть остановка оборудования, что влечет за собой экономические потери. В бытовых сетях, например, отключение многоквартирного дома в сильный мороз может привести к пагубным последствиям.

Основной причиной нарушения работы автоматических выключателей служит выход из строя расцепителей, который заключается в отклонении их нормируемых параметров с течением времени. Поэтому проверка действия расцепителей автоматических выключателей является важнейшим видом испытания в ходе эксплуатации защитно-коммутационных аппаратов.

Для проведения данных испытаний, потребитель может воспользоваться услугами испытательных лабораторий, которые специализируются на проверке качества и соответствия техническим нормам устройств защиты электрических сетей напряжением до 1000 В. Однако, услуги таких лабораторий для многих клиентов несоизмеримо дороги по сравнению со стоимостью самих автоматических выключателей.

Также, на электротехническом рынке Барнаула существуют нагрузочные измерительные комплекты для испытания автоматических выключателей, такие как:

- нагрузочный испытательный прибор «СИНУС – 3600» стоимостью 95060 р.;
- нагрузочный испытательный прибор «Сатурн – М» стоимостью 118295 р.;
- устройство испытания «РТ – 2048 – 01» стоимостью 73720 р. и др.

Недостатками данных измерительных комплектов является их высокая стоимость и малая мобильность из-за их больших габаритов и веса по сравнению с разрабатываемым устройством контроля технических параметров низковольтных автоматических выключателей.

Разрабатываемое устройство обладает функционалом, необходимым для конкретных видов испытаний, что снижает стоимость и габариты проверки расцепителей автоматических выключателей.

На первом этапе проектирования устройства была разработана структурная схема, изображенная на рисунке 1.

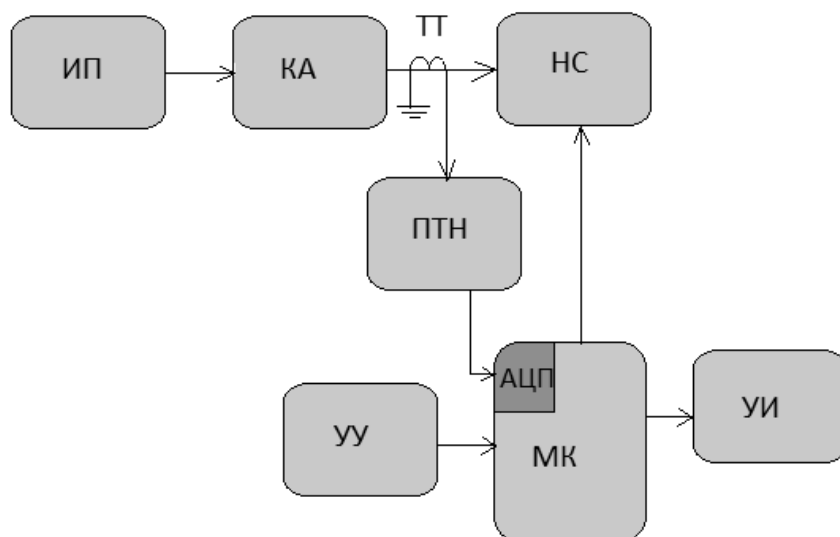


Рисунок 1 – Структурная схема разработанного устройства

Источник питания (ИП) осуществляет питание разрабатываемого устройства. В электрическую цепь между источником питания и нагрузочными сопротивлениями (НС) включается испытуемый автоматический выключатель (КА). В цепи между автоматическим выключателем и нагрузочным сопротивлением стоит трансформатор тока (ТТ), который понижает значение тока. Преобразователь тока в напряжение (ПТН) подает напряжение через аналоговый цифровой преобразователь (АЦП) в микроконтроллер (МК), который осуществляет управление сопротивлениями нагрузки, тем самым, устанавливая необходимое значение тока для испытания, которое, в свою очередь, устанавливается с помощью устройства управления (УУ). С помощью устройства индикации (УИ) можно визуально наблюдать значение тока, который протекает через испытуемый аппарат.

Внедрение прибора позволит существенно сократить затраты труда контроль технических параметров защитно-коммутационных аппаратов до 1000 В, уменьшить расходы, повысить надежность низковольтных электрических сетей, снизить электротравматизм и пожароопасность на объектах гражданской и бытовой сферы.

Список использованных источников:

1. ПУЭ-7. Правила устройства электроустановок [Текст] : по состоянию на 1 мая 2005 г. – 7-е изд. (с изм. и доп.). – Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2005. – 512 с. – 3000 экз. – ISBN 5-94087-378-2.
2. ГОСТ Р 50345-99. Аппаратура малогабаритная электрическая [Текст]. – Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; Москва : Изд-во стандартов, 1999.
3. Ползуновский вестник [Текст]. – 2013. – № 4-2 / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова [и др.]. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2013.

## ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Барсов Д. А.; Плотников И. В. – студенты группы Э-01, Мартко Е. О. – старший преподаватель Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В современном мире понятие энергопотребление касается всех и каждого, будь то обычный потребитель дома или же целый завод. Энергопотребление – это процесс потребления энергии или энергоносителей при производстве продукции, при выполнении работ и оказании услуг в технологических процессах изготовления, эксплуатации, ремонта и утилизации изделий.

В электроэнергетике прогнозирование параметров потребления энергии важно для соблюдения установленных предельных значений мощностей и количества используемой электроэнергии. Несоблюдение этих норм ведет к прямым финансовым потерям для энергоснабжающей организации, а в энергосистеме в целом это может привести к ухудшению качества электроэнергии, перерасходу топлива на электростанциях и аварийному выходу из строя оборудования и т.п. Повышенные требования к точности прогнозирования электропотребления нуждаются в совершенствовании и разработки новых математических прогнозных моделей, отвечающих современным требованиям по срокам и точности прогнозирования [1].

Моделирование потребления электрической энергии можно классифицировать следующим образом (рисунок 1):

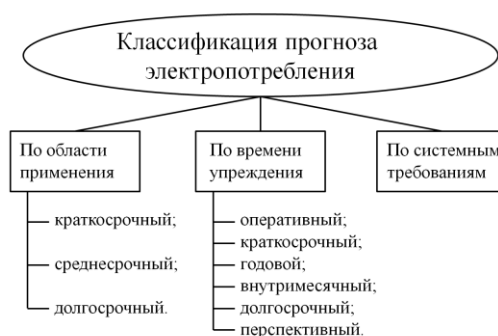


Рисунок 1 – Классификация прогноза электропотребления

Данная классификация позволяет увидеть связь между прогнозированием электропотребления и электрической нагрузкой.

Энергопотребление и электрическая нагрузка величины равнозначные. Следовательно, прогноз и моделирование электрической нагрузки позволит предсказать возможный выход из строя электрооборудования тем самым сократив средства на техническое обслуживание, убытки от простоя и т.д.

По мере развития алгоритмов прогнозирования нагрузки, все большее значение приобретают требования, предъявляемые к моделям:

- адаптивность;



- устойчивость;
- рекурсивность;
- экономичность;
- учет специфики формы суточного графика электрической нагрузки;
- учет внешних факторов;
- точность;
- возможность контроля правильности прогнозирования.

Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок может выступать самостоятельной задачей, например, для оптимизации затрат на оптовом рынке электрической энергии. Поскольку электрическая нагрузка одновременно обладает явно выраженным случайным характером и возможной повторяемостью во времени, то в качестве метода моделирования рассматривается метод анализа сингулярного спектра (АСС) [2].

Суть метода АСС состоит в преобразовании исходного одномерного ряда в многомерный, исследовании полученной траекторией матрицы по методу главных компонент и последующем восстановлении одномерного ряда. Такой анализ дает фактическое разложение исходной функции, порождающей временной ряд, в аналог ряда Фурье по базису, порожденному самой функцией. Метод АСС состоит из двух этапов: разложения и восстановления, каждый из которых, в свою очередь состоит из 2.

Общая схема этапов методов анализа сингулярного спектра приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Общая схема этапов методов АСС

Результаты моделирования с применением АСС зависят от правильного выбора целочисленного параметра  $L$  – длины окна и структурного параметра, определяющего правила группировки временных рядов.

Длина окна – это размерность пространства, если говорить о геометрической интерпретации, когда исследуется траектория многомерной ломаной линии, в которую потом переводится исходный временной ряд. Величина длины окна зависит от целей исследования, длины и периодограммы исследуемого ряда, вида решаемой задачи, делимости рядов.

Структурный параметр – качественная мера, характеризующая свойство структуры системы или ее элементов.

Для электропотребления наиболее точным является прогноз с длиной окна равной 24 часам, что обусловлено характерной суточной периодичностью в распределении электрической нагрузки объекта.

На рисунке 3 приведены данные о почасовом потреблении электроэнергии для одной из точек поставки электрической энергии ОАО «Городская электрическая сеть г. Барнаула».

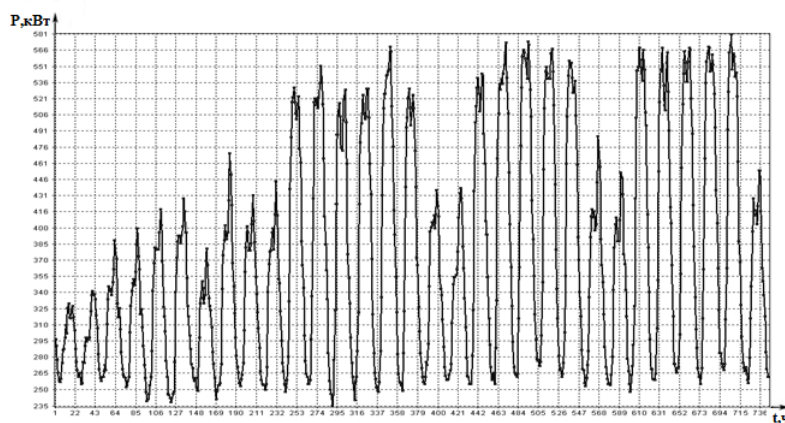
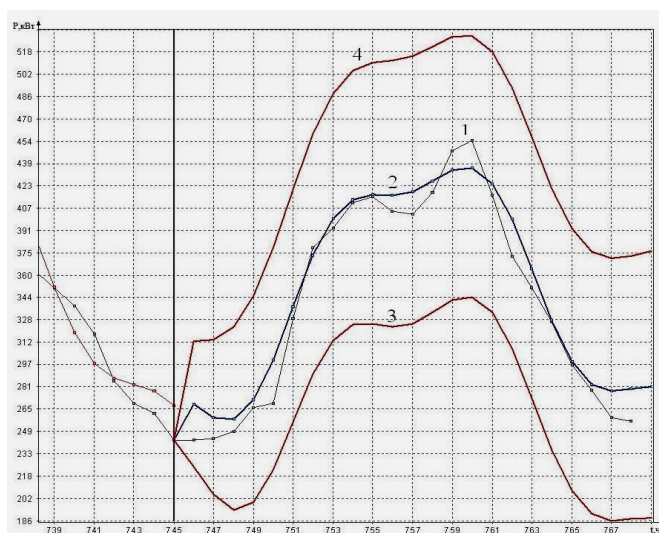


Рисунок 3 – Почасовое потребление электроэнергии

Далее согласно методу АСС было произведено разложение, восстановление, аппроксимация и прогнозирование электропотребления на следующие сутки. Результаты показаны на рисунке 3.



1 – Исходные данные; 2 – Прогнозирование;  
3 – Нижняя доверительная граница; 4 – Верхняя доверительная граница

Рисунок 4 – Прогноз электропотребления

На основании рисунка 4 можно сделать вывод о том, что метод анализ сингулярного спектра позволяет получить прогноз электропотребления с относительной погрешностью 3,22% при длине окна 24 часа [3].

Результаты прогнозирования позволяют говорить о том, что метод анализ сингулярного спектра может быть использован для моделирования электрической нагрузки и оперативного краткосрочного прогнозирования электропотребления. Наиболее точным при этом является прогноз при длине окна 24 часа.

Список использованных источников:

1. Моделирование процесса электропотребления при краткосрочном прогнозировании методами ортогональных разложений [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://tekhnosfera.com/modelirovanie-protssesa-elektropotrebleniya-pri-kratkosrochnom-prognozirovanii-metodami-ortogonalnyh-razlozheniy#ixzz3Ql2Bb82d>
2. Мартко Е.О., Хомутов О.И., Белицын И.В. Алгоритм сингулярного спектрального анализа и его применения для моделирования электрических нагрузок. Измерение, контроль

и информатизация: материалы 10-й международной научно-технической конференции «ИКИ-2009». – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – С. 195 - 201.

3. Мартко Е.О., Белицын И.В. Сингулярный спектральный анализ как метод моделирования электрической нагрузки // Ползуновский вестник. –Барнаул: Изд-во АлтГТУ. 2009. № 4. С. 76–86

## ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ «РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ»

Белюсов Е. В. – студент группы Э-21, Гутов И. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Все чаще из проблем современного образования выделяют преобладание теоретического материала над малым объемом практического, а ведь чтобы приготовить квалифицированного специалиста не достаточно только теоретических знаний. К сожалению, с приобретением практических навыков связаны некоторые трудности: отсутствие или ограниченность денежных средств образовательных учреждений, как следствие, нехватка приборов, стендов и оборудования для проведения различных лабораторных работ, которые бы расширили знания обучающихся по специальным дисциплинам, сложность в проведении учебной деятельности с реальными объектами в силу многих причин.

На текущий момент все высшие учебные заведения имеют персональные компьютеры для проведения учебной деятельности. Следовательно, создание обучающего программного обеспечения является одним из самых актуальных направлений в образовании. Исходя из того, что многие студенты имеют собственные компьютеры, то обучение с помощью компьютерных программ может проходить дистанционно, что может увеличить количество обучаемых.

Задачей данной работы является создание программного обеспечения для дисциплины «Электроэнергетические системы и сети», предназначенного для обучения студентов методам расчета параметров воздушных линий электропередачи (ВЛЭП), для более полного и емкого представления учебного материала, создания у учащихся понимания зависимости схемы замещения линии электропередачи от напряжения рассматриваемой сети.

Разработанное программное обеспечение можно использовать для проверки работ по решению задач, связанных с расчетом параметров воздушных линий электропередачи, что может быть полезно как для самих студентов, так и для преподавателей, которым необходимо проверить правильность решения заданий по данной теме.

Для проведения практических и лабораторных занятий необходимо программное обеспечение, которое позволит производить расчет параметров ВЛЭП, исходя лишь из небольшого количества исходных данных, а также оно должно содержать справочные данные по удельным параметрам проводов марки АС для различных сечений.

Интерфейс программы прост и интуитивно понятен, что позволяет обучаемым сосредоточить свое внимание на изучении темы и работе с таблицами. В программном обеспечении также есть данные об информационных источниках, на основе которых оно создавалось и которые можно использовать в дальнейшем самостоятельно для других заданий по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети».

Интерфейс разработанного виртуального лабораторного практикума показан на рисунке 1.

Как многие продукты виртуальный лабораторный практикум полноценно, стабильно и просто устанавливается и воспроизводится на современном мультимедийном компьютере в средах одной из операционных систем Microsoft Windows XP, Microsoft Windows Vista, Microsoft Windows 7, Microsoft Windows 8. Оптимально использует возможности компьютера в обработке и представлении информации там, где это оправдано с точки зрения взаимодействия с пользователем.

Процесс работы в программе достаточно прост и нагляден, тем самым, обеспечивает бо-

лее эффективное понимание и запоминание материала.

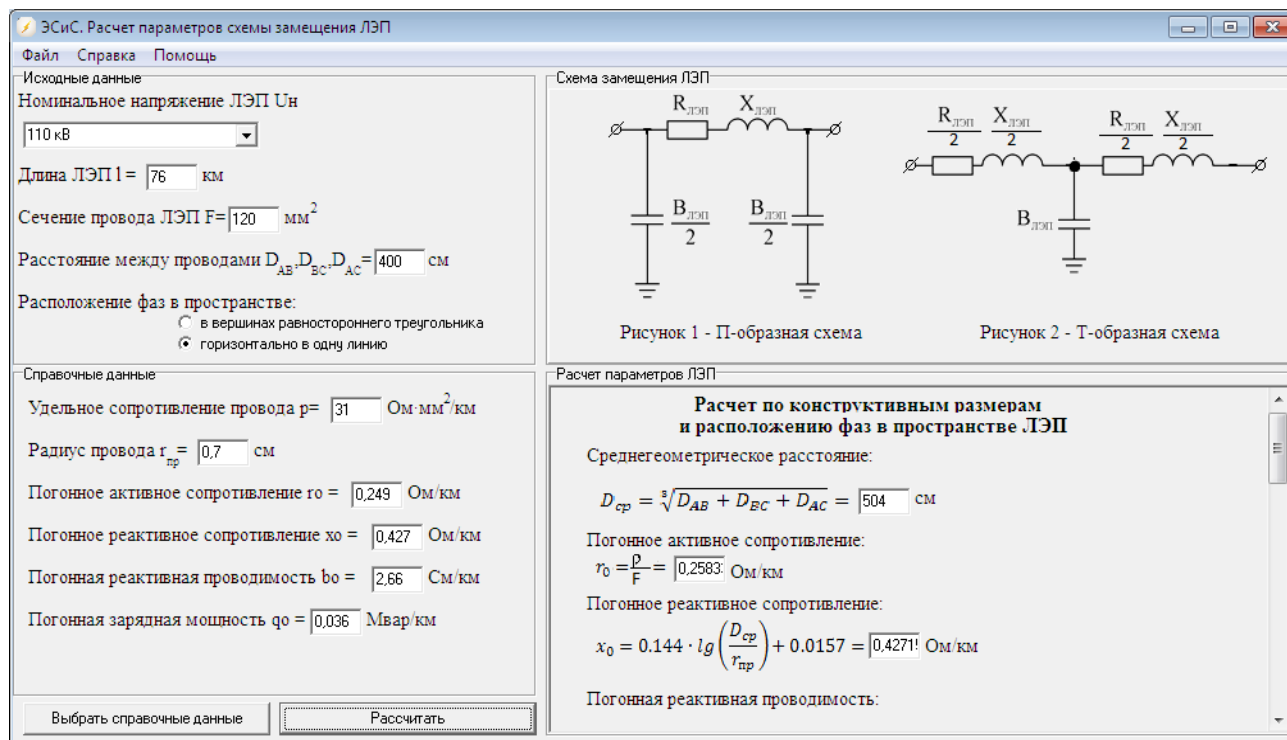


Рисунок 1– Окно разработанной программы

Последовательность действий для выполнения расчетов следующая:

- выбор номинального напряжения (35, 110, 220, 330, 500, 750, 1150 кВ);
- ввод исходных и справочных данных для расчета по заданным геометрическим и усредненным погонным параметрам ВЛЭП;
- выбор расположения фаз на опоре;
- расчет параметров схемы замещения линии происходит при нажатии кнопки «Рассчитать».

Задача расчетов приведенных в практикуме – это элемент необходимый для подготовки данных для расчета установившихся режимов работы электрической сети. При одних и тех же исходных данных проводимости и реактивное сопротивление (полное сопротивление) меняют свои значения при различных расположениях фаз и количестве их расщеплений, а в ходе автоматизированного расчета понимание выбора инженерного решения будет облегчен путем наглядности изменений параметров.

Таким образом, данное программное обеспечение может являться как эффективным средством обучения студентов, так и средством ускорения и облегчения проверки правильности работ преподавателем. Это программное обеспечение предназначено для студентов академического и прикладного бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», всех форм обучения.

# АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДУГОГАСЯЩИМ РЕАКТОРОМ КАК СРЕДСТВО УСТРАНЕНИЯ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 – 35 кВ

Блинов Н. А., Вольченко А. И. – студенты группы 8Э-41, Попов А. Н. – к. т. н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В условиях постоянного ухудшающегося технического состояния распределительных сетей и силового оборудования, значительная часть которого выработала свой ресурс, отсутствия необходимых средств на своевременную замену и качественный ремонт поврежденного электрооборудования, не говоря уже о модернизации устаревшего электрооборудования, вероятность и частота возникновения аварийных ситуаций на промышленных предприятиях резко возрастает.

С каждым годом проблема поддержания надежности систем электроснабжения на приемлемом уровне становится все острее. Все большую актуальность приобретают вопросы компенсации емкостных токов замыкания на землю, так как ими вызвано от 80 до 90 % случаев срабатывания релейной защиты в сетях напряжением 6 – 35 кВ, что приводит не только к недоотпуску электроэнергии потребителям, но и к более серьезным последствиям.

Значительные емкостные токи, протекая в месте замыкания, создают на заземленных частях оборудования опасные для людей и животных потенциалы и поддерживают горение электрической дуги. Однофазная дуга при больших токах может гореть длительно, а при малых токах, когда она носит перемежающийся характер, – вызывать опасные для изоляции перенапряжения, которые могут приводить к пробоям или перекрытию других фаз и, следовательно, к междуфазным замыканиям и аварийному отключению линии. Поэтому при больших значениях емкостного тока обязательно необходима его компенсация.

С давних времен компенсация емкостных токов осуществляется при помощи дугогасящих реакторов (ДГР), которые предотвращают опасные последствия однофазных замыканий на землю (ОЗЗ). Их индуктивные токи компенсируют емкостный ток сети в месте замыкания, обеспечивая самопогасание дуги или безопасное ее горение, и сеть остается в работе до приезда оперативного персонала.

Из всего разнообразия направлений работы по совершенствованию системы компенсации емкостных токов на землю к практической реализации оказались приемлемыми и получили повсеместное распространение ДГР типа однофазного масляного заземляющего реактора (ЗРОМ) или однофазного масляного ступенчатого дугогасящего заземляющего реактора (РЗДСОМ) со ступенчатым регулированием индуктивности, которые выпускала в прошлом отечественная промышленность. Согласно статистическим данным, такие ступенчатые ДГР составляют 75,5 % всех ДГР установленных в энергосистемах Российской Федерации [1]. В настоящее время они не в состоянии обеспечить удовлетворительную компенсацию емкостных токов, потому что в последние десятилетия сети среднего напряжения сильно разрослись, изменилась величина и характер нагрузок потребителей, топология сетей вследствие отключения одних и ввода в строй других ее участков. Как следствие, огромная доля сетей среднего напряжения на сегодняшний день работает с существенной недокомпенсацией, либо перекомпенсацией емкостных токов, что сводит на нет все достоинства компенсации.

Для более точной компенсации емкостных токов научно-технический прогресс позволяет использовать современные плавнорегулируемые ДГР, которые имеют массу преимуществ по сравнению со своими предшественниками. Но ввиду того, что у большинства промышленных предприятий страны нет финансовой возможности для модернизации морально устаревшего оборудования, возникла необходимость в разработке оптимального способа решения этой проблемы [2].

Устройство автоматической координации емкостных токов, использование которого позволит плавно регулировать компенсацию емкостных токов путем автоматической подстройки индуктивности ДГР в резонанс с емкостью сети, и, тем самым, повысить надежность электроснабжения с минимумом материальных затрат.

Устройство автоматической координации емкостных токов подключается к измерительному трансформатору напряжения вместе с плунжерным реактором параллельно существующему ступенчатому ДГР, и вся эта система позволит эффективно компенсировать емкостные токи. При этом стоимость «добавочного» ДГР малой мощности составляет примерно в 2 – 3 раза меньше стоимости нового плавнорегулируемого реактора [2].

Использование разрабатываемого устройства позволит модернизировать существующее на электросетевых предприятиях оборудование для компенсации емкостных токов с минимумом затрат и тем самым повысить надежность электроснабжения.

Список использованных источников:

1. Особенности применения дугогасящих реакторов [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://news.elteh.ru/arh/2007/43/07.php>
2. Базылев, Б. И. Дугогасящие реакторы с автоматической компенсацией емкостного тока замыкания на землю [Текст] / Б. И. Базылев, А. М. Брянцев и [др.]. – СПб. : ПЭИПК, 1988. – 184 с.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ ВЛЭП НАПРЯЖЕНИЕМ 6-35 кВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Блинов Н. А., Вольченко А. И. – студенты группы 8Э-41, Попов А. Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Ухудшение качества электрической энергии оказывает колоссальное влияние на надежность, экономичность и продолжительность работы электроприемников. Падение качества неизбежно приведет к ощутимому ущербу, который понесут как потребители электроэнергии, так и сама энергоснабжающая компания. Причем, качество предоставляемой энергии зависит не только от генерирующих мощностей, но в большей степени и от передающих эту энергию сетей.

В связи с этим, нельзя не отметить тот факт, что наряду с прочими проблемами энергетики в области обеспечения качества электроэнергии, довольно заметна проблема с обнаружением мест повреждения (МП) воздушных линий в сетях 6, 10 и 35 кВ. Именно эти сети являются наиболее протяженными и разветвленными среди прочих и связывают конечных потребителей с энергосистемой. Поэтому повреждение этих сетей крайне негативно сказывается на электроснабжении. Кроме того, поиск МП затруднен в силу все той же разветвленности сетей и сопряжен с большими затратами времени, человеческих сил и др. Для сокращения времени обнаружения МП применяются специальные приборы, регистрирующие наличие повреждения на заданном участке сети и сигнализирующие об этом [1].

Значительная часть (57%) коротких замыканий (КЗ) на воздушных линиях (ВЛ) электропередачи, вызванных перекрытием и разрушением изоляторов, где главной причиной являются атмосферные перенапряжения.

Помимо повреждения элементов ВЛ, короткие замыкания, вызывая аварийное отключение, приводит, в некоторых случаях, к значительному недоотпуску электроэнергии с соответствующим народнохозяйственным ущербом. Этот ущерб во многом определяется характером производства потребителя электроэнергии [2].

На текущий день существует немалое количество методов обнаружения места повреждения (ОМП) на воздушных линиях, что говорит и насущности проблемы и ее значимости. Все методы делятся на дистанционные и топографические. Среди топографических методов наиболее применимым является электромеханический метод, позволяющий определить место повреждения с высокой точностью и не требующий дополнительного переносного воспринимającego оборудования для бригады, как остальные топографические методы. Кроме того, устройства, основанные на этом методе, самостоятельно возвращаются в исходное состояние при введении контролируемой линии в работу и не требуют участия человека.

Основываясь на вышеизложенной информации, считаем наиболее практически необходимым создание устройства на основе топографического электромеханического метода ОМП с применением в качестве замены электронные компоненты и микроконтроллеры.

Проанализировав представленные на рынке приборы ОМП не трудно заметить, что функционал данных приборов крайне широк и обеспечивает полный контроль за наблюдаемым участком воздушной линии. Однако большое количество функций и возможностей прибора неминуемо приводит к критичному удорожанию схемы и, как правило, бессмысленному, в рамках поставленной задачи, усложнению конструкции устройства. Соответственно, закупка подобных приборов электроснабжающими компаниями зачастую становится невыгодной, поскольку при использовании на линиях до 35 кВ не требуется настолько широкий спектр функций, а достаточно минимального набора по сходной цене. На данный момент рынок узкоспециализированных устройств ОМП, рассчитанных на напряжение до 35 кВ крайне мал. Эти факторы позволяют говорить о возможной конкурентоспособности разработки.

Проверка эффективности работы разработанного устройства производилась с помощью компьютерного моделирования в среде программы эмуляции электрических схем PROTEUS 7.9. Программа позволяет в полной мере произвести все необходимые испытания максимально приближенно к реальным условиям.

Для выполнения всех требуемых расчетов и вычислений была разработана и написана программа для микроконтроллера в программной среде «MikroPascal for AVR» на языке программирования для микроконтроллеров AVR – «МикроПаскаль». Язык программирования «МикроПаскаль» представляет собой доработанный широко известный язык программирования «Паскаль» применительно к требованиям работы микроконтроллеров с дополнительными библиотеками и процедурами.

Моделирование проводилось с подключением устройства к сети 5 В и 12 В. На рисунке 1 представлена схема устройства, собранная в среде PROTEUS.

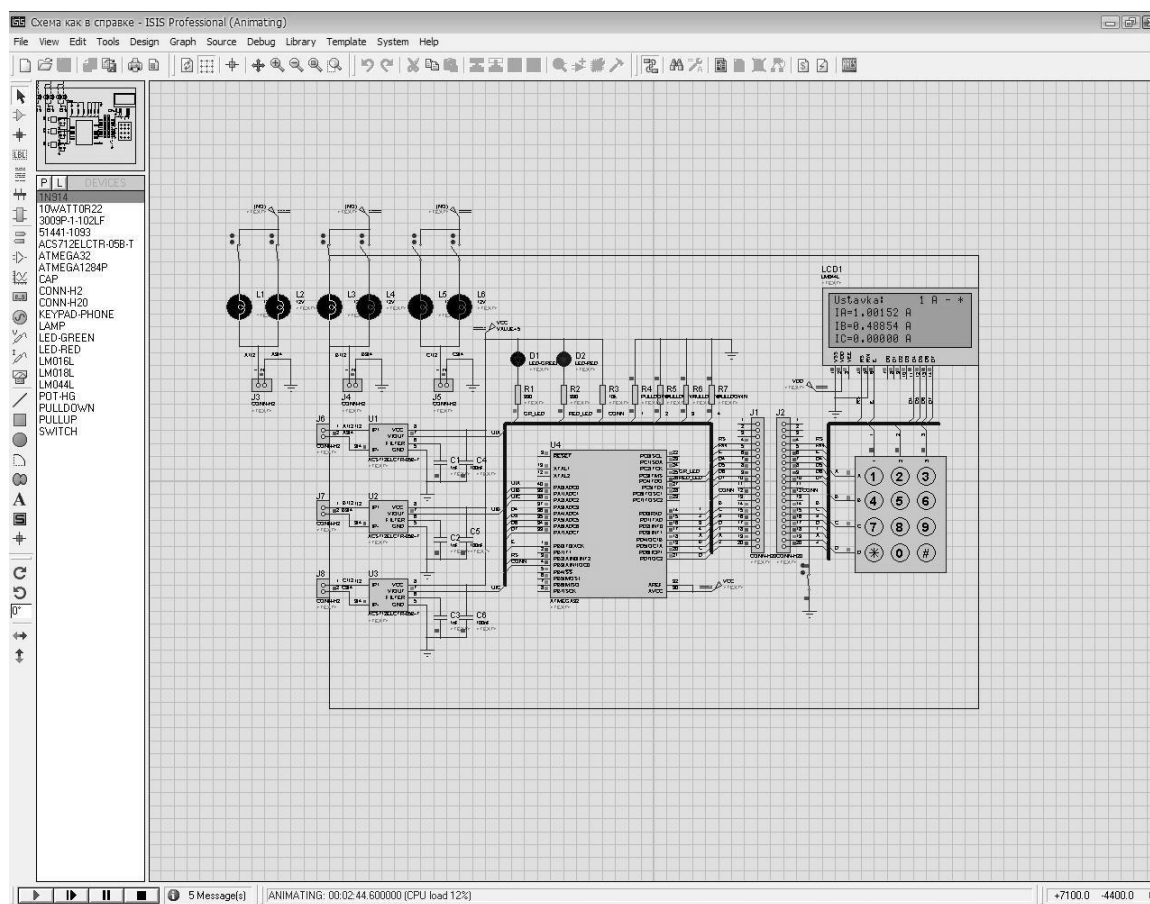


Рисунок 1 – Иллюстрация моделирования работы устройства ОМП в программной среде PROTEUS

На рисунке 1 виден принцип работы устройства. Перед использованием устройства его необходимо соединить с контактной частью программатора и ввести значение токовой уставки. База постоянно производит опрос портов подключения программатора для начала ввода данных. После введения уставки, прибор полностью готов к работе.

Устройство воспринимает и считывает показания величины тока в линии. Далее входные данные обрабатываются и сравниваются с величиной токовой уставки, предустановленной с помощью программатора в ПЗУ микроконтроллера. При превышении входящим током величины уставки, срабатывает система оповещения, сигнализирующая о прохождении тока короткого замыкания на ответственном участке линии (горит красный светодиод). Опрос линии устройством не прекращается и поэтому, в том случае, если на линии установлено АПВ, то при успешном срабатывании автоматического повторного включения, устройство автоматически отключает тревожную сигнализацию и переводит блок индикации в штатный режим (горит зеленый светодиод).

В ходе реальных испытаний созданного прототипа устройства была доказана правильность результатов, полученных с помощью компьютерного моделирования. Дешевизна и доступность элементов схемы, простота сборки и малое потребление мощности делает его конкурентно-способным на фоне существующих дорогостоящих аналогов.

Список использованных источников:

1. Устройства для определения мест повреждения на воздушных электрических линиях [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://electricalschool.info/main/ekspluat/406-ustrojstva-dlja-opredelenija-mest.html>.

2. Айзенфельд, А. И. Определение мест короткого замыкания на линиях с ответвлениями [Текст] / А. И. Айзенфельд, Г. М. Шалыт. 2-е изд. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 202 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВЛИЯНИЮ ОТКЛОНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Валов Д. А. – студент группы Э-12, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Качественная электрическая энергия – одно из важнейших условий обеспечения нормальной работы электроустановок как промышленных предприятий, так и потребителей бытового сектора. Необходимо понимать, что от несоответствия параметров электрической энергии потребитель несёт не только материальные потери из-за ненормального технологического процесса, но и наносится ущерб здоровью граждан, вызванный влиянием работы электроустановок в ненормальном режиме. В данной работе я бы хотел разобраться, необходимо ли учитывать влияние несоответствия показателей качества электроэнергии с точки зрения влияния на здоровье человека в бытовом секторе.

Среднестатистическая российская семья из трёх человек ежедневно использует определенный набор электрооборудования, представленный в таблице 1 [1].

Как видно из таблицы 1, наибольшее количество электрической энергии потребляется освещением и холодильником. Современные бытовые холодильники выполненные по стандарту электропотребления А и А+ и в своём устройстве отличаются незначительно [2]. Жидкий холодильный агент циркулирует при помощи многократно работающего поршневого мотора-компрессора. Влияние отклонения качества электрической энергии на работу мало-мощного электродвигателя – привода компрессора целесообразно не учитывать.

Иначе дело обстоит с осветительной нагрузкой. Постоянное использование ламп с повышенным колебанием светового потока, либо недостаточной освещенностью вызванной отклонением напряжения негативно влияет на зрение человека. Фликер, т.е. пульсация светового потока ламп освещения утомляет, снижает производительность труда, увеличивает



нагрузку при принятии зрительной информации и вызывает дискомфорт. Кроме того, снижение качества электрической энергии приводит к дополнительному нагреву и уменьшению срока службы осветительных установок.

Таблица 1 – Перечень электрооборудования среднестатистической семьи из трёх человек

Потребители энергии	Мощность, кВт	Кол-во, шт.	Среднесуточное время работы, ч/сут	Месячный расход электроэнергии, кВт·ч
Холодильник	1	1	2 (с учётом пауз)	60
Телевизор	0,08	1	5	12
Стиральная машина	1,5	1	0,57 (4 ч. в нед)	26
Электрочайник	2	1	0,25	15
Персональный компьютер	0,15	1	2	9
Пылесос	0,8	1	0.14 (1 ч. в нед)	3
Утюг	1	1	0,29 (2 ч. в нед)	9
Микроволновая печь	1	1	0.20	6
Освещение (лампы накаливания)	0,06	10	3	54
Итого				194

Согласно СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» общее искусственное освещение жилой комнаты, наиболее часто встречающееся и используемое среднестатистической семье, в процессе жизнедеятельности требует освещённости в пределах 50 люкс. Значение освещённости в ванной комнате должно соответствовать 80 лк. Для работ, характеризующихся повышенной зрительной нагрузкой, в том числе связанной с чтением или письмом, значение освещённости следует обеспечивать в пределах 200-300 люкс. Обеспечение требуемых характеристик освещённости на практике зачастую решают за счёт количества ламп, либо за счёт использования комбинированных осветительных установок. Таким образом, добившись комфортного уровня освещённости зрительного объекта с учётом используемой конструкции и материала светильника, а также учитывая коэффициент запаса по условиям среды, мы при определённом стечении обстоятельств не сможем обеспечить нормируемое значение освещённости. Связано это, в первую очередь, с питающим напряжением осветительной установки.

Исходя из результатов опыта можно будет сделать следующие выводы:

- а) нормируемые предельные отклонения показателей качества электроэнергии соответствуют/не соответствуют необходимым условиям для обеспечения требуемой освещённости;
- б) применение устройств для приведения показателей качества электрической энергии к нормируемым значениям требуется/не требуется при определённых граничных условиях, соответствующим граничным условиям освещённости.

Для проведения эксперимента используются современные источники света и измерительное оборудование, позволяющее определять значения основных параметров режима работы осветительной установки, таких как ток, напряжение, активная, реактивная и полная мощности, cos φ, частота питающего напряжения.

В перспективе ожидается получение результатов, которые позволят ответить на ряд практически значимых вопросов, связанных с оценкой необходимости использования технических решений для повышения качества электрической энергии применительно к осветительным установкам.

Список использованных источников:

1. Электричество в доме. Сколько потребляют бытовые приборы? [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://www.electro-sila.ru/electric.htm>.

2. Оценка удельного электропотребления холодильника и стиральной машины [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://solex-un.ru/energo/elektropotreblenie-holodilnika-i-stiralki>.

## СНИЖЕНИЕ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ УЧЕТЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ НОВОЙ МЕТОДИКИ УЧИТЫВАЮЩЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ НАГРУЗКИ

Воробьев С. С. – студент группы 8Э-41, Хомутов С. О. - д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Один из главных показателей эффективной деятельности энергосистемы - уровень коммерческих потерь в электрических сетях. Эти потери являются прямым следствием недоучета и хищений электроэнергии, захлестнувших в последние годы предприятия электросети.

Недоучет и хищение электроэнергии предопределяет существующая особенность, заключающаяся в том, что ее производство, передача, распределение и реализация (потребление) происходит одновременно. На всех перечисленных выше этапах данный вид продукции нет возможности складировать (аккумулировать) и хранить.

В настоящее время к причинам недоучета и хищения энергии можно отнести следующие: некорректные расчетные параметры средств учета электроэнергии; изменение схем первичной и вторичной коммутации приборов учета, подключение нагрузки к безучетным питающим электросетям; внешние воздействия на приборы учета энергии. Из всех перечисленных факторов все кроме первого, можно выявить либо ревизионными проверками, либо средствами дистанционного анализа потребления, стоимость установки которых является достаточно дорогостоящим мероприятием.

Из-за больших объемов передаваемой энергии, огромного числа потребителей, имеющих различный характер нагрузок и режим работы имеют место существенные различия в результатах измерения электроэнергии расчетными и контрольными приборами учета. По исследованиям профессора, д.т.н. Т. Я. Загорского некоторые факторы вызывают беспокойство – неправильное применение известных метрологических правил и норм обуславливают существенный недоучет электроэнергии. Экспертная оценка показывает, что в наихудшем случае недоучет электроэнергии может достигать минус 10-20% при его среднем значении минус 4-7%, что и вызывает особый интерес к данной проблеме.

О неблагоприятном состоянии метрологического обеспечения измерений и учета электроэнергии в электроэнергетической отрасли, о недостаточном внимании руководителей электроэнергетики всех рангов, об отсутствии необходимого финансирования метрологических работ и т.п. докладывали представители многих стран СНГ на научно-практических конференциях «Метрология электрических измерений в электроэнергетике» (проводятся ОАО «ВНИИЭ» ежегодно, начиная с 1997 г., в г. Москве) [2].

На этих же конференциях докладывали о полученных результатах и технических путях решения многочисленных проблем, связанных с метрологическим обеспечением требуемой точности измерений и повышения достоверности учета электроэнергии.

Так основной целью снижения коммерческих потерь при учете электроэнергии с помощью измерительных комплексов представляется выявление новой методики для учета снижающей коммерческие потери и увеличивающей точность измерений.

Для разработки новой методики необходимо раскрыть природу и характер имеющихся погрешностей при учете электроэнергии; проанализировать зависимость погрешностей средств учета от технических параметров сети; разработать методологические мероприятия по учету электроэнергии с помощью измерительных комплексов.

В соответствии с типовой инструкцией по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении относительная погрешность измерительных комплексов должна определяться на стадии проектирования, хотя на этой стадии сложно предугадать влияние

различных факторов на погрешность измерительного комплекса [3].

Основной причиной недоучета является преобладающее влияние систематических погрешностей средств учета, входящих в состав измерительных комплексов (ТТ, ТН, счетчики).

Систематические погрешности возникают в следующих случаях:

– при перегрузке вторичных цепей ТТ устройствами релейной защиты, автоматики, телеметрии и др. (погрешность ТТ может достигать минус 5–10 % и более);

– при перегрузке вторичных цепей ТН (погрешность ТН может достигать минус 2–3 % и более);

– при смещении рабочей точки ТТ и счетчиков в область малых токов из-за использования ТТ одновременно как для измерений электроэнергии, так и для защиты, т.е. с завышенным коэффициентом трансформации ТТ по условиям электродинамической и термической стойкости или защиты шин (погрешность может достигать минус 3–5 % и более);

– из-за потери напряжения в линиях соединения счетчиков с ТН (может достигать минус 1–2 % и более) [2].

Так изменение нагрузки может повлечь существенные изменения погрешностей. В реальных условиях токовые нагрузки ТТ существенно ниже номинальных даже в максимум нагрузки. Это объясняется тем, что выбор номинальных параметров оборудования осуществляется в расчете на рост нагрузок в перспективе. Значение погрешности в зависимости от нагрузки отражено в ГОСТ 7746 и показаны на рисунке 1.

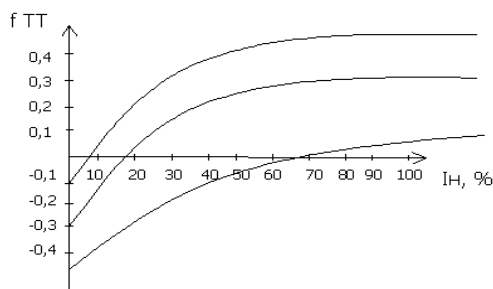


Рисунок 1

Загрузка вторичных цепей ТН, как правило, существенна и часто превышает номинальную. Допустимые погрешности ТН регламентируются ГОСТ 1983 и показаны на рисунке 2 [1].

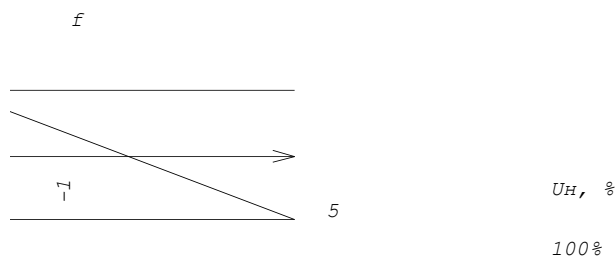


Рисунок 2

Исходя из общепринятых в метрологии методов повышения точности измерений физических величин, можно отметить два принципиальных, но дополняющих друг друга пути повышения точности измерений и достоверности учета электроэнергии на межсистемных потоках.

Первый путь – технологический, основанный на тщательном выборе средств учета (ТТ, ТН, счетчики, УСПД), обеспечении работы ТТ, ТН и счетчиков в оптимальных по точности диапазонах измерений, освобождении вторичных цепей ТТ и ТН от избыточных нагрузок, защите счетчиков от влияния температурных перепадов, постоянного и переменного магнитных полей и др.

Структурный путь требует предварительных исследований: диагностирование погреш-

ностей и других метрологических характеристик ТТ, ТН и счетчиков (определение математического ожидания систематических погрешностей, законов их изменения и др.). После этого он позволяет эффективнее (в 5-10 раз), чем технологический путь, добиться повышения точности измерений и достоверности учета электроэнергии. Структурный путь повышения точности средств электрических измерений широко применяется во всем мире, однако в электроэнергетике России при учете электроэнергии он до сих пор не нашел своего применения [2].

Таким образом, разработка новой методики снижающей коммерческие потери и увеличивающей точность измерений при учете электроэнергии с помощью измерительных комплексов является наиболее приоритетным и не требующим больших вложений финансовых средств мероприятием. Внедрение данной методики учета позволило бы снизить коммерческие потери в различных ситуациях от 4% до 10% электроэнергии, что является весьма существенным результатом если представить их в финансовом эквиваленте.

Список использованных источников:

1. Железко, Ю.С. Расчет и анализ и нормирование коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях [Текст] //Руководство для практических расчетов– Москва: Издательство НЦ ЭНАС, 2007. – С. 68 – 73.
2. Загорский, Я.Т. Метрологическое обеспечение измерений для учета электроэнергии – насущная или ничтожная проблема? [Текст] – Новости электротехники. – №3(21). – 2003. – С. 54 - 58.
3. Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении. РД 34.09.101.94 – М.: СПО ОРГРЭС, 1995

## ПАССИВНЫЙ КОНДИЦИОНЕР - ПЕРСПЕКТИВЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ

Гизбрехт О. А. – студент группы Э-31, Белицын И. В. – к.п.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Пассивный кондиционер выполняет все функции по охлаждению и кондиционированию помещений, что и обычная Сплит система, которая очень часто используется в наших регионах.

Пассивный кондиционер, в отличии от обычной Сплит системы, имеет крайне низкое энергопотребление, 100-150 ватт (как обычная лампочка), которые расходуются на работу циркуляционного насоса и вентиляторов в фанкойле. На один киловатт потраченной электроэнергии можно получить до 50 киловатт холода, что в 10 раз эффективнее любого современного кондиционера. Холодильный коэффициент EER (energy efficiency ratio) для пассивной холодильной машины, работающей, например, через холодные полы/стены может превышать 100.

Срок службы Пассивного кондиционера ограничен лишь сроком службы геотермального контура, который имеет ресурс работы более 50лет. К тому же пассивный кондиционер может работать с открытым окном, что с обычным кондиционером делать не рекомендуется.

Пассивное кондиционирование как система способна понижать температуру в помещении на 4 – 8 °С, затрачивая при этом во много раз меньше электроэнергии по сравнению с классической Сплит системой.

Пассивный кондиционер – так называют систему охлаждения помещений, состоящую из геотермального контура, фэнкойла или «холодных» полов/стен и циркуляционного насоса.

Большим плюсом геотермальной климатической системы является возможность прямого использования подземного холода для охлаждения/кондиционирования дома. В системах с вертикальным внешним коллектором (зондом), охлажденный за зиму грунт вокруг зонда имеет температуру около 5 градусов Цельсия. Летом обычным циркуляционным

насосом теплоноситель прокачивается по зонду, охлаждается, подается в дом и распространяется по фанкойлам или полам / стенам. При этом электроэнергия расходуется только на циркуляцию теплоносителя.

Пассивное кондиционирование как система способна понижать температуру в помещении на 4 – 8 °С, затрачивая при этом во много раз меньше электроэнергии по сравнению с классической Сплит системой.

Геотермальный контур. Геотермальный вертикальный контур представляет собой скважину в земле. Чем глубже скважина, тем больше тепловой энергии можно из нее извлечь.

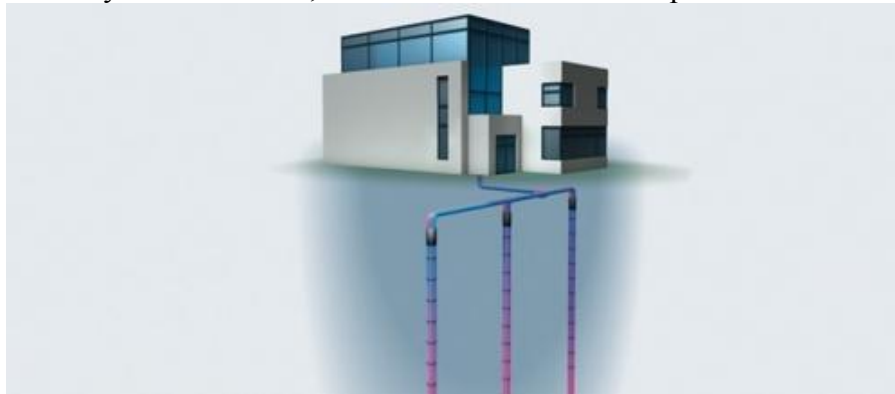


Рисунок 1 - Геотермальный контур

Внутри скважины опускается коллектор из U-образных пластиковых труб. Пластиковые трубы считаются самыми оптимальными. Стоят они дешево, а эксплуатационные качества достаточно хороши, чтобы коллектор прослужил 50 лет. Труба заполнена жидкостью, которая циркулирует в системе. Ее еще называют хладагентом. В обычных тепловых насосах используется специальный незамерзающий хладагент, но в пассивном кондиционере можно использовать обычную воду. Так меньше затраты на эксплуатацию и восполнение случайных потерь.

Обычно именно дороговизна бурильных работ останавливает владельцев загородного жилья перед установкой пассивного кондиционера.

Более дешёвый способ это размещение горизонтального геотермального контура, но для его установки нужна большая площадь.

Скважина в земле – не единственный вариант коллектора для пассивного кондиционера. Также можно опускать коллектор в воду, температура которой достаточна для того, чтобы циркулирующий хладагент остыл хотя бы на 3 – 5 °С. Например, можно опускать коллектор в скважину с холодной водой или в горную реку.

Фанкойлы. Следующим элементом системы, обеспечивающей пассивное охлаждение, являются фанкойлы. Данные агрегаты еще называют «полукондиционеры». Фанкойл состоит из теплообменника, вентилятора, фильтра и блока управления.

Внутри теплообменника циркулирует хладагент/теплоноситель. Вентилятор нагнетает воздух к теплообменнику, где он охлаждается, и выдувает холодный воздух обратно. Фильтр очищает воздух. А блок управления нужен для того, чтобы регулировать температуру воздуха в помещении.

Фанкойлы могут контролировать температуру воздуха в помещении двумя способами: либо регулируя объем подаваемого воздуха, либо объем воды в теплообменнике. Расход воды можно регулировать с помощью специального клапана, который изменяет диаметр поперечного сечения трубы. Таким образом, изменяется поток воды, поступающей в теплообменник.

Система «холодных» полов и стен. Пассивное охлаждение не всегда реализуется с помощью фанкойлов. Например, в помещениях, где нежелательно лишнее движение воздушных масс или шум от вентиляторов фанкойла, можно использовать так называемые холодные стены, потолки или холодные полы.

Система холодных полов практически такая же, как и система «теплый пол». Под напольным покрытием проходят трубы, по которым циркулирует охлажденная жидкость. Таким образом, жидкость охлаждает поверхность пола.

Не меньшей эффективностью обладают холодные стены и потолки. От охлажденного потолка воздух опускается вниз по законам физики, создавая оптимальную температуру в помещении.

Назвать пол, потолок и стены холодными можно лишь условно. Обычно температура этих поверхностей не бывает ниже +15 - +16 °С, чтобы не образовывался конденсат.

Проанализировав литературу по данной теме, было решено взять два основных исполнения пассивного кондиционирования, это:

- система, включающая в себя фанкойлы;
- система «холодных» полов/стен.

Российских производителей данных систем практически нет, поэтому мы решили провести исследование в данном направлении.

А так же, нами было решено разработать 3 систему, на основе отопительной. В производстве для домашнего использования данных конструкций не обнаружено.

Способы уменьшения удельной стоимости внутреннего(в доме) теплообменника:

- упрощение конструкции без понижения эффективности;
- использование более дешёвых материалов;
- замена на недорогую, простую и надёжную электронику собственной разработки.

Способы уменьшения удельной стоимости внешнего контура:

- бурение скважины не на воду;
- бурение скважины с использованием промывки;
- уменьшение диаметра бура под внешний контур;
- увеличение количества скважин с уменьшением глубины бурения;
- укладка горизонтального контура в траншее (если есть возможность);
- установка внешнего контура в водоёме/реке (если есть возможность).
- использование двух неглубоких водяных скважин с откачкой воды (ограничение по мощности внешнего контура только дебетом скважины; применимо в частности для больших площадей кондиционирования).

## АВТОМАТ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Данилов А. А. – студент группы 9Э-91,

Белицын И. В. – к.п.н., доцент, Гутов И. А. – к.т.н., доцент

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

Системы освещения улиц играют важную роль в обеспечении комфорта и безопасности граждан. Перед разработчиками современных систем автоматизированного управления уличным освещением стоят следующие основные задачи [1]:

- обеспечить бесперебойным освещением жилые, общественные и промышленные территории, автотрассы и прочие объекты наземной транспортной инфраструктуры. Под бесперебойным освещением понимают минимальное время от момента выхода ламп из строя до восстановления работоспособности;
- обеспечить экономию электроэнергии, затрачиваемой на освещение;
- обеспечить минимизацию затрат на техническое обслуживание.

Сегодня бесперебойное освещение часто обеспечивается с помощью экономических рычагов: организации, ответственные за уличное освещение, платят штрафы за превышение нормативного количества неисправных ламп на своей территории.

Для повышения экономии электроэнергии, а также снижения эксплуатационных издержек, и повышения уровня автоматизации управления освещения улиц в населенных пунктах предлагается автомат управления освещением. Он состоит из блока управления, пускового

реле, фоторезистора, источника сетевого питания. Для расширения функциональных возможностей он содержит фотоэлектрический источник питания, включенный параллельно сетевому и реле контроля напряжения сети.

Отличительной особенностью устройства является наличие компактного светового источника питания, связанного с основным источником питания от сети параллельно, что, в свою очередь, повышает уровень надежности работы автомата управления освещением (рисунок 1).

При достаточном освещении сопротивление фоторезистора R2 мало и напряжение на инвертирующем входе операционного усилителя (ОУ) DA1 меньше, чем на неинвертирующем. Напряжение же на выходе ОУ близко к напряжению на плюсовом выводе конденсатора C3, и транзистор VT1 закрыт. В таком состоянии ток, протекающий через обмотку реле K1, откроет транзистор VT2, который её зашунтирует. Напряжение на обмотке реле составляет в этом случае 2...4 В, что недостаточно для его срабатывания, а поэтому включенные через его нормально замкнутые контакты лампы освещения гореть не будет [2].

По мере уменьшения освещенности сопротивление фоторезистора R2 возрастает и напряжение на инвертирующем входе ОУ увеличивается. При достижении им уровня, заданного подстроенным резистором R4, ОУ переключается и напряжение на его выходе становится близким к напряжению на минусовом выводе конденсатора C3. Транзистор VT1 открывается, и происходит насыщение. В результате напряжение на эмиттере практически сравнивается с напряжением на коллекторе, что приводит к закрыванию транзистора VT2. Теперь ток питания полностью потечет через обмотку реле K1, оно срабатывает и его замкнувшиеся контакты включают осветительную лампу.

При открытом транзисторе VT2 ток, текущий через этот транзистор и диод VD2, проходит также через стабилитрон VD3. Выделяющееся на нём напряжение 12В используется для питания управляющей части устройства. При закрытом транзисторе VT2 почти весь ток обмотки реле K1 продолжает питать этот узел, и лишь малая его часть проходит через резистор R6 и выход ОУ DA1.

Резистор R5 исключает многократные включения и выключения осветительной лампы при небольших изменениях освещенности в зоне срабатывания автомата. Конденсатор C1 устраняет сетевые наводки и замедляет срабатывание автомата, уменьшает вероятность выключения лампы при кратковременном освещении фоторезистора, например, светом фар проходящих автомобилей.

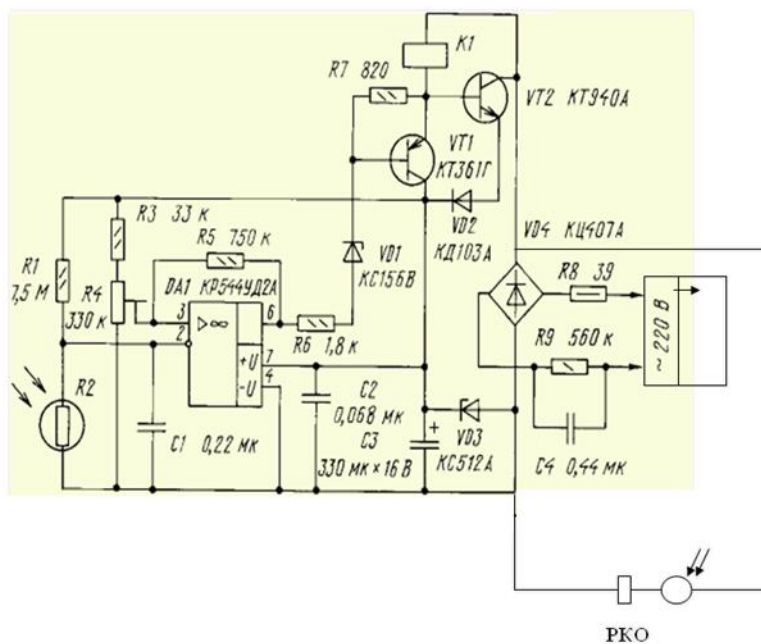


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема устройства управления уличным освещением

Стабилитрон VD1 обеспечивает четкое закрытие транзистора VT1, а диод VD2 – транзистора VT2. Резистор R3 не позволяет при подстройке уровня срабатывания автомата превысить максимально допустимое синфазное напряжение на входе ОУ, выше которого он уже не будет работать.

В автомате было применено реле типа РПУ-2 с сопротивлением обмотки 4,5 кОм и рабочим напряжением 110 В. Оно имеет по две пары замыкающих и размыкающих контактов, ток через каждую пару может по оценке автора достигать 10 А. Емкость конденсатора С4 была подобрана для обеспечения номинального напряжения на обмотке при закрытом транзисторе VT2. Устройство сохраняет работоспособность при емкости С4 в пределах 0,22...0,47 мкФ.

Здесь использован фоторезистор ФСД-Г1, чем объясняется высокое сопротивление резистора R1. Если применить фоторезистор ФСК-Г1 или СФ2-5, сопротивление резистора R1 нужно будет уменьшить примерно до 1 МОм, а емкость конденсатора С1 -увеличить до 2,2 мкФ.

При такой же замене фоторезистора [3] можно в качестве ОУ DA1 установить К140УД6 или К140УД7. Транзистор VT1 - любой кремниевый маломощный структуры р-n-p (например серий КТ361, КТ502 или КТ3107 с любым буквенным индексом). Хотя при работе автомата напряжение на транзисторе VT2 не превышает 110 В, в момент включения устройства в сеть к нему может быть приложено полное амплитудное напряжение сети - около 300 В, поэтому его допустимое напряжение коллектор-эмиттер должно быть не менее указанной величины. Подойдут КТ506А(Б), КТ604А(Б, АМ, БМ), КТ605А(Б, АМ, БМ), КТ850Б, КТ854А(Б), КТ859А.

Стабилитрон VD1 - любой малогабаритный на напряжение 4,7...7,5 В, VD3 - на напряжение стабилизации 11...15 В и ток не менее рабочего тока реле К1 с запасом 50% (для РПУ-2 - 25...30 мА), например, Д814Г, КС512А, КС512Б, КС515Г. Диодный мост КЦ407А может быть заменен на четыре любых диода на напряжение не менее 300 В. Конденсатор С3 - импортный аналог К50-35.

Все элементы устройства размещены на печатной плате размерами 60 x 60 мм .Плата рассчитана на установку двух конденсаторов К73-17 0,22 мкФ 630 В в качестве С4. Их рабочее напряжение должно быть не менее 400 В, можно также использовать К73-16. Резисторы - типа МЛТ (R1 - С1-4 0,25 Вт или КИМ-0,125), подстроечный резистор R4 - СПЗ-19.

Выводы обмотки реле отсоединены от контактных ламелей и подпаяны к соответствующим штырькам платы, в качестве которых использованы контакты диаметром 1 мм от разъема 2РМ. К освободившимся ламелям подключены проводники питания 220 В платы, фоторезистор подключен двумя свитчами проводами непосредственно к контактам платы.

Кроме обычного источника питания от сети автомат управления освещением имеет источник питания от солнца, т.е. солнечную батарею (фотоэлектрический источник питания). Эти два источника питания подключены параллельно друг другу. Принцип действия заключается в том, что днем солнечная батарея заряжается от солнца, т.е. накапливает электроэнергию. А когда наступает ночь или темное время суток, солнечная батарея растрчивает данную энергию на работу установки. Но так как в светлое время суток погода может быть пасмурной, солнце может быть закрыто облаками, т.е. на солнечную батарею не поступает солнечная энергия. В этом случае на помощь приходит другой источник питания – источник питания от сети, который способствует дальнейшей работе автомата управления освещением.

Прототипом автомата управления освещением является автомат управления освещением без фотоэлектрического источника питания. Недостатком прототипа является его неэкономичность. Данное же изобретение позволяет экономить электроэнергию и, следовательно, материальные ресурсы. Оно может применяться в различных местах. Например как уличное освещение или на маяках. Если на маяках применять данный автомат управления освещением, то можно будет реже подзаряжать генератор от которого работает маяк, что позволит сэкономить средства.



Список использованной литературы:

1. Шелестов И. П. Радиолюбителям: полезные схемы / И. П. Шелестов.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Солон, 1998. — 411 с.
2. Леденев, Г. Л. Автоматическое управление уличным освещением / Г. Л. Леденев // Радиолюбитель. — 1997. — № 5. — С. 31–33..
3. Васильев, А. А. Автоматическое управление уличным освещением / А. А. Васильев // Радио. — 1987. — № 12. — С. 41 – 43

## ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ «РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ»

Казымов И. М. – студент группы Э-21, Гутов И. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время обучение студентов уже невозможно представить без различных обучающих программ, которые позволяют как проверить результаты уже выполненных расчётов, так и понять сам принцип их выполнения. Среди обучающих программ можно выделить несколько видов: программы-тренажёры, виртуальные лабораторные практикумы и электронные учебные пособия.

Применение виртуальных практикумов необходимо в дисциплинах, где встречаются в большом количестве разного рода расчёты по различным исходным параметрам для того, чтобы студент мог проверить себя, либо выполнить расчёты напрямую на ЭВМ.

Обычно обучающие программы не позволяют выполнять расчёты в широких пределах, а ограничиваются лишь узким алгоритмом, заложенным в исходный код, из-за чего сфера их применения ограничивается ещё сильнее, такие программы не обеспечивают должным образом обучение студентов в силу того, что позволяют выполнить слишком малый объём операций и предназначены для выполнения узкоспециализированных расчётов.

В связи с этим возникла необходимость создания программы, которая будет полностью раскрывать заявленную тему, будучи при этом лёгкой в освоении, с простым и интуитивно понятным интерфейсом, но в то же время широким функционалом и хорошей информативностью.

Такая программа должна содержать в основном функциональную часть, размещая на экране лишь необходимую информацию, чтобы студент мог ввести свои данные и получить на их основании расчёт всех параметров, с некоторыми комментариями в виде выводов, например, соотношения параметров схемы замещения.

На первом этапе работы был разработан интерфейс, который предельно прост и в то же время информативен, так как сама суть программы исключает различные меню и тонкие настройки. Программа создана для обучения студентов, так что она должна быть готова к использованию в любой момент, не требуя каких-либо настроек, а так же выводить всю необходимую информацию напрямую на экран, чтобы упростить использование.

Второй этап – создание различных контекстных меню, содержащих важную информацию по теме программы, например, справочные данные трансформатора, с целью сделать доступ к ним простым и лёгким, не требующим дополнительной справочной литературы. Так же присутствует список литературы, в которой студент может посмотреть более подробную информацию по данной теме. Наряду с этим, присутствуют так же теоретический материал, паспортные данные некоторых трансформаторов, сведения об использованной литературе, разделы «О программе» и «Обратная связь».

Для полного освоения студентом данной темы в программе присутствует возможность наблюдать за все всем процессом расчёта, а не только видеть исходную формулу и результат, то есть посмотреть, какие из введённых значений подставляются в расчётные формулы, что позволяет изучить и понять процесс более досконально, чтобы в дальнейшем студент мог воспроизвести его без ошибок и без специальной программы.

Результаты выводятся не только на экран, но и записываются в виде таблицы в файл формата «\*.csv», который так же содержит информацию о студенте, работавшим с программой (Ф.И.О., группа, время начала и окончания работы с программой).

Таким образом, такая программа не только поможет студентам проверить или выполнить свои задания, но и тщательно разобраться в самом процессе расчёта

Интерфейс программы представлен на рисунке 1.

Перед расчётом имеется возможность выбрать тип трансформатора. В данной программе представлены пять типов трансформаторов: трёхфазные двухобмоточные, двухобмоточные с расщепленной обмоткой; трехобмоточные; автотрансформаторы трёхфазные, однофазные. После выбора трансформатора будет показана его схема замещения.

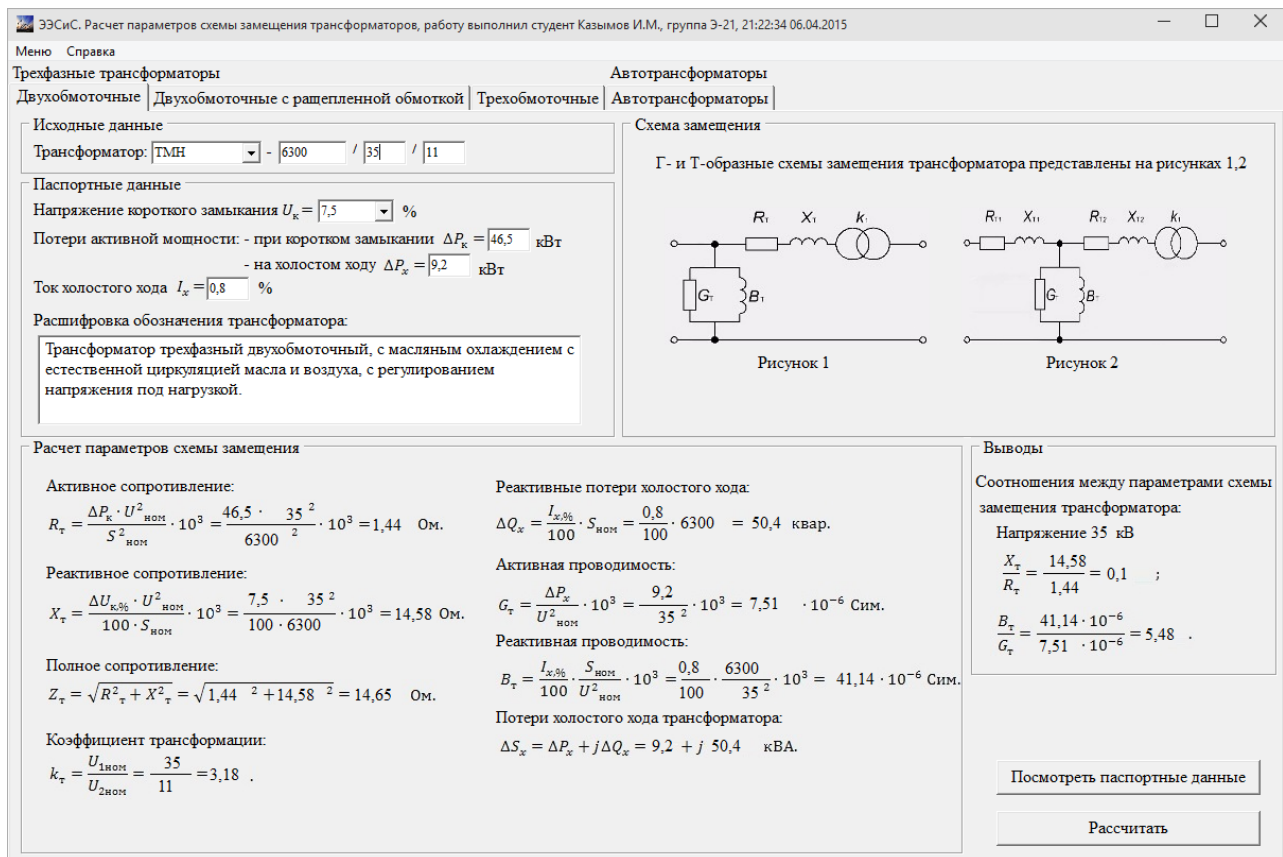


Рисунок 1 – Окно разработанной программы

Далее от пользователя потребуется ввести исходные данные. Исходными данными для расчёта параметров схемы замещения трансформатора являются: тип трансформатора; номинальная мощность; номинальное напряжение; паспортные данные. Паспортными данными трансформатора являются: напряжение короткого замыкания; потери активной мощности при коротком замыкании и на холостом ходу; ток холостого хода. Паспортные данные некоторых трансформаторов можно посмотреть, нажав кнопку «Посмотреть паспортные данные».

После нажатия кнопки «Рассчитать» будет произведён расчёт, показана промежуточная стадия расчёта и сделаны выводы о соотношении параметров схемы замещения данного трансформатора.

Таким образом, можно увидеть процесс и результаты расчёта, расшифровку буквенного обозначения, выводы и научиться методике расчётов.

Область применения программы довольно широка: она может быть использована как виртуальный лабораторный практикум для расчётов и их проверки студентом непосредственно на практическом занятии, так и использоваться на личном компьютере студента в роли

вспомогательной программы при выполнении различных лабораторных и курсовых работ.

Программа предназначена для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», изучающими дисциплину «Электроэнергетические системы и сети». Она может быть использована как для студентов очной, так и заочной или дистанционной форм обучения. Эта программа нужна для разъяснения и показа в наглядной форме процесса расчёта параметров схем замещения трансформаторов и автотрансформаторов.

## ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АСКУЭ

Кожевникова К. В. – студент группы 8Э-41, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одним из немногих видов продукции, передача которой не требует никаких дополнительных ресурсов, является электроэнергия. Однако это такой вид продукции, который отпускается потребителю в одном количестве, а оплата производится по факту потребления. Передача электроэнергии от производителя к потребителю всегда влечёт за собой определенные потери, которые могут быть следствием транспортировки или хищения электроэнергии потребителями, а также пониженного качества электрической энергии. Электрические потери – это, в первую очередь, финансовые убытки, которые несёт сетевая компания. Фактические потери можно определить, как разность между поступлением (поставкой) электрической энергии в электрическую сеть и отпуском электрической энергии из сети, а также объемом электрической энергии, потребленной энергопринимающими устройствами и субъектами. Одна из важнейших проблем лежит в несовершенстве установленной системы учёта электрической энергии.

Учёт электрической энергии производится с помощью электрического счётчика, который измеряет расход электроэнергии переменного и постоянного тока. Разобраться на предприятии с потреблением энергоресурсов, научиться работать с минимальными затратами на их потребление, можно только обладая необходимым инструментом – системой автоматического учёта. Автоматизированная система контроля и учёта электроэнергии – это способ получения точных данных по энергопотреблению и обеспечение постоянной экономии энергоресурсов и финансовых затрат. Обеспечивает действующий контроль текущей нагрузки, отпуск электроэнергии или коммерческий и технический учет потребления. Средства АСКУЭ обеспечивают построение и эксплуатацию сложных, многоуровневых систем коммерческого учёта энергоресурсов, включающих в себя поставщиков, потребителей и перепродавцов электрической энергии. Использование средств АСКУЭ обеспечивает целостность, достоверность и защиту информации от несанкционированного доступа. Энергосбережение, это прежде всего учёт электроэнергии, притом непростой, а автоматический. Автоматический учёт более расширенный, полный, верный и оперативный, позволяет проводить наиболее актуальные мероприятия по энергосбережению, управлять потреблением энергоресурсов в диспетчерском режиме, что немаловажно в современном мире, а также осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины. Преимущество такой системы заключается в управлении и контроле в дистанционном режиме, что существенно уменьшает потери электроэнергии.

АСКУЭ позволяет повысить оперативность и достоверность информации, качество учёта энергоресурсов, обеспечивает контроль перегрузки, а также позволяет уменьшить потери электроэнергии.

Функции автоматизированной системы контроля и учёта электроэнергии:

- учёт потерь энергии в схемах соединений;
- автоматизированный контроль и измерение параметров;
- единовременное предоставление данных по всем точкам измерения;
- формирование отчётов для расчётов и анализа;

- контроль работоспособности приборов учёта и вычислительного оборудования;
- хранение параметров учёта в базе данных устройства;
- измерение объёмов и параметров качества поставки/потребления энергоресурсов;
- сбор и учёт данных по каждому счётчику индивидуально;
- расчёт баланса объекта и системы в целом;
- вывод расчётных параметров на устройство печати;
- оперативный мониторинг и контроль нагрузок в реальном времени.

При подключении расчётных счётчиков обязательно используются трансформаторы напряжения и тока, но следует учитывать, что их класс точности должен быть не более 0,5. Коэффициент трансформации – это отношение первичной обмотки трансформатора тока к вторичной обмотке. Данный коэффициент выбирается по расчётному току присоединения. Значение расчётного тока присоединения не должно превышать номинальный ток трансформатора тока. При завышении коэффициента трансформации трансформатора тока, счётчик будет считать электроэнергию с классом точности, не гарантированным заводом-изготовителем. Трансформатор тока, у которого при минимальной расчётной токовой нагрузке присоединения ток во вторичной обмотке менее 0,1 А, будет считаться завышенным по коэффициенту трансформации

Проверку можно осуществить по данной формуле.

$$\frac{I_{p \text{ мин}}}{K_{ТТ}} > I_{\text{мин}}$$

где  $I_{\text{мин}}$  – минимальный ток счётчика, при котором он не выходит из класса точности;  
 $K_{ТТ}$  – коэффициент трансформации выбранного трансформатора тока;  
 $I_{p \text{ мин}}$  – минимальный расчётный ток присоединения, А;  
 Нагрузка от приборов определяется по их каталожным данным.  
 Нагрузку от проводов определяют по следующей формуле:

$$R_{\text{пр.}} = \frac{l}{\gamma S}$$

где  $\gamma$  – удельная проводимость, м/Ом·мм<sup>2</sup> (57-медь, 34-алюминий);  
 $S$  – сечение провода, мм<sup>2</sup>;  
 $l$  – длина провода, м.

Для проверки по расчётной вторичной нагрузке трансформатора тока производится по формуле:

$$Z_{\text{ВТОРН}} > Z_{\text{НАГР.}}$$

$$Z_{\text{НАГР.}} \approx R_{\text{НАГР.}} = R_{\text{ПРИБ.}} + R_{\text{ПР.}} + R_{\text{КОНГ.}}$$

где  $Z_{\text{ВТОРН}}$  – вторичная номинальная нагрузка трансформатора тока, Ом (ВА);  
 $Z_{\text{нагр.}}$  – нагрузка от последовательно включенных приборов  $R_{\text{приб}}$ , проводов  $R_{\text{пр}}$  и контактов  $R_{\text{конг}}$ , Ом (ВА).

Нагрузка от контактов (суммарное сопротивление контактов) определяется из расчёта 0,015 Ом/прибор плюс 0,005 Ом на каждый дополнительно установленный прибор.

Следующим этапом является выяснение того, какая именно система АСКУЭ подходит для организации энергоучёта в определённом населённом пункте, выполняется расчёт затрат для внедрения и проводится анализ потерь до установки и после установки системы.

При этом следует обратить внимание на такие важные влияющие факторы как:

- наличие сотовой связи;
- количество жителей в данном населённом пункте;
- безопасность;
- протяжённость населённого пункта;
- количество КТП;

– экономические показатели.

Далее выполняется расчёт эффективности создания АСКУЭ. В условиях недостаточности данных для точной оценки экономии, предлагается эмпирическая формула, где половина экономии от внедрения энергосберегающих мероприятий относится на счёт АСКУЭ. Такую экономию принято называть условной.

$$\mathcal{E} = 0,1 \mathcal{E}3/2 \mathcal{E}$$

где  $\mathcal{E}$  – величина экономии;

$\mathcal{E}3$  – платежи за энергоресурсы в год;

0,1 или 10% от уровня существующих затрат – достижимый потенциал энергосбережения за счёт среднесрочных энергосберегающих мероприятий.

Для определения верхней допустимой границы инвестиций в мероприятия по снижению издержек и созданию АСКУЭ предлагается эмпирическая формула:

$$И = 3 * \mathcal{E}$$

где И – общая величина инвестиций, 3 года – средний срок окупаемости предлагаемых энергосберегающих мероприятий.

При этом максимально допустимые затраты на создание АСКУЭ не должны превышать 0,5И, а вторая половина средств должна направляться на реализацию организационных и технических энергосберегающих мероприятий.

Таким образом, дальнейшее совершенствование технологий учёта электроэнергии напрямую связано с повышением точности приборов учёта.

#### Список использованных источников

1. Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях РМ-2559. – Утверждена и введена в действие с 1 октября 1997 г., указанием Москомархитектуры от 06 08 97 г., № 31.

#### ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЛИНИЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 кВ

Послов А. Н., Козлов Ф. С. – студенты группы Э-02, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент,  
Танькин И. Ю. – ведущий инженер ГИК

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)  
Филиал ОАО «МРСК Сибири» - «Алтайэнерго» (г. Барнаул)

Острая необходимость в организации коммерческого учёта электроэнергии возникла в связи с многократно увеличивающимся объёмами краж электроэнергии не только в частном секторе, но и в крупномасштабных производствах, приводящих к крупным убыткам энерго-снабжающей организации.

Исследования в этом направлении актуальны не только в нашем регионе, но и во всей стране. По оценкам экспертов только за 2010 год потери электроэнергии составили около 130 млрд. кВт\*ч. Большинство потерь является прямым следствием недоучёта и хищения электроэнергии. Только по официальным данным каждый год в России разворовывается порядка 10% электроэнергии, но реальное число гораздо больше.

Структура фактических потерь электроэнергии состоит из многих составляющих. В настоящее время при классификации потерь электроэнергии более часто употребляется термин «технологические потери электроэнергии», определение которого установлено Приказом Минэнерго РФ от 30.12.08 № 326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям». Собирательное выражение «коммерческие потери электроэнергии» на сегодняшний день не закреплено в законодательстве, но встречается в отраслевых нормативно-технических документах. В одном из них под коммерческими потерями понимается разность между отчетными и техническими потерями, при этом «техниче-

скими потерями электроэнергии» считается весь «технологический расход электроэнергии на её транспорт по электрическим сетям, определяемый расчётным путём»[2].

Мероприятия по снижению коммерческих потерь электроэнергии можно условно разделить на две группы:

- организационные, повышающие точность расчётов показателей баланса электроэнергии, в т.ч. полезного отпуска потребителям.
- технические, в основном связанные с обслуживанием и совершенствованием систем учёта электроэнергии.

К основным техническим мероприятиям, направленным на снижение коммерческих потерь электроэнергии, следует отнести следующие:

- инвентаризация измерительных комплексов электроэнергии, маркирование их знаками визуального контроля, пломбирование электросчётчиков, измерительных трансформаторов, установка и пломбирование защитных кожухов клеммных зажимов измерительных цепей;
- замена счётчиков электроэнергии и измерительных трансформаторов на приборы учёта с повышенными классами точности;
- установка приборов учёта на границах балансовой принадлежности, в т.ч. пунктов учёта электроэнергии на границе раздела балансовой принадлежности, проходящей по линиям электропередач;
- совершенствование расчётного и технического учёта электроэнергии;
- установка приборов учёта за пределами частных владений;
- замена «голых» алюминиевых проводов ВЛ – 0,4 кВ на СИП, замена вводов в здания, выполненных голым проводом, на коаксиальные кабели;
- внедрение автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого учёта электроэнергии (АИИС КУЭ), как для промышленных, так и для бытовых потребителей.

Одним из перечисленных технических мероприятий завод радио и микроэлектроники пытается помочь электроснабжающей организации решить проблему коммерческих потерь электроэнергии создавая оборудование с использованием новых методов и способов организации учёта электроэнергии. Например, рассматриваемый метод осуществляется путём отдаления от потребителей счётчиков электроэнергии на максимально допустимое расстояние.

Нововведение завода РиМ – интеллектуальный прибор учёта электроэнергии РиМ 384.0х/2

Интеллектуальные приборы учёта электроэнергии РиМ 384.01/2, РиМ 384.02/2 (далее – ИПУЭ) – являются многофункциональными приборами и предназначены для измерения активной, реактивной и полной электрической энергии, а также активной, реактивной и полной мощности, фазного тока и линейного напряжения в трехфазных трехпроводных электрических сетях переменного тока промышленной частоты с изолированной нейтралью напряжением 6/ 10 кВ в зависимости от исполнения.

Технические особенности:

- размещение непосредственно на ЛЭП 6/10 КВ (защита от хищения);
- ИПУЭ выполняют архивирование показаний в журналах;
- работа как автономно, так и в составе АИИС КУЭ;
- защита данных и параметров ИПУЭ выполнена с помощью 2-х уровневого пароля;
- высокая устойчивость к механическим, климатическим, а также электромагнитным воздействиям;
- осуществляет контроль качества электрической энергии по установившемуся отклонению напряжения и частоты по ГОСТ13109-97, ГОСТ Р51317.4.30-2008;
- при фиксации ИПУЭ события «Превышение установленного порога мощности нагрузки» (УПМк), ИПУЭ кроме отправки SMS сообщения, отправляет сообщение по служебному радиоканалу RF1, которое может использоваться для реализации функции отключения нагрузки потребителя;

- ИПУЭ имеют тарификатор, работающий по сигналам времени спутников GPS/GLONASS, и реализуют многотарифный учет активной электрической энергии по временным тарифным зонам;

- для конфигурирования, параметрирования и локального обмена данными в ИПУЭ используются: интерфейс RF1, который совместно с МТ работает на расстоянии до 100 м от ИПУЭ; GSM/GPRS модем [3].

Измерение мощности по схеме Арона.

В симметричной трёхфазной цепи достаточно одного ваттметра, включенного на измерение мощности одной из фаз. Для определения мощности всей цепи его показание необходимо утроить.

В несимметричной трёхфазной цепи в общем случае необходимо использовать три ваттметра, подключая их к каждой из фаз. Мощность всей цепи получают арифметической суммой показаний всех ваттметров. При этом должен быть обеспечен доступ к нейтральной точке электроприёмника либо источника. При отсутствии такового создают искусственную нейтральную точку, соединяя цепи напряжения ваттметров в звезду (рисунок 3) и выдерживая условия её симметрии. Схема трёх приборов универсальна: работает в любой трёхфазной цепи, в симметричном и несимметричном режимах.



Рисунок 1 – Внешний вид ДИЭ РиМ 384.01

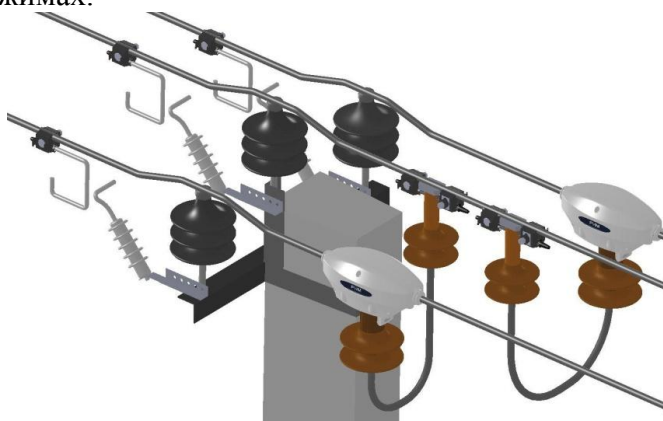


Рисунок 2 – Установка ИПУЭ на опоре ВЛ совместно с устройством защиты от перенапряжений типа УЗПН

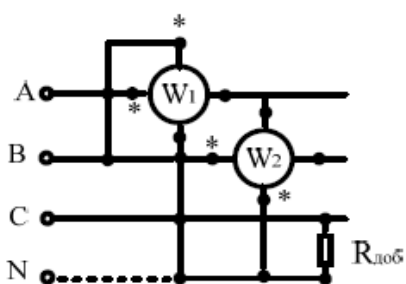


Рисунок 3 – Схема использования трех ваттметров с созданием искусственной нейтральной точки

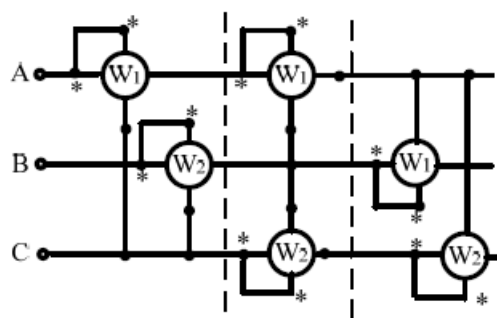


Рисунок 4 – Варианты схем двух ваттметров (I, II, III)

Однако в трёхпроводных трёхфазных цепях (без нейтрального провода) существует возможность вместо трёх ваттметров использовать только два, что даёт выгодный экономический эффект. Схема двух ваттметров называется по фамилии её автора – схема Арона. На рисунке 4 показаны три тождественных варианта (I, II, III) включения ваттметров по схеме Арона.

В такой цепи мгновенная мощность, а, следовательно, и её среднее значение за период, т.е. активная мощность, могут быть выражены через любые два линейных тока и напряжения. Например, для варианта (II) на рисунке 4:

$$p(t) = u_{ab}i_a + u_{cb}i_c = (u_a - u_b)i_a + (u_c - u_b)i_c =$$

$$= u_a i_a + u_c i_c - u_b (i_a + i_c) \quad (1)$$

так как:

$$-(i_a + i_c) = i_b \quad (2)$$

$$p(t) = u_a i_a + u_b i_b + u_c i_c \quad (3)$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = U_{ab} I_a \cos(\widehat{U_{ab} I_a}) + U_{cb} I_c \cos(\widehat{U_{cb} I_c}) = P_1 + P_2 \quad (4)$$

где P1, P2 – показания двух ваттметров.

Следует отметить, что показания ваттметров зависят от характера нагрузки и в общем случае – даже в симметричной цепи – неодинаковы и могут иметь разный знак, т.е. они должны суммироваться алгебраически [5].

Список использованных источников:

1. ПКУ-СК Пункты Коммерческого Учёта 6-10 кВ [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://www.sibkomplekt.ru/catalog/11/>
2. Пункт Коммерческого Учёта электроэнергии Столбовой ПСС-10-ПУ [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://www.vakuum.ru/catalog/proizvodstvo-i-izgotovlenie/pu/pss10pu>
3. Интеллектуальный прибор учёта электроэнергии РиМ 384.0х/2 [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : [http://www.zao-rim.ru/cat\\_cnt\\_rim384](http://www.zao-rim.ru/cat_cnt_rim384)
4. РД 153-34.0-09.166-00 «Типовая программа проведения энергетических обследований подразделений электрических сетей АО-энерго», СПО ОРГРЭС, 2000
5. Громов, В. В. Измерение активной и реактивной мощности в трёхфазной цепи [Текст]: учеб. электронное текстовое издание/ В.В. Громов, А.Л. Веницкий, О.Н. Медунина. – Екатеринбург: Издательство ГОУ-ВПО УГТУ-УПИ, 2009. – 9 с.

## ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Кучеренко В. И. – студент группы Э-11, Белицын И. В. – к.п.н., доцент

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

По всей территории России зимой приходится обеспечивать подогрев воздуха в помещениях, где живут или работают люди. Естественной является жесткая конкуренция на рынке отопительного оборудования, а так как выбор лозунгов не очень велик, все говорят одно и то же: цена, качество, экология и энергосбережение.

Система теплоснабжения — совокупность технических устройств, агрегатов и подсистем, обеспечивающих приготовление теплоносителя, его транспортировку и распределение в соответствии со спросом на теплоту по отдельным потребителям. Последними являются системы отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, а также технологические установки промышленных предприятий.

Все системы теплоснабжения можно объединить в группы по следующим признакам: по степени централизации, по режиму работы (круглогодичные и сезонные), по виду вырабаты-



ваемого и отпускаемого теплоносителя, по способу подачи воды на горячее водоснабжение, по количеству трубопроводов тепловой сети.

В зависимости от размещения источника теплоты по отношению к потребителям системы теплоснабжения разделяются на децентрализованные (автономные) и централизованные [1].

Нагрев воды является термодинамическим процессом с использованием источника энергии, целью которого является повышение температуры воды выше ее начальной. Типичными целями нагрева воды в домашних условиях являются: приготовление пищи, уборка, купание, и отопление помещений. В промышленности, основные продукты нагревания воды – собственно горячая вода и пар, имеют множество применений.

Основная градация водонагревателей происходит по источнику нагрева. В рамках этого фактора существует следующие типы водонагревателей: электрические водонагреватели; газовые водонагреватели; водонагреватели на топливе; водонагреватели, работающие на энергии солнца; водонагреватели комбинированного типа.

Техническая политика большинства развитых стран на сегодняшний день включает в себя возможность максимального использования гелиотехнологий, работающих на энергии солнца и на использовании водорода в качестве топлива для автомобилей и ТЭЦ. Но уже давно известно, что солнечная энергия, хотя и достается бесплатно, при существующих дорогостоящих технологиях имеет низкую эффективность. Она не способна полноценно заменить традиционные виды топлива. А сжигание водорода вновь приводит к уничтожению атмосферы земли в тех же объемах, что и бензин. Выделение большого количества пара и воды при сгорании водорода вызывает парниковый эффект, опять-таки нарушающий хрупкое равновесие нашей природы. Не говоря уже о трудоемкости производства водорода и сомнительной его экологичности.

Что же нам остается? Энергия воздуха и воды, но без изменения их природного состояния. Поэтому сейчас предлагают широко использовать проверенные на практике новые способы и устройства для производства тепловой и электрической энергии. Это вихревой теплогенератор, работающий на воде, и вихревой двигатель, работающий на воздухе.

В вихревом теплогенераторе вода при работе очищается от вредных микробов и бактерий. Эффективность вихревого теплогенератора выше, чем у любого известного электрического или ядерного источника тепловой энергии. А эффективность вихревого двигателя достигает 97% против 40% эффективности Д. В. С., 34% - атомных станций, 12% - солнечных батарей.

Основные достоинства вихревого теплогенератора заключаются в следующем:

- обеспечивает значительную (до 200 ° С) разность температур между «холодным» и «горячим» газом, работает даже при низком входном давлении;
- работает с эффективностью до 92%, не нуждается в принудительном охлаждении;
- преобразует весь поток на входе в один охлаждающий, благодаря чему практически исключена вероятность перегрева систем отопления;
- используется энергия, вырабатываемая в вихревой трубки единым потоком, что способствует эффективному нагреву природного газа при минимальных тепловых потерях;
- обеспечивает эффективное разделение вихревой температуры входного газа при атмосферном давлении и выходного газа при отрицательном давлении.

Такое альтернативное отопление при практически нулевой затрате вольт отлично нагревает помещение от 100 квадратных метров (в зависимости от модификации).

Главные минусы: высокая стоимость и редкое применение на практике.

Вихревые теплогенераторы (ВТГ) – это тепловые устройства гидродинамического типа, применяющиеся в качестве автономных источников отопления и ГВС.

В качестве приводов ВТГ могут применяться не только электродвигатели, но и любые другие двигатели (дизельные, бензиновые), а также, использоваться энергия ветра или энергия воды горных рек.

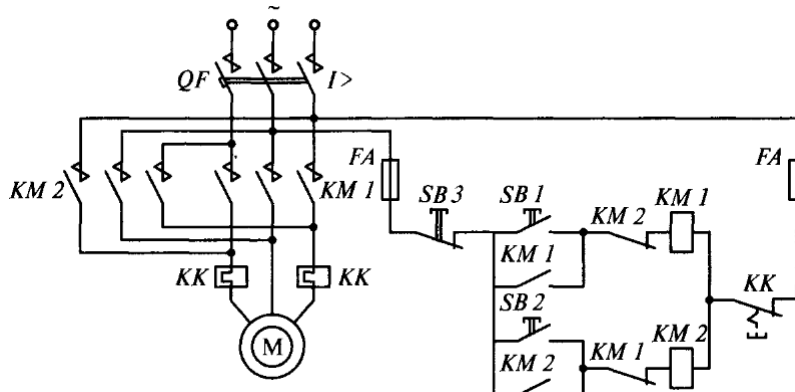
Конструктивные разновидности теплогенераторов: пассивные тангенциальные; пассивные аксиальные; активные. [2]

Был произведен анализ типов и конструкций вихревые теплогенераторов, в результате которого предложена их классификация в зависимости от способа возникновения кавитации. В пассивные тангенциальные теплогенераторах теплоноситель под давлением подается в специальную камеру, в которой из-за значительного гидродинамического сопротивления и специальной конструкции возникает кавитация.

Аналогично действует и пассивные аксиальные теплогенераторы, в отличии от предыдущего типа впуск в камеру осуществляется не тангенциально, а аксиально.

В активных теплогенераторах кавитация возникает благодаря движению подвижных частей – дисков (специальной формы) в теплоносителе.

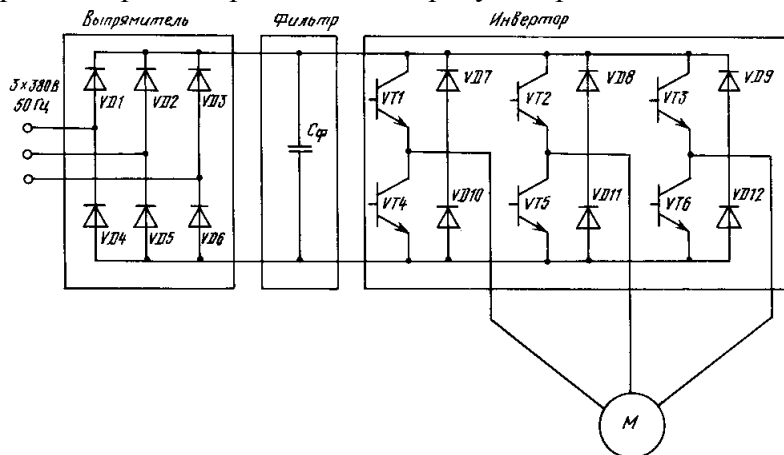
Для управления двигателем, осуществляющим вращение дисков, предложено использовать классическую схему реверсивного управления, представленную на рисунке 1. Основными элементами которой является два линейных контактора КМ1, КМ2, для защиты от перегрузки и неполнофазных режимов предназначены тепловые реле КК. [3]



КМ1, КМ2 – линейные контакторы, КК – тепловое реле, SB1, SB2 – кнопки включения, SB3 – кнопка торможения, QF – автоматический выключатель, FA – предохранитель

Рисунок 1 – Схема управления асинхронным двигателем с использованием реверсивного магнитного пускателя

Для изменения скорости вращения дисков предложена схема изменения частоты на основе силовых транзисторов (рисунок 2). На первом этапе по схеме Ларионова происходит выпрямление переменного трехфазного тока в постоянный. Фильтр не позволяет нелинейным элементам влиять на качество электроэнергии. Инвертор преобразует постоянное напряжение в импульсное необходимой частоты с помощью двух транзисторов на каждой фазе, для защиты транзистора от обратного тока предусмотрен диод.



Сф – емкость фильтра, VT1-VT6 – транзисторы, VD1-VD12 – диоды,  
M – трехфазный асинхронный электродвигатель

Рисунок 2 – Электрическая схема изменения частоты

Основным силовым элементом частотного регулятора являются парные силовые транзисторы. Наиболее подходящим для нас являются, биполярный транзистор с изолированным затвором из-за своего основного преимущества — высокой рабочей частоты и встроенного драйвера [4].

Электромеханические устройства для нагрева воды еще не приобрели своей массовости и популярности. О них малоизвестно, исследования в этой области малодоступны. Не смотря на это, вихревые теплогенераторы обладают неоспоримыми преимуществами по сравнению с другими видами водонагревателей, что может помочь им выйти на один уровень с наиболее популярными видами теплогенераторов.

Список использованных источников:

1. Кудинов, А. А. Основы централизованного теплоснабжения [Текст] : учебное пособие / Кудинов А. А., Зиганшина С.К. - Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2007. – 136 с.
2. Вихревой теплогенератор для систем электроснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=1946](http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=1946)
3. Ильинский, Н. Ф. Основы электропривода [Текст] : учебное пособие для вузов / Н. Ф. Ильинский. – 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Издательство МЭИ, 2003. – 224 с.
4. Моин, В. С. Стабилизированные транзисторные преобразователи [Текст] / В. С. Моин. – Москва : Энергоатомиздат, 1986. – 376 с.

## МЕТОДИКА ВЫБОРА КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ЩИТОВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД В СЕТИ 0,4 кВ

Лебедева А. А. - студент группы 8Э-41, Грибанов А. А. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одной из особенностей населённых пунктов является большое сосредоточение объектов энергетики на сравнительно малой территории. Установки собственных нужд являются важным элементом электростанций и подстанций. Повреждение в системе собственных нужд неоднократно приводило к нарушению работы электростанций и к аварийному состоянию энергосистем. Питание, защита и резервирование потребителей собственных нужд напряжением 380 В и частотой 50 Гц производится с помощью щита переменного тока или щита собственных нужд (далее ЩСН). ЩСН обеспечивает селективную защиту от однофазных, межфазных замыканий, перегрузки [1].

В настоящее время выбор коммутационных аппаратов для ЩСН 0,4 кВ объектов энергетики заключается в выборе автомата с номинальным током, соответствующим данной нагрузке и в определении уставки тока и времени срабатывания (в порядке возрастания по направлению к источнику питания). Однако, в некоторых случаях выполнение этих условий не является достаточным, что влечёт за собой несрабатывание защиты или не правильная её работа. Причинами сбоя могут быть:

- неселективная работа устройств защиты
- их недостаточная чувствительность
- ложное срабатывание при максимальном пусковом токе [2].

Последствия неправильной работы защиты могут быть значительными, одним из которых является перегрев кабеля, ведущий к его возгоранию.

Для решения описанной выше проблемы был выполнен комплекс исследований, целью которого являлось повышение надёжности работы щита переменного тока. В результате был разработан метод расчёта, включающий в себя комплексный подход к выбору коммутационных аппаратов и кабелей в ЩСН 0,4 кВ. Были учтены все возможные факторы, влияющие на неправильную работу защит.

Основа метода заключается в нахождении максимальных и минимальных токов короткого замыкания (далее КЗ). Токи КЗ необходимы для проверки выбранного автоматического выключателя на отключающую способность и на чувствительность.

Автоматический выключатель включает в себя тепловой и электромагнитный расцепители, отвечающие за отключение линии при перегрузке и токе КЗ соответственно. Зависимость времени срабатывания расцепителей от тока КЗ представлена на рисунке 1.

Каждый элемент выключателя рассматривается отдельно.

Уставку теплового расцепителя – защиту от перегрузки – необходимо проверить по следующим параметрам:

- максимальный рабочий ток
- длительно допустимый ток кабеля (в случае выбора автомата для двигательной или осветительной нагрузки)
- чувствительность в конце защищаемого участка
- селективность:
  - максимальный рабочий ток
  - несрабатывание при пусковом токе (в случае выбора автомата для двигательной нагрузки)
  - чувствительность в конце защищаемого участка

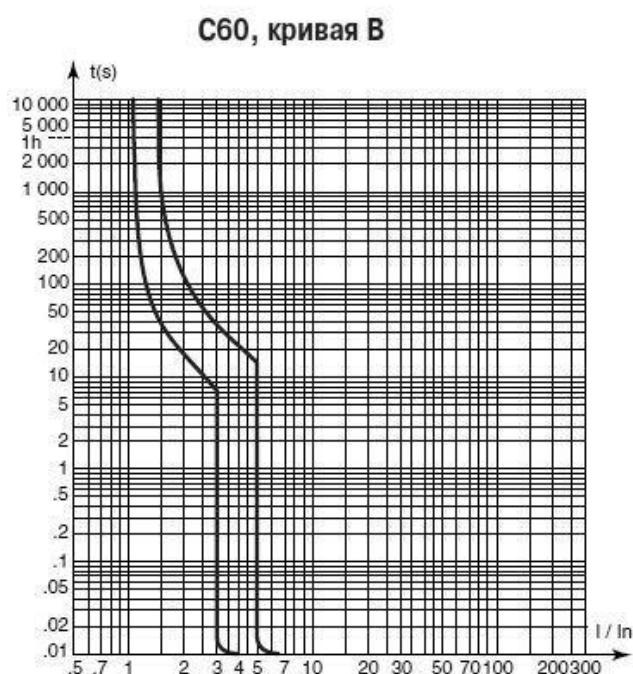


Рисунок 1- Время-токовая характеристика автоматического выключателя типа С60 с тепловым и электромагнитным расцепителями

Также селективность проверяется по время-токовым характеристикам методом составления карт селективности. На рисунке 2 представлена карта селективности двух выключателей: NSX400F с номинальным током 4800А, токами теплового и электромагнитного расцепителей 4800 А и 1600 А и АВМ10С с номинальным током 1000 А, токами теплового и электромагнитного расцепителей 1000 А и 6000 А. Выключатель типа NSX400F является нижестоящим. Срабатывание данного выключателя при КЗ на линии должно происходить с меньшим временем, соответственно его характеристика должна располагаться ниже характеристики выключателя типа АВМ10С в пределах максимальных и минимальных токов КЗ [3].

В результате выполнения всех вышеперечисленных условий можно сделать вывод, что все параметры выбранного автоматического выключателя удовлетворяют требованиям, что обеспечивает более эффективную защиту шин и отходящих линий от ненормальных режимов и повреждений.

Надёжность защиты достигается с помощью её резервирования. В случае отказа основной защиты срабатывает вышестоящий выключатель. Однако следует отметить, что время срабатывания резервной защиты больше времени срабатывания основной защиты на ступень селективности. На протяжении этого времени по кабелю протекает ток КЗ, который вызывает нагрев жилы. Температура нагрева может достигнуть высокого значения, провоцирующего возгорание. Так как кабели проложены плотно друг к другу, то может возникнуть крупный пожар, который приведет к выгоранию всех кабелей в пределах кабельного сооружения. Чтобы избежать таких серьезных повреждений, несущих за собой не только финансовые убытки, но и угрозу для жизни персонала, при выборе оборудования необходимо проверять все кабели на невозгорание [2].

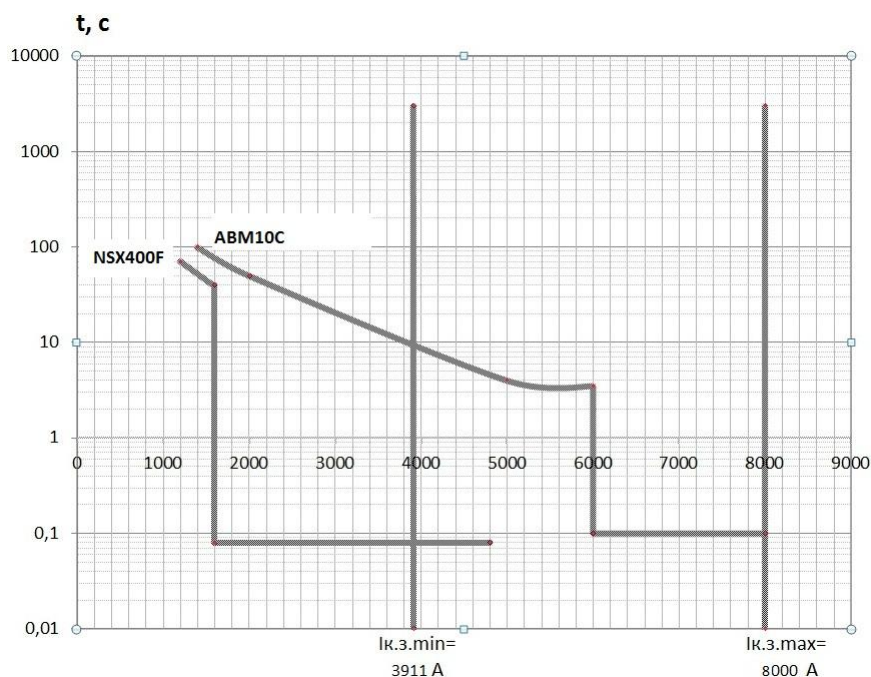


Рисунок 2 – Карта селективности автоматических выключателей

При проверке проводников на термическую стойкость в качестве расчётной продолжительности короткого замыкания следует принимать сумму двух времён: времени действия основной защиты (с учётом действия АПВ), воздействующей на ближайший к месту короткого замыкания выключатель, и полного времени отключения этого выключателя [4]. Температура нагрева кабеля при протекании тока КЗ за время действия резервной защиты не должна превышать длительно допустимое значение тока для существующего кабеля [5].

Практическое использование изложенного метода показало необходимость совершенствования существующих методов расчёта параметров защитных коммутационных аппаратов. Данное мероприятие влечёт за собой финансовую выгоду, а также повышение уровня надёжности и качества работы оборудования в сети 0,4 кВ.

Список использованных источников:

1. Чернобровов, Н. В. Релейная защита энергетических систем : учеб. пособие для техникумов [Текст] / Н. В. Чернобровов, В. А. Семенов. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 800 с. : ил.
2. Шабад, М. А. Расчёты релейной защиты и автоматики распределительных сетей [Текст] / М. А. Шабад. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1985. – 296 с. : ил.
3. Голубев, М. Л. Защита вторичных цепей от коротких замыканий [Текст] / М. Л. Голубев. – М. : Энергоиздат, 1982. – 80 с.: ил.

4. Циркуляр Ц-02-98(э) О проверке кабеля на возгорание при воздействии тока короткого замыкания [Текст] / РАО «ЕЭС России». – 7 с.
5. Правила устройства электроустановок [Текст]. — СПб.: Издательство ДЕАН, 2003.- 928 с.

## СИСТЕМА СИГНАЛИЗАЦИИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ПРОНИКНОВЕНИЯ И ВАНДАЛИЗМА НА ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Лымарев Р. П, Михальцов К. В. – студенты группы Э-01, Попов А. Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Развитие электрических сетей в России и быстрое сокращение обслуживающего электротехнического персонала требуют в скорейшем времени начать внедрение средств автоматики в системы электрических сетей, в частности систем сигнализации [1].

Вандализм и несанкционированные проникновения на необслуживаемые подстанции не только наносят материальный ущерб компаниям и ставят под вопрос надёжность электроснабжения, но и уносят жизни опрометчивых злоумышленников. Кроме того, ни для кого не секрет, что объекты энергетики являются стратегически важными. Из этого следует, что разработка эффективной, экономичной и информативной системы сигнализации на автономных подстанциях является безусловно важнейшим вопросом, не терпящим отлагательств.

В широком смысле под охраной понимается комплекс организационных, контрольных, инженерно-технических и иных мероприятий, направленных на обеспечение полной, частичной или выборочной защиты информации, материальных ценностей и безопасности персонала объекта. В более узком смысле цель системы сигнализации состоит в обнаружении и пресечении действий людей, ставящих перед собой цель, незаметно или открыто (но несанкционированно) проникнуть на охраняемую территорию объекта [2].

Безусловно, для организации надёжной системы защиты объекта помимо систем сигнализации необходимы инженерные сооружения [3]. Как правило, в качестве преград устанавливают: ограждения по периметру, колючую проволоку, металлические решётки на окнах дверей и т. п. Конечно, все выше перечисленные преграды создают трудности злоумышленникам, но только совместно с техническими средствами охраны можно создать надёжную систему сигнализации.

Техническое средство охраны (ТСО) – это понятие, определяющее аппаратуру, используемую в составе систем технических средств, применяемых для охраны объектов (территорий, зданий, помещений) от несанкционированного проникновения. Основными элементами средств охраны являются: чувствительный элемент (первичный преобразователь), и приёмно-контрольный прибор (ПКП – устройство для автоматического формирования сигнала, и отправки его на пульт централизованного управления).

Первичные преобразователи, применяемые в различных системах безопасности, как правило, являются однотипными. Существует большая номенклатура средств обнаружения, но наибольшее распространение получили следующие: датчики затвора, датчики вибрации, датчики ИК-излучения, датчики движения и т. п.

В рамках данной работы не стоит задача разработки первичных преобразователей. Напротив, целью является разработка приёмно-контрольного прибора. В настоящее время, на рынке существует множество готовых типовых решений для организации надёжной системы защиты. Соответственно, предложение различных видов приёмно-контрольных приборов разнообразно.

Основные параметры, по которым различаются ПКП следующие: количество контролируемых шин сигнализации (ШС), тип первичных преобразователей, контролируемых ПКП, информативность – количество извещений, которые может формировать ПКП, и канал связи по которому обеспечивается отправка извещений на пульт централизованного управления.

Кроме того, существующие системы сигнализации по тем или иным критериям не подходят для применения на объектах энергетики. Основным недостатком является ориентированность охранных систем на помещения и цеха. Таким образом, существуют типовые решения для применения на указанных объектах. В свою очередь, установка данных систем на открытом пространстве электрических подстанций, без предварительной подготовки, невозможна.

Так же, устройства сигнализации, имеющие функции автоматического оповещения о состоянии объекта (по средствам GSM-сигнала или другого канала связи), имеют высокую стоимость. Проведя анализ по всем параметрам существующих приёмно-контрольных приборов, было принято решение, на первом этапе разработать устройство, контролирующее один шлейф сигнализации, формирующее 4 типа извещений, осуществляющее связь с пультом централизованного наблюдения по средствам GSM-сети [1].

Сначала была выбрана основа, на которой будет осуществляться работа устройства. Этой основой является микроконтроллер. Микроконтроллер имеет широкую область применения. Он может задавать режим работы, контролировать температуру, выводить на жидкокристаллический дисплей текст или изображение, управлять мощностью освещения, измерять напряжение, ток или любую другую физическую величину [2].

На первом этапе проектирования устройства была разработана структурная схема устройства, изображенная на рисунке 1.

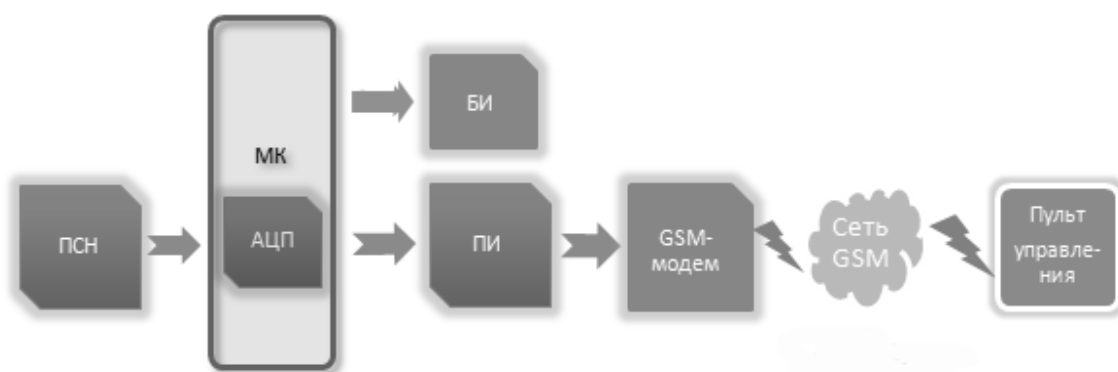


Рисунок 1 – Структурная схема разработанного устройств

Входной преобразователь сопротивления в напряжение (ПСН) осуществляет преобразование величины сопротивления шины сигнализации в эквивалентное ему значение напряжения. Преобразователь представляет собой мост сопротивлений, который принимает соответствующее значение сопротивления при изменении параметров шины сигнализации. Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) осуществляет преобразование входящих от ПСН сигналов в их цифровой эквивалент. Микроконтроллер (МК) ATmega-1284P на основании поступающих от блока АЦП сигналов определяет какому состоянию соответствует сопротивление шины сигнализации и формирует соответствующее извещение. Блок индикации (БИ) осуществляет визуальное оповещение о состоянии прибора и его работоспособности, он представляет собой LCD-дисплей. Кроме того, блок индикации может создавать звуковые и световые оповещения на охраняемом объекте. Преобразователь интерфейса (ПИ) преобразует управляющую команду из формата последовательного интерфейса МК в стандарт интерфейса USB, являющегося входным для GSM-модуля. GSM-модуль, в случае формирования оповещения отлично от состояния «Норма», отправляет сигнал на пульт управления. Пультом управления может являться любое устройство способное принимать GSM-сигнал.

Проверка эффективности работы разработанного устройства производилась с помощью компьютерного моделирования в среде программы эмуляции электрических схем Proteus 8.1. Данная среда позволяет не только чертить различные принципиальные схемы, но моделиро-

вать их работу. Принципиальная схема разрабатываемого устройства представлена на рисунке 2.

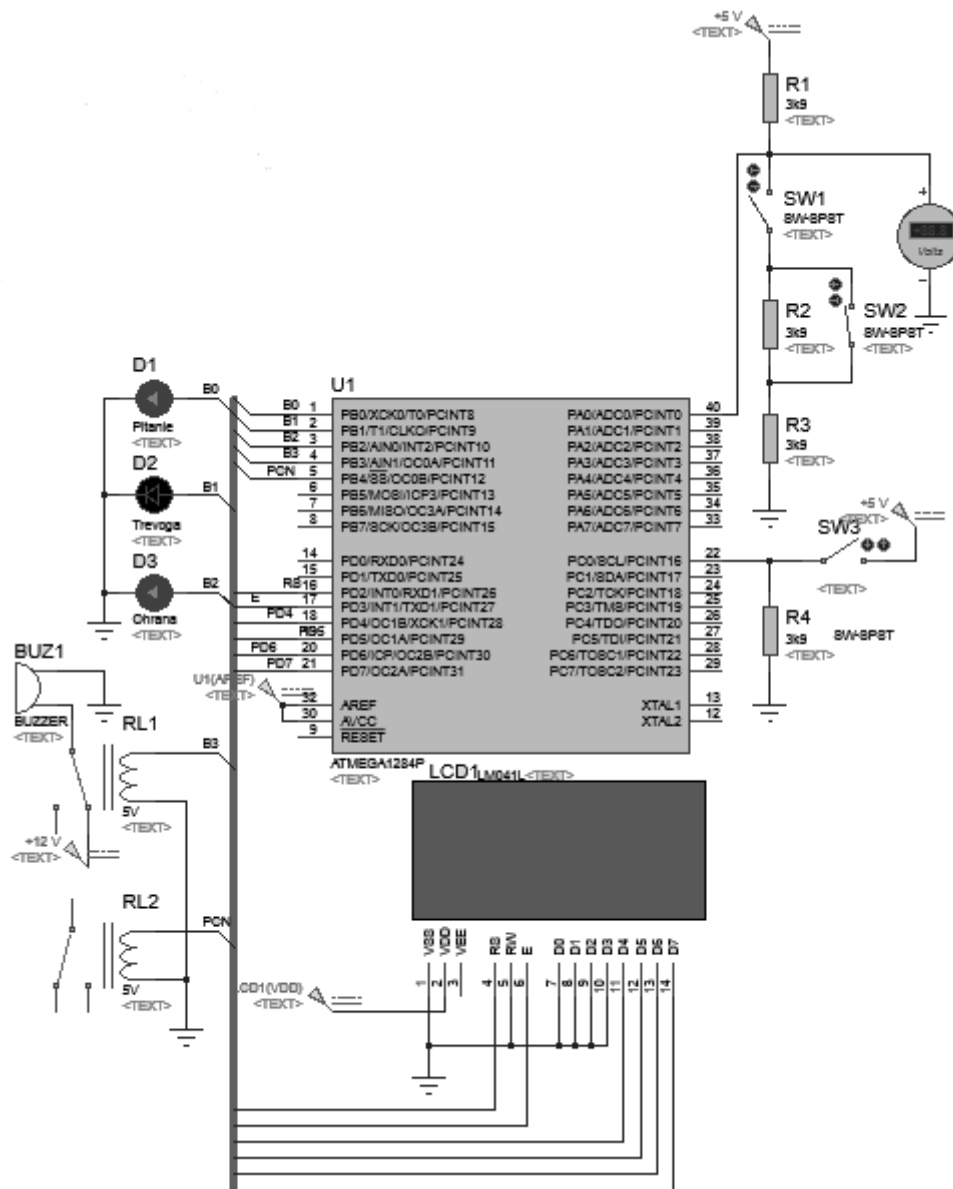


Рисунок 2 – Принципиальная схема разработанного устройства

Внедрение прибора позволит существенно сократить материальные затраты на обеспечение безопасности объектов энергетики. Это может быть достигнуто путём сокращения штата сотрудников, обеспечивающих охрану объектов энергетики. Кроме того, применение устройства сигнализации позволит автоматизировать и отладить процесс контроля проникновений на объекты энергетики, повысить надёжность электроснабжения в целом по отрасли.

Список использованных источников:

1. Фролов, Ю. М. Основы электроснабжения [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. – СПб.: Изд-во «Лань», 2012. – 480 с. : ил. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4544](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4544)
2. Стрельников, Н. А. Электроснабжение промышленных предприятий : Учеб. пособие [Электронный ресурс] / Н. А. Стрельников. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. – 100 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228801>



3. Фролов, Ю. М. Основы электроснабжения [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. – СПб.: Изд-во «Лань», 2012. – 480 с. : ил. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=4544](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=4544)

## ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ОТ РЕЖИМОВ ЕГО РАБОТЫ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Минаев В. И. – студент группы 8Э-31, Белицын И. В. – к.п.н., доцент

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

Вопрос электробезопасности всегда считается актуальным. Заземляющее устройство (ЗУ) - это простое и эффективное средство обеспечения электробезопасности людей и животных. Способность заземляющего устройства обеспечивать электробезопасность обусловила его широкое распространение и применение.

Изучать зависимость сопротивления ЗУ от режимов его работы значит изучать способность ЗУ обеспечивать электробезопасность человека от поражения электрическим током в различных режимах работы ЗУ.

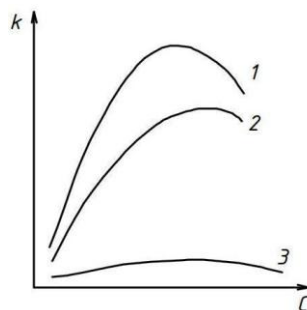
Под режимами работы ЗУ в данной статье следует понимать: режим первый – по ЗУ ток короткого замыкания (ТКЗ) не протекает, или режим «до протекания ТКЗ по ЗУ»; второй режим – режим «после протекания ТКЗ по ЗУ».

Обеспечение правильной и надежной работы ЗУ связано с разработкой и внедрением с одной стороны эффективных средств его диагностики, контроля и измерения его параметров, с другой, теоретических основ зависимости сопротивления ЗУ от различных факторов, в частности, от протекания ТКЗ, изменяющего режим работы ЗУ.

Человек чаще всего сталкивается с «бытовым» напряжением, величина которого 220-380 В. Сети такого напряжения согласно правилам устройства электроустановок относятся к электроустановкам напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью (ГЗН), сопротивление ЗУ для которых должно быть не более 4 Ом [2,3].

На сопротивление ЗУ в процессе эксплуатации влияет множество факторов: коррозионное воздействие среды, материал, из которого изготовлены заземлители, качество монтажа, сопротивление земли (грунта), в которой располагается ЗУ. Сопротивление ЗУ значительно зависит от электрического сопротивления среды, в которой он находится, Климатические условия оказывают воздействие на изменения таких параметров земли как влажность и температура.

Грунт, содержащий влагу, является электролитом. Величина удельной электропроводности электролита зависит от ряда факторов: природы электролита, температуры, концентрации. Зависимость удельной электропроводности от концентрации раствора представлена на рисунке 1.



1 – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 2 – KOH; 3 – CH<sub>3</sub>COOH

Рисунок 1 - Зависимость удельной электропроводности электролитов от концентрации

Геологическое строение в месте проведения эксперимента характеризует его наличием верхнечетвертичных субэаральных сложного генезиса покровных лессовых отложений При-

обского плато: суглинки, супеси (данные Научно-справочного атласа г. Барнаула, издание ФГУП «ПО Инжгеодезия», 2007 год).

Как видно из рисунка, с увеличением концентрации удельная электропроводность растворов сначала возрастает, достигая некоторого максимального значения, затем начинает уменьшаться. Эта зависимость очень четко выражена для сильных электролитов и значительно хуже для слабых. Наличие максимума на кривых объясняется тем, что в разбавленных растворах сильных электролитов скорость движения ионов мало зависит от концентрации, и сначала растет почти прямо пропорционально числу ионов; с ростом концентрации усиливается взаимодействие ионов, что уменьшает скорость их движения.

С увеличением влажности почвы увеличивается концентрация электролита в почве. Известно, что влажность грунта очень сильно влияет на скорость почвенной коррозии, превращая почву в электролит [6].

Максимальная скорость почвенной коррозии наблюдается при влажности грунта 15 – 25%. Это объясняется уменьшением омического сопротивления коррозионных элементов. Это позволяет предположить, что именно при этих значениях влажности омического сопротивление грунта будет минимальным, и, следовательно, электролиты почвы – сильные электролиты.

Но не только климатические условия способны изменять эти параметры, но и протекание тока КЗ по ЗУ, проходя через которое, вызывает его нагрев. Изменения содержания влаги и изменения температуры грунта существенно влияют на его сопротивление. Грунты любого рода в абсолютно сухом состоянии обладают большим удельным сопротивлением, и, следовательно, практически не проводят электрический ток. Если же грунт увлажнить, то сопротивление его уменьшится в десятки, а то и сотни раз. Но, превышение влаги в грунте более, чем на 80 % увеличивает его сопротивление. Удельная электропроводность растворов электролитов с увеличением температуры возрастает, что вызвано увеличением скорости движения ионов за счет понижения вязкости раствора и уменьшения сольватированности ионов. Поэтому грунты обладают отрицательным температурным коэффициентом сопротивления: с ростом температуры его удельное сопротивление уменьшается. Эта закономерность сохраняется пока влага не начнет испаряться, что сопровождается резким увеличением сопротивления [5]. Протекание ТКЗ изменит температуру и содержание влаги в области переходного контактного сопротивления «Заземлитель – проводник» и в области прилегающего около заземлителей объема грунта. Все это приведет к изменению параметров ЗУ и поставит под вопрос электробезопасность людей.

Для изучения влияния протекания ТКЗ на сопротивление ЗУ был спроектирован, смонтирован и проверен контур ЗУ для частного дома по адресу: г. Барнаул, ул. Полярная, д. 38. Использовались поверенные приборы: ИС-10, MRU-101, MZC-200. Данный контур ЗУ был сделан для максимальной чистоты проведения экспериментов и исследований [1,4,5]. Сопротивление ЗУ составило 2,92 Ом, что не нарушило норму 4 Ом [2,3]. Схема проведения эксперимента изображена на рисунке 2.

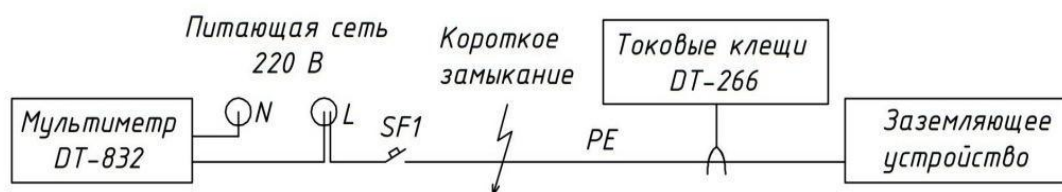


Рисунок 2- Схема проведения эксперимента

Создавалось реальное КЗ на спроектированный контур ЗУ путем подключения фазного провода L (имитирующего собой защитный проводник PE) к нему от ввода в дом через автоматический выключатель SF1. Мультиметром DT-832 и токовыми клещами DT-266 проводился одновременно контроль напряжения сети в доме (петля «фаза-ноль (рабочий)») и тока

в цепи «фаза-ноль (защитный)». После отключения ТКЗ проводились измерения сопротивления ЗУ прибором MZC-200 через определенные отрезки времени. Измерения были произведены в зимний период, результаты которых занесены в таблицу 1. Значения представлены в относительных единицах от нормированного значения сопротивления.

Таблица 1 - Характер изменения значения сопротивления ЗУ до и после протекания по нему тока КЗ

№ опыта	Время прогрева, с	UL-N, напряжение контроля, В	IkзL-PE, А	RL-PE начальное, о.е.	RL-PE через 5 с, о.е.	RL-PE через 10 с, о.е.	RL-PE через 30 с, о.е.	RL-PE через 60 с, о.е.	RL-PE через 120 с, о.е.	RL-PE через 180 с, о.е.	RL-PE через 240 с, о.е.	RL-PE через 300 с, о.е.	RL-PE через 360 с, о.е.	RL-PE через 1200 с, о.е.
11.10.2014	300	200	67,9	0,98	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,98
23.10.2014	300	192	63,5	0,99	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96
30.01.2015	300	192	54,3	0,98	0,93	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96	0,98
Время после короткого замыкания, с				0	5	10	30	60	120	180	240	300	360	1200



Рисунок 3 - Изменение значения сопротивления заземляющего устройства до и после протекания по нему тока короткого замыкания (в разных режимах работы) в зимний период

Из графиков, изображенных на рисунке 3 видно, что начальное сопротивление ЗУ (время после КЗ: 0 секунд) после устранения протекания ТКЗ уменьшается. Уменьшение сопротивления ЗУ объясняется сильной увлажненностью почвы во время эксперимента, что так же подтвердило предположение об увеличении сопротивления ЗУ на графике «Изменение удельного сопротивления грунта в зависимости от содержания в нем влаги», содержащегося в [5], стр. 145, рис. 336. С увеличением времени протекания ТКЗ по контуру ЗУ увеличивается изменение сопротивления ЗУ. Через некоторое время (5-7 с) сопротивление ЗУ начинает увеличиваться, о чем свидетельствует восстановление влажности и температуры грунта. После 20 минут после прекращения ТКЗ сопротивление ЗУ приходит в исходное состояние.

Из исследования сделаны выводы:

- протекание ТКЗ по ЗУ при данных условиях (параметры грунта, климатические условия и т.д.) изменяет параметры ЗУ в пределах установленных норм. Заземляющее устройство в данном случае способно обеспечивать электробезопасность людей.

Исходя из вышеизложенного, необходимо продолжить дальнейшие эксперименты в направлении изучения влияния протекания ТКЗ по ЗУ в других климатических условиях и параметрах грунта.

#### Список использованной литературы

1. Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок [Текст] : РД 153-34.0-20.525-00 : утв. Департаментом стратегии развития и научно-технической политике РАО «ЕЭС России» 07.05.2000 : введ. в действие с 01.09.2000. – М. : СПО ОРГРЭС, 2000. – 65 с. : ил.

2. Объем и нормы испытаний электрооборудования [Текст] : РД 34.45-51.300-97 : утв. Начальником Департамента науки и техники РАО "ЕЭС России" 08.05.1997 : введ. в действие с 08.05.1997. – М. : НЦ ЭНАС, 1998. – 256 с.

3. Правила устройства электроустановок [Текст] : 7 изд. : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 08.07.2002 : введ. в действие с 01.01.2003. – М. : НЦ ЭНАС, 2002. – 461 с.

4. Минаев, В. И. Заземляющие устройства электроустановок и измерение их параметров [Текст]: методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Монтаж и эксплуатация систем электроснабжения» для студентов всех форм обучения направления 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» / В.И. Минаев, А.А. Грибанов / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. – 23 с.

5. Долин, П. А. Основы техники безопасности в электроустановках [Текст]: учебное пособие для вузов : / П. А. Долин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 448 с. : ил.

6. Жук, Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов [Текст] : учебное пособие для вузов / Н. П. Жук. – М. : Металлургия, 1976. – 472 с. : ил.

7. Современные проблемы электроэнергетики. Алтай – 2014 [Электронный ресурс] : сборник статей II Международной научно-технической конференции / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Электрон. дан. и прогр. - Барнаул: ЦЭОР АлтГТУ, 2014. - 1 электрон., опт. диск (CD-R)

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЗМЕИНОГОРСКОМ РАЙОНЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ФИЛИАЛА ОАО «МРСК СИБИРИ» - «АЛТАЙЭНЕРГО»

Новикова М. Н. – студент группы Зм(з) Э-91, Гутов И. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Потери – это разность между количеством электроэнергии, полученной сетью от электростанций, и электроэнергией, оплаченной потребителями. Фактические общие потери могут быть разделены на четыре составляющие.

Технические потери, обусловленные физическими процессами, происходящими при передаче электроэнергии по сетям. Технические потери не могут быть измерены. Их значения получают расчетным путем на основе законов электротехники [1].

Естественные потери, которые возникают при эксплуатации трансформатора, могут возникать в результате физического износа, нерационального использования устройства (недогруженность, режимы включения/выключения).

Для уменьшения потерь в линиях электропередачи следует при расчётах правильно выбирать сечение силового кабеля, руководствуясь специальными табличными данными.

Следующим фактором является количество и качество коммутационных соединений проводов и силовых кабелей. Любая электросеть содержит в себе множество контактных со-

единений. Самый лучший электрический контакт, сделанный при помощи сварки и пайки, не сравнится с однородным проводником [2].

Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций регистрируется счетчиками, установленными на трансформаторах собственных нужд [3].

Потери, обусловленные инструментальными погрешностями ее измерения (инструментальные потери). Эти потери получают расчетным путем на основе данных о метрологических характеристиках и режимах работы используемых приборов [1].

Коммерческие потери, обусловленные хищениями электроэнергии, несоответствием оплаты, показаниям счетчиков и другими причинами в сфере организации контроля за потреблением энергии. Коммерческие потери не имеют математического описания и не могут быть рассчитаны. Их значение - это разница между фактическими (отчетными) потерями и суммой первых трех составляющих, представляющих собой технологические потери [2].

Рассмотрим на конкретном примере динамику снижения потерь в результате проведенных мероприятий на примере одного из района электрических сетей (РЭС) производственного отделения «Южные электрические сети» филиала ОАО «МРСК Сибири» -«Алтайэнерго».

В зоне обслуживания Змеиногорского РЭС, объединяющего два административных района Змеиногорский и Третьяковский, находятся 10 подстанций (ПС) 110-35 кВ, 309 трансформаторных подстанций (ТП) 6-10/0,4 кВ, протяженность воздушных линий (ВЛ) 35 - 110 кВ 283,19 км, протяженность ВЛ 0,4 - 6 - 10 кВ 1253,37 км.

По итогам 2013 года общие потери Змеиногорского района электрических сетей производственного отделения Южные электрические сети составили 18,56% при факте 2012 года 21,32%. Годовой отпуск в сеть составил 46479 тыс. кВт\*ч, полезный отпуск 37 852 тыс. кВт\*ч, общие потери 8 627 тыс. кВт\*ч. Значительное снижение потерь обеспечили мероприятия, проводимые в течение 2013 года.

Важно соблюдать рациональную эксплуатацию трансформаторов и не допускать их работу с большой перегрузкой или недогрузкой. Отключение части трансформаторов на подстанциях в часы минимума нагрузок (в зимнее время, выходные дни) позволяет уменьшить потери и повысить коэффициент мощности. Так как в районы, обслуживаемые РЭС, преимущественно сельскохозяйственного назначения, отключение трансформаторов на подстанциях с сезонной нагрузкой является эффективным мероприятием.

Мероприятия по совершенствованию систем технического учета электрической энергии включают в себя своевременную поверку, калибровку, замену средств технического учета (трансформаторов тока и напряжения, приборов учета).

Таблица 1 - Мероприятия по снижению технологических потерь в Змеиногорском РЭС в 2013 году

Наименование мероприятия	План сокращения потерь, тыс. кВт*ч	Факт сокращения потерь, тыс. кВт*ч
Отключение в режимах малых нагрузок трансформаторов на подстанциях с двумя и более трансформаторами	64,3	70,61
Отключение трансформаторов на подстанциях с сезонной нагрузкой	3,925	3,95
Мероприятия по совершенствованию систем технического учета электрической энергии	2,2	3,95
Замена проводов на перегруженных линиях	2,14	4,356
Итого	72,565	79,691

Основная цель замены проводов — снижение потери напряжения в линиях и повышение ее пропускной способности. Мероприятие осуществляется на линиях с большим сроком эксплуатации, на которых провода уже подверглись значительному износу.

Перевод ВЛ на более высокую степень номинального напряжения является одним из самых эффективных, но и самых дорогостоящих мероприятий. Конструктивно оно связано с увеличением уровня изоляции фаз, увеличением междуфазных расстояний, возможно, заменой проводов и реконструкцией подстанций. Этот способ применяется для повышения пропускной способности электрической сети в тех случаях, когда нагрузка линии достигла предельных для существующего номинального напряжения значений. Снижение потерь электроэнергии здесь, как и в предыдущем мероприятии, является сопутствующим эффектом.

Таблица 2 - Мероприятия по снижению коммерческих потерь в Змеиногорском РЭС в 2013 году

Наименование мероприятия	План сокращения потерь, тыс. кВт*ч	Факт сокращения потерь, тыс. кВт*ч
Организация равномерного снятия показаний электросчетчиков строго в установленные сроки	10	17
Установка электросчетчиков на границах балансовой и эксплуатационной ответственности	15,25	20,34
Установка автоматизированных систем учета электрической энергии	180,2	200,1
Разделение вводов в многоквартирные дома	2,4	4,6
Выявление фактов хищения электрической энергии в результате проведения рейдов	470	521,801
Установка антимагнитных пломб на приборы учета электроэнергии.	3,6	4,9
Итого	680,45	766,741

В РЭС активно внедряется АИИСКУЭ: в 2012 году всем потребителям, запитанным по линии 10 кВ 50-1 установлены интеллектуальные приборы учета типа «Матрица». Общие потери по данной линии снизились с 21,47% (2012 год) до 13,41% (2013 год), а коммерческие потери упали с 8,27% до 1,47%.

Установка индикаторных антимагнитных пломб позволяет определить вмешательство в работу приборов учета посредством влияния внешнего магнитного поля. Пломба представляет собой наклейку с индикатором в капсуле, который при приближении магнита растекается. Существуют прецеденты в судебной практике, когда применение антимагнитных пломб позволяло суду выносить решение в пользу электросетевых организаций.

Установка приборов учета на границе балансовой принадлежности (выносные щиты на опоре или фасаде здания) позволяет просматривать цельность вводного кабеля и прибора учета, а также проводить снятие показаний и инструментальные проверки работниками РЭС в любое время. Также наличие выносных щитов практически исключает вмешательство в прибор учета и наличие «левого» ввода.

Разделение вводов в многоквартирные дома несет ту же функцию: исключить возможность врезки, «левого» ввода. Ввод должен быть выполнен цельным кабелем до прибора учета.

Выявление фактов хищения электрической энергии в результате проведения рейдов является основным мероприятием борьбы с коммерческими потерями. Безучетное потребление – это потребление электрической энергии с нарушением установленного договором энергоснабжения. Оно выражается во вмешательстве в работу прибора (систему) учета, в несоблюдении установленных договором сроков извещения об утрате (неисправности) прибора (системы) учета, обязанность по обеспечению целостности которого возложена на потребителя; в иных действиях покупателя, приведших к искажению данных о фактическом объеме потребления. Бездоговорное потребление - самовольное подключение энергоустройств к объектам электросетевого хозяйства и (или) потребление электроэнергии в отсутствие заклю-

ченного в установленном порядке договора, обеспечивающего продажу электроэнергии на розничных рынках, кроме случаев потребления электрической энергии в отсутствие такого договора в течение 2 месяцев с даты, установленной для принятия гарантирующим поставщиком на обслуживание потребителей. За 2013 год в Змеиногорском РЭС было составлено 107 актов безучетного потребления 521,801 тыс. кВт\*ч на сумму 785655 руб. и 8 актов бездоговорного потребления 35,946 тыс. кВт\*ч на 74984 руб. (по тарифам 2013 года).

В настоящее время необходимо продолжать работу по улучшению системы электроснабжения. В части мероприятий по снижению технических потерь это касается, прежде всего, замены устаревшего оборудования и сетей на новые. Вариантов в последние годы появилось достаточно, чтобы выбрать приемлемые. Что касается мероприятий по снижению коммерческих потерь, то здесь требуется совершенствование законодательной базы. Хищение электроэнергии является фактом слабо доказуемым в судебных разбирательствах. Суд часто остается на стороне «нечестного» потребителя. Штрафы за бездоговорное и безучетное потребление остаются пока наиболее эффективным мероприятием в борьбе с коммерческими потерями. Также эффективными, но довольно затратными мероприятиями являются установка АИИСКУЭ и приборов учета на границах балансовой принадлежности, в первую очередь на «проблемных» линиях с большими потерями. Результат данных мероприятий уже показан на примере Змеиногорского РЭС.

Список использованных источников:

1. Технологические и коммерческие потери в сетях – одна из главных проблем энергоснабжающих организаций и РЭК. Форум «Регулируемый и конкурентный рынок электроэнергии» это подтвердил / Ю. Железко // Новости ЭлектроТехники. — 2003. — №3. — С. 15.

2. Воротницкий, В. Э. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. Динамика, структура, методы анализа и мероприятия / В. Э. Воротницкий, М. А. Калинкина, Е. В. Комкова, В. И. Пятигор // Журнал энергосервисной компании «Экологические системы» . — 2005. — №7. — С. 9 - 10.

3. Инструкция по нормированию расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций 35–500 кВ [Текст]: РД 34.09.208 : утв. Минэнерго СССР 23.04.81. –М.: СПО Союзтехэнерго, 1981. – 38 с.

## СОВРЕМЕННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ-ЭНЕРГЕТИКОВ

Новосёлов И. А. – студент группы Э-11, Попов А. Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время более одной трети всей вырабатываемой электроэнергии переменного тока расходуется потребителями постоянного тока. Такая ситуация вызвана следующим причинами [1]:

– большинство энергоемких производств по технологическим нормам требуют использования постоянного тока, например, плавильные печи;

– в тяговом и промышленном электроприводе отдают предпочтение использованию электродвигателей постоянного тока вследствие высокого вращающего момента на валу при низких оборотах.

– линии электропередач постоянного тока, обладающие низкими потерями электроэнергии;

– вставки постоянного тока для преобразования из переменного напряжения в постоянное, а затем опять в переменное напряжение, которые позволяют оперативно регулировать потоки активной мощности, разделять энергосистемы с разной частотой напряжения, вырабатывать управляющие воздействия для обеспечения устойчивости энергосистем.

Главным элементом в перечисленных технических средствах является выпрямитель. Вследствие этого, существенно возрастают требования к подготовке специалистов-энергетиков и студентов, обучающихся на электроэнергетических специальностях в области детального изучения конструкции, особенностей и принципов работы современных полупроводниковых выпрямителей.

В учебном процессе чрезвычайно важно сочетать теоретические знания с практическими навыками. Именно практические занятия позволяют повысить процент усваиваемого студентами теоретического материала до 85 %. Существует множество форм практических занятий, и одним из ключевых звеньев в системе обучения является лабораторный практикум.

Лабораторный практикум является одним из важнейших элементов получения практических навыков работы в рамках учебного курса «Силовые преобразователи в электроснабжении». Отсутствие лабораторных установок серьезно сказывается на качестве знаний студентов и влечет выпуск специалистов, не способных применить полученные знания на практике. В данной работе предлагается разработка стенда для использования в лабораторном практикуме по изучению полупроводниковых выпрямителей при подготовке студентов и повышении квалификации специалистов энергетиков.

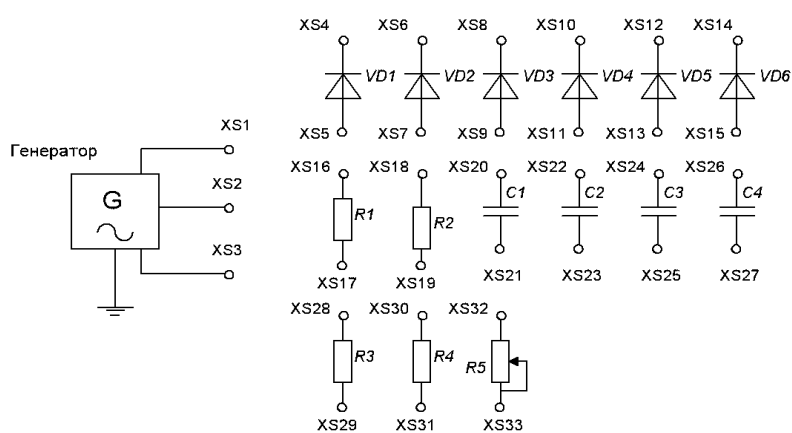


Рисунок 1 – Лицевая панель стенда для изучения полупроводниковых выпрямителей

Разрабатываемый стенд состоит из генератора трехфазного синусоидального напряжения, шести полупроводниковых диодов, четырех конденсаторов, четырех резисторов и одного переменного резистора. Наличие трехфазного источника напряжения позволяет собрать как однофазные схемы выпрямления, так и трехфазные. Коммутация схемы осуществляется с помощью проводных перемычек с разъемами типа «тюльпан-тюльпан». Внешний вид лицевой панели разрабатываемого стенда приведен на рисунке 1.

Внедрение данного стенда позволит существенно улучшить уровень подготовки студентов электроэнергетических специальностей и повышения квалификации специалистов-энергетиков.

Список использованных источников:

1. Полупроводниковые выпрямители [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://vunivere.ru/work150282>



## УСТРОЙСТВО ОБНАРУЖЕНИЯ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

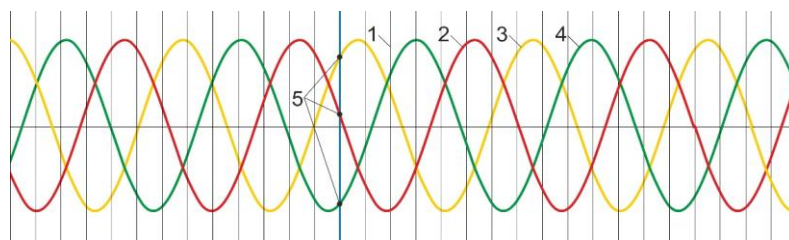
Ольферт К. Г., Стеклов Н. В. – студенты группы Э-01, Попов А. Н. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Электрическая энергия является товаром особого вида, характеризующийся совпадением во времени процессов производства, транспортирования и потребления и невозможностью его хранения и возврата. Перебои в транспортировке электроэнергии в следствии коротких замыканий на землю вызывают существенные потери электроэнергии, т.к. такие виды повреждений не отключаются релейной защитой и система продолжает работать в ненормальном режиме, что способствуют повреждению оборудования, а ремонт и стоимость такового закладывается в стоимость электроэнергии. Не смотря на то что за последние десятилетия скорость отыскания мест повреждений увеличилась в 2-3 раза, для отыскания самого места ОЗЗ с помощью существующих приборов необходимо ехать вдоль линии электропередачи фиксируя показания прибора, тем самым определяя направление вдоль которого произошло это ОЗЗ.

Разрабатываемое устройство определения места возникновения ОЗЗ в сетях с изолированной нейтралью рабочим напряжением 6-35кВ имеет цель повышения надёжности электроснабжения путём сокращения времени требуемого на поиск места произошедшего ОЗЗ. Устройство сигнализирует о произошедшем ОЗЗ непосредственно (с помощью индикатора на самом устройстве), так и путём отправки сообщения о произошедшем ОЗЗ через GSM связь, что позволяет оперативно-выездной бригаде в кратчайшие сроки целенаправленно устранить причину ОЗЗ, не тратя времени на его поиск [1].

Принцип работы устройства основан на непосредственном сравнении мгновенных значений токов в каждой фазе, последующем сложении, и в зависимости от их суммы выдачи сигнала о произошедшем ОЗЗ. Принцип работы данного типа защиты схож с принципом работы трансформатора тока нулевой последовательности, однако, имеет неоспоримые преимущества [2]:

- изначально предусмотренная возможность установки на опорах ВЛЭП;
- отсутствие недостатков, присущих трансформаторам нулевой последовательности, связанных со значительным ухудшением класса точности при насыщения;
- простота монтажа;
- отсутствие электрической связи с токоведущими элементами ВЛЭП;
- высокая селективность вследствие применения программного преобразователя сигнала;
- относительно низкая стоимость по сравнению с другими средствами;
- простота устройства и его надёжность.



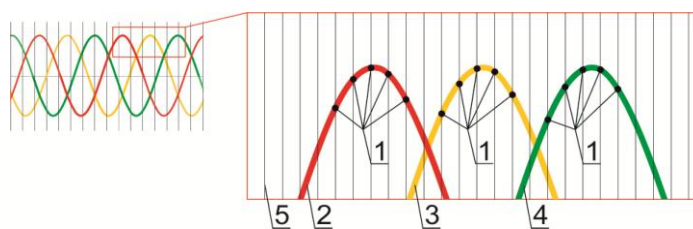
- 1 - моменты времени, в которые считываются значения токов каждой фазы;  
2 - ток фазы С; 3 - ток фазы А; 4 - ток фазы В; 5 - момент считывания значения токов фаз

Рисунок 1 – Иллюстрация используемого алгоритма сложения мгновенных значений токов фаз

Используемый микроконтроллером метод являет собой симуляцию работы ТТНП. В определённые моменты времени, с заданной частотой, происходит одновременное считывание показаний датчиков тока на каждой фазе. Измеренные значения записываются и складыва-

ются между собой. Если их сумма не равна нулю, или отличается от нуля на определённое значение за пределами регулируемого значения погрешности (определяемой практически, для отстройки прибора от ложных срабатываний), и при этом данное отклонение значений происходит за определённое время (чтобы также исключить возможные ложные срабатывания в результате кратковременных процессов), тогда устройство сигнализирует о произошедшем однофазном замыкании на землю. Основными факторами, влияющими на эффективность данного метода, является синхронность измерений и их точность. Данные цели достигаются применением производительного микроконтроллера и аппаратно-программными решениями, датчиками тока высокой точности и частоты.

Альтернативный вышеизложенному метод основан на другом принципе. В нём также используется измерение значений токов каждой фазы, с последующим выявлением из этих значений максимальных, т.е. значений амплитуд каждой фазы. По разнице во времени между каждым амплитудным значением происходит вычисление комплексного числа, содержащего значение амплитуды и угол фазы. После этого происходит сложение комплексных чисел, и сравнение их с нулевым значением, аналогично вышеизложенному методу.



1 - моменты измерения мгновенных значений токов фаз; 2 - ток фазы С; 3 - ток фазы А; 4 - ток фазы В; 5 - моменты времени, в которые считываются значения токов каждой фазы  
Рисунок 2 – Иллюстрация альтернативного метода определения токов нулевой последовательности

В качестве рабочего элемента контроля параметров сети, устройство использует датчики тока (катушки Роговского, датчики Холла, трансформаторы тока, любые бесконтактные датчики тока), которые измеряют мгновенное значение тока в каждой фазе. Датчики опрашиваются микроконтроллером с частотой 8МГц, который преобразует значение аналогового сигнала с каждого датчика в цифровой, и анализируя сигнал, программно выявляет наличие тока нулевой последовательности, выдавая результат о отсутствии или наличии ОЗЗ. Датчики тока и основной корпус прибора разнесены, что повышает безопасность и надёжность устройства.

Учитывая, что однофазные замыкания являются самыми частыми видами коротких замыканий на ВЛЭП и принимая во внимание степень их влияния на электрооборудование становится понятной важность своевременного обнаружения и устранения таких видов повреждений. Представленный прибор обеспечит постоянный контроль разветвлённой сети линии электропередачи, выездная бригада будет достоверно информирована о месте повреждения ещё до самого выезда.

Список использованных источников:

1. Дмитриев С. Н. Городские электрические сети. Обеспечение надежности и безопасности электроснабжения [Электронный ресурс] : отраслевое. справ. изд. – СПб. : Новости Электротехники. – 2010. – №5. – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2010/65/08.php>
2. А. с. 651440 СССР, М. Кл.2 Н 02 Н 3/16. Способ выделения тока нулевой последовательности сети и устройство для его осуществления [Текст] / В. П. Чайкин, Н. Я. Хайдромайлов (СССР). – № 2355073/24–07 ; заявл. 05.03.79 ; опубл. 05.03.79, Бюл. №9. – 3 с.

## УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ольферт К. Г. – студент группы Э-01, Никитина О. Л. – доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Основа электроснабжения не только линии электропередач и подстанции, но и система управления, а так же сбыта электроэнергии. Именно управление и сбыт недооценивают как фактор, влияющий на конечную стоимость электроэнергии. Непредусмотренные риски, неправильные управленческие решения могут стать причинами убытков компании, что в последующем отразится на стоимости товара. В условиях сложной структуры рынка электроэнергии необходимо понимать, а главное управлять рисками.

Избежать риска нельзя, необходимо его предвидеть, стремясь снизить его значение до минимального уровня насколько это возможно. Управление рисками означает предотвращение появления того или иного вида риска, определение его стоимости, проведение предупредительных мероприятий, позволяющих избежать или уменьшить потери [1].

Риск - это событие вызывающее потери. Для сбыта электроэнергии риски можно разделить на три категории: технические, финансовые, управленческие. Причем между ними есть сложные зависимости, но и по отдельности они несут существенные затраты.

Интересен и тот факт, что событие, являющаяся риском, может оказать положительный эффект. Это утверждение справедливо можно отнести и к электроснабжению. Рисковые события в электроэнергетике затрагивают интересы работников предприятий отрасли, акционеров, поставщиков ресурсов и конечно потребителей энергии [1].

Для понимания ситуации необходимо рассмотреть все виды рисков, которым подвержена электроэнергетика, и методы управления ими.

Категория технических риск включает в себя риски связанные с материальной базой распределительных сетевых компаний, самыми явными являются:

- природно-естественные риски – проявление стихийных сил природы. Землетрясение, наводнение, пожар и т.д. Их всегда относят к форс-мажорным обстоятельствам, которыми практически невозможно управлять. Одной из мер по управлению должно быть правильное техническое проектирование и строительство с учетом возможных последствий стихии;

- транспортные риски – возможность повреждения оборудования на линии электропередачи, подстанции, аварийные отключения, возможность поставки электроэнергии несоответствующей стандарту качества, что приведет к штрафам и иным взысканиям.

Категория финансовых рисков включает риски связанные с изменением экономической ситуации в связи политическими или экономическими событиями:

- политические риски – невозможность осуществления хозяйственной деятельности вследствие военных действий, неблагоприятного изменения налогового законодательства, реформирования электроэнергетики;

- партнерские риски – возможность срыва поставок заявленного объема электроэнергии по причине задержки платежей со стороны покупателя, уплаты штрафных пени за несоблюдение договоренностей;

- инфляционный риск – это риск того, что при росте инфляции получаемые денежные доходы обесцениваются с точки зрения реальной покупательной способности быстрее, чем растут [1];

- дефляционный риск – это риск того, что при росте дефляции происходят падение уровня цен, ухудшение экономических условий предпринимательства и снижение доходов [1];

Управленческие риски особый категория, включающий в себя не только возможность неправильного управления хозяйственной деятельностью, что так же приводит к убыткам, но и возможность неправильного управления вышеперечисленными внешними рисками. Причем управленческие риски являются внутренними и зависят от самой компании, а не внешними как все остальные, необходимо отметить, что управление внешними рисками это тоже внутренний процесс компании.

Управленческие риски, связанные с хозяйственной деятельностью можно разделить на следующие виды:

- инвестиционные – возможные риски неправильного инвестирования в капитальное строительство электрических станций, подстанций, линий: в прогнозе потребления электрической энергии, категоричности потребителей по надежности электроснабжения, определении видов топлива на электростанциях, выборе оборудования, выборе источников финансирования [1].

- риски планирования – возможность ошибки в прогнозах потребления электроэнергии, например при закупках на оптовом рынке «На сутки вперед» где всегда фактическое потребление отличается от планового. Избыток или недостаток, являющимися отклонениями от плана, торгуются в режиме реального времени на балансирующем рынке [2], что может привести к дополнительным затратам. Данный вид рисков невозможно полностью исключить, но посредством правильно планирования возможно снизить до приемлемого уровня.

- бюрократические риски – возможность неправильного составления договоров, смет, заявок на покупку электроэнергии, налоговых деклараций и иных документов определяющих хозяйственную деятельность сбытовой организации.

- риски обслуживания – возможность появления затрат, потерь в следствии несвоевременного или некачественного ремонта и обслуживания собственного электрооборудования компании.

Важно отметить, что все вышеперечисленные риски не только сами по себе несут опасность для стабильности сбыта электроэнергии, но и оказывают влияние друг на друга. Зависимость рисков между собой представлена на рисунке 1.

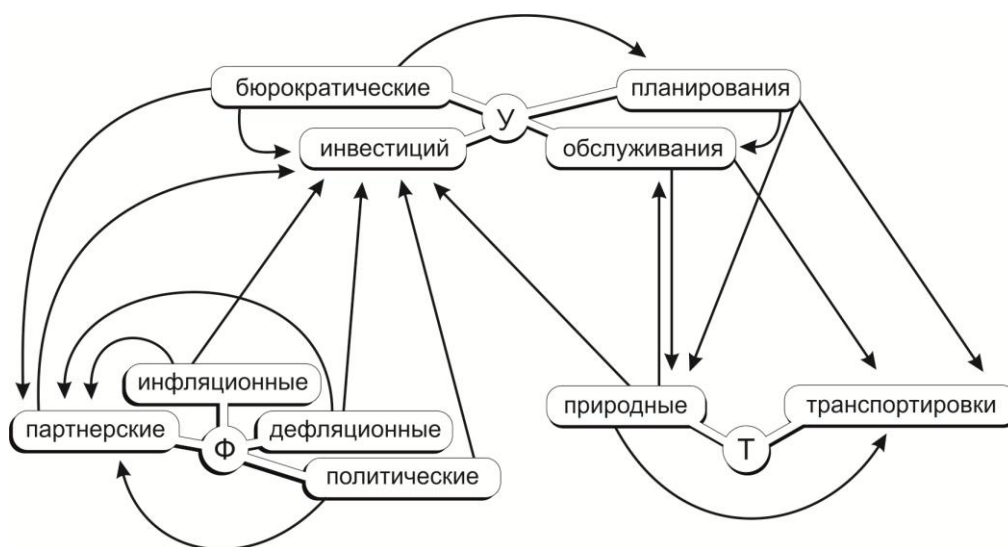


Рисунок 1 – Зависимость рисков сбыта электроэнергии

Представленная зависимость отражает зависимость между основными и самыми крупными рисками в транспортировке электроэнергии, при более детальном рассмотрении каждого вышеуказанного риска будет появляться больше связей, но они будут соответствовать той же тенденции. Зависимости оказывают друг на друга как отрицательный эффект так и положительный.

В зависимости можно увидеть несколько интересных особенностей. Риски категории финансовые и технические напрямую не влияют друг на друга, а только через категорию управленческих рисков, что доказывает особое положение последних.

Самыми зависимыми рисками являются инвестиционные и партнерские, следовательно им необходимо уделить больше внимания. Самыми влиятельными являются природные риски и риски обслуживания, если первыми управлять сложно, то вторые являются внутренними для компаний и должны легко поддаваться управлению.

Имея представление обо всех возможных рисках в сбыте электроэнергии, можно начать рассматривать сам процесс управления ими, то есть рассмотреть методы и способы предотвращения или снижения последствий рисков событий.

Все виды управления можно разделить на три категории в соответствии с категориями рисков, но при этом они не только риски соответствующей категории но и некоторые риски из смежных категорий:

- управление материальной, технической базой организаций. В эту группу необходимо отнести все, что связано с ремонтом, обслуживанием электрооборудования, созданием резервов материалов и топлива. Система планово-предупредительных ремонтов, использование нового и более эффективного оборудования, покупка качественного сырья, совершенствование и внедрение систем контроля за техническим состоянием оборудования. В данном случае можно управлять следующими рисками: транспортные, природные, риски обслуживания;

- управление финансами. Диверсификация инвестиций предусматривает их вложения в различные объекты. Создание лимитов по расходам для каждой структуры. Страхование риска – перекладывание части риска на страховую компанию. Создание большего резервного фонда. Подобным образом возможно управлять природно-естественными, политическими, партнерскими, инфляционными, дефляционными и инвестиционными рисками;

- эффективное управление. Повышение квалификации персонала, внедрение систем контроля, прогнозирования, систем управления энергопотреблением, учета электроэнергии, налаживание документооборота, улучшенное планирование и другие меры обеспечивающие более эффективное управление организацией, позволят управлять такими рисками как партнерские, инвестиционные, риски планирования, бюрократические и рисками обслуживания.

При всей сложности данной темы, большого множества различных рисков, важным становится управление ими. Управление рисками это одна из важнейших и неотъемлемых составляющих электроснабжения, формирования тарифов и, в конечном счете удовлетворения нужд населения. Описанные категории управления охватывают все возможные риски в сбыте электроэнергии. Методы управления не ограничиваются выше представленными, существуют другие более узкие инструменты. Так же можно адаптировать методы управления из других сфер бизнеса. Необходимо продолжать развивать существующую систему управления рисками, посредством внедрения новых инструментов и совершенствования имеющихся.

Список использованных источников:

1. Ламакин, Г. Н. Основы менеджмента в электроэнергетике [Текст] : учеб. пособие / Г. Н. Ламакин. – 1-е изд. – Тверь : ТГТУ, 2006. – 208 с.
2. Оптовый рынок электроэнергии [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : [http://www.energo-konsultant.ru/yuridicheskim\\_licam/prochie\\_voprosi\\_energосnabgeniya/Chto\\_takoe\\_optovii\\_rinok\\_elektroenergii](http://www.energo-konsultant.ru/yuridicheskim_licam/prochie_voprosi_energосnabgeniya/Chto_takoe_optovii_rinok_elektroenergii)

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОБХОДИМОГО ОБЪЁМА ВЫПОЛНЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

Попова М. С. – студент группы Э-12, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Асинхронные двигатели обычно рассчитаны на срок службы 15–20 лет без капитального ремонта при условии их правильной эксплуатации. Под правильной эксплуатацией асинхронного двигателя понимается его работа в соответствии с номинальными параметрами, указанными в паспортных данных электродвигателя. Однако на практике наблюдается значительное отступление от номинальных режимов эксплуатации, что связано с плохим качеством питающего напряжения и нарушением правил технической

эксплуатации: технологическими перегрузками, условиями окружающей среды, снижением сопротивления изоляции, нарушением охлаждения. Последствием таких отклонений являются аварийные режимы работы асинхронного двигателя. Основным недостатком асинхронных электродвигателей – сложность регулирования их скорости традиционными методами (изменением питающего напряжения, введением дополнительных сопротивлений в цепь обмоток) [1].

Для анализа параметров асинхронного двигателя применяют методы и средства диагностирования, которые так же позволяют оценить состояние объекта на данный момент, спрогнозировать его состояние на ближайшее будущее и повысить надёжность всей системы [2].

Диагностика асинхронных двигателей подразделяется на общую и по узлам.

В общую диагностику входят следующие методы:

- измерение вибрации;
- оценка параметров внешнего магнитного поля;
- измерение КПД;
- контроль температуры.

Основными узлами электродвигателя, состояние которых целесообразно оценить индивидуально, являются: обмотка статора, ротор, подшипники.

Для диагностики ротора используются следующие методы:

- испытание активной стали;
- испытание стержней.

Оценку состояния подшипников производят с целью своевременного выявления возможности разрушения их отдельных элементов, либо их заклинивания.

Для проверки изоляции обмотки статора используются электрические и неэлектрические методы диагностики.

К неэлектрическим методам диагностики относятся:

- визуальный контроль;
- выявление запахов;
- прослушивание.

К электрическим методам диагностики относятся [3]:

- измерение проводимости изоляции;
- оценка коэффициента абсорбции;
- измерение параметров волновых затухающих колебаний;
- ультразвуковая диагностика;
- диагностика по спектру тока;
- контроль токов утечки.

Методы оценки состояния асинхронного двигателя, рассмотренные выше, позволяют выяснить остаточный ресурс машины. Правильность выбора метода является основным условием достоверной диагностики машины, так же сокращением времени на поиски отклонения от рабочего режима. Для того, чтобы определить необходимый объём выполнения диагностики асинхронных двигателей для прогнозирования остаточного ресурса следует выяснить наиболее эффективный и точный метод. Достигнуть данной цели можно с использованием методов нечёткой логики.

Состояние асинхронного двигателя характеризуется большим количеством параметров состояния  $x_i$ . Приборы, использующиеся для измерения различных параметров двигателей, основаны на различных принципах действия и имеют выходные данные, которые представлены не только в цифровой форме, с различной размерностью, но и в нечётких терминах (высокий (в), низкий (н), средний (с), ниже среднего (нс), выше среднего (вс)...), а так же параметры можно получить путём проведения дополнительных испытаний на работающем или отключенном двигателе. При большом количестве параметров состояния  $x_i$  построение нечёткой базы знаний экспертной системы становится трудновыполнимой задачей. Для электрооборудования входные переменные  $x_i$  классифицируются на группы, и

формируется иерархическая многоуровневая база знаний, состоящая из вложенных друг в друга нечётких баз знаний меньшей размерности [4].

Для асинхронного двигателя составим иерархическую структуру древовидного типа на основе выше рассмотренных методов и их параметров при диагностике по узлам и общей [5].

В такой системе входной вектор диагностических признаков:

$$x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\},$$

где  $n$  – число признаков (факторов).

В таблице 1 более подробно описаны влияющие факторы к рисунку 1.

Запланированные исследования на основе использования описанной древовидной структуры позволят ответить на вопрос о целесообразности использования различных методов диагностики, а также их сочетаний для прогнозирования вероятных сроков выхода электродвигателей из строя.

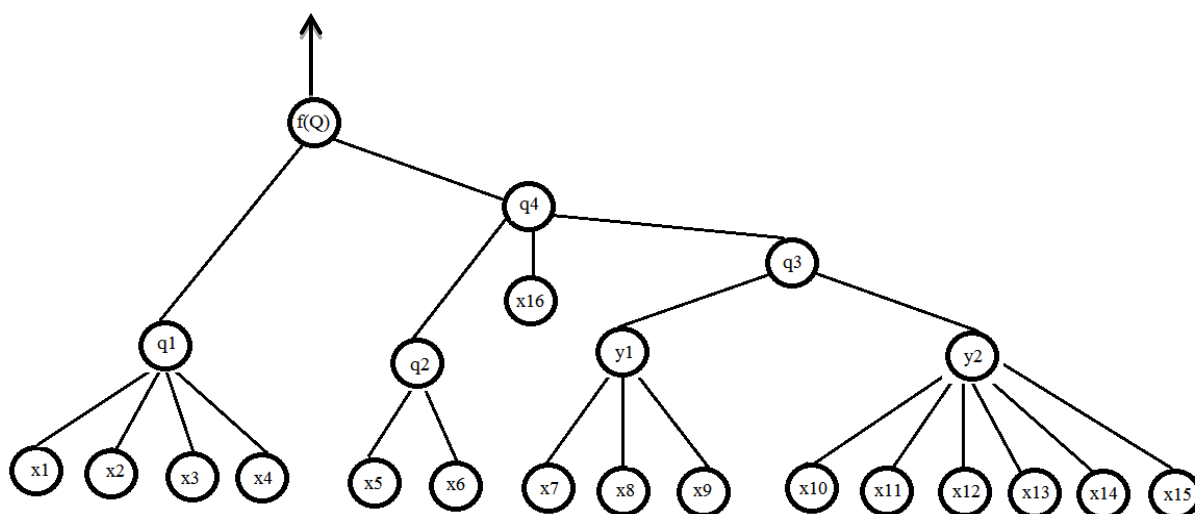


Рисунок 1 – Иерархическая структурная схема нечёткого логического вывода для асинхронного двигателя:  $x_1$ – $x_{16}$  – входные диагностические факторы системы;  $y, q$  – промежуточные параметры;  $Q$  – выход системы

Таблица 1 – Совокупность влияющих факторов к рисунку 1

Обозначение фактора	Описание фактора
$x_1$	Температура статора
$x_2$	Измерение КПД
$x_3$	Измерение вибрационной скорости $V$ , мм/с
$x_4$	Измерение внешнего магнитного поля
$x_5$	Оценка состояния активной стали ротора
$x_6$	Оценка состояния стержней ротора
$x_7$	Визуальный контроль
$x_8$	Выявление запахов
$x_9$	Прослушивание
$x_{10}$	Измерение сопротивления изоляции обмоток статора
$x_{11}$	Измерение коэффициента абсорбции изоляции обмотки статора
$x_{12}$	Измерение волновых затухающих колебаний в обмотке
$x_{13}$	Измерение с помощью ультразвука $G$ –модуль сдвига
$x_{14}$	Контроль токов утечки
$x_{15}$	Сравнительный анализ спектров токов

x16	Оценка состояния подшипников
y1, y2, q1, q2, q3, q4	Укрупненные влияющие факторы
Q	Корень дерева

#### Список использованных источников

1. Неисправности асинхронного электродвигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://malahit-irk.ru/index.php/2011-01-13-09-04-43/178-2011-06-11-06-24-45.html>
2. Хомутов, О. И. Эксплуатация, диагностика и восстановление низковольтных асинхронных электродвигателей [Текст] : учебное пособие по курсу «Монтаж и эксплуатация систем электроснабжения промышленных предприятий» для студентов специальности 10.04 – «Электроснабжение» (по отраслям) всех форм обучения / О. И. Хомутов, А. А. Грибанов ; [Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова]. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2003. – 110 с. : ил.
3. Хомутов, С. О. Новые методы и технические средства диагностики электродвигателей в агропромышленном комплексе [Текст] / С. О. Хомутов [и др.] // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2009. – № 4. – С. 109–115.
4. Суханкин, Г. В. Система нечеткой логики для определения остаточного ресурса асинхронного двигателя в условиях агропромышленного комплекса [Текст] / Г. В. Суханкин, Н. П. Воробьев, С. Н. Воробьева // Ползуновский вестник. – 2011. – № 2/2. – С. 187–194 : ил. – Библиогр. : с. 193 (4 назв.).
5. Алексеев, А. Н. Обработка нечёткой информации в системах принятия решений [Текст] / А. Н. Алексеев, Г. Н. Меркурьева [и др.]. – Москва : Радио и связь, 1989. – 304 с. : ил. – ISBN 5-256-00176-7.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Серебряков Н. А. – студент группы Э-11, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Асинхронный двигатель (АД) является самым распространённым видом привода в промышленности и народном хозяйстве. Асинхронные двигатели просты в изготовлении и эксплуатации, обладают высокой надёжностью в работе.

Основной недостаток асинхронных двигателей – сложность регулирования скорости вращения традиционными методами. Однако, управлять АД можно с помощью изменения частоты входного напряжения. Принцип частотного управления заключается в том, что изменяя частоту входного напряжения можно в соответствии с выражением:

$$\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p},$$

изменять угловую скорость вращения магнитного поля статора  $\omega_0$ .

Потери активной мощности  $\Delta P$  в электродвигателе удобно представить в виде суммы двух составляющих потерь – постоянных  $K$  и переменных  $V$ :

$$\Delta P = K + V.$$

Нас интересуют переменные потери, возникающие в обмотках двигателя при протекании по ним токов, определяемых механической нагрузкой:



$$V = V_1 + V_2 = Mw_0s \left( 1 + \frac{R_1}{R_2'} \right).$$

Из данного выражения видно, что мощность, потребляемая АД зависит как от момента нагрузки на валу, так и от скорости вращения, которые определяются видом нагрузки на валу. Для предельного случая (вентиляторная или насосная нагрузка) активная мощность, потребляемая из сети, будет кубически зависеть от скорости вращения.

Реактивную мощность, потребляемую двигателем, удобно представить в виде двух составляющих:

- мощности, которая идёт на создание магнитного потока  $Q_\mu$ ,
- мощность рассеяния  $Q_K$ ;

Мощность намагничивания представим в виде:

$$Q_\mu = \frac{U^2}{x_\mu \frac{w}{w_0}} \Leftrightarrow Q_\mu \equiv \frac{1}{w}.$$

Из выражения видно, что реактивная мощность намагничивания обратно пропорционально зависит от частоты вращения магнитного поля статора.

Для нахождения мощности рассеяния необходимо произвести следующие математические выкладки:

$$P_{эм} = I_D^2 \frac{r}{s} \Rightarrow s = I_D^2 \frac{r}{P_{эм}}; P_{эм} = M_C w.$$

Заменяя электромагнитную мощность получим:

$$s = I_D^2 \frac{r}{M_C w}.$$

Так как сопротивление ротора и момент на валу не изменяются, можно сделать вывод, что:

$$I_D^2 \equiv ws.$$

Тогда зависимость мощности рассеяния от частоты можно представить в виде:

$$Q_K = I_D^2 x_k \frac{w}{w_0} = \frac{swM_C}{r} x_k \frac{w}{w_0} \Rightarrow Q_K \equiv w^2 s.$$

Зависимости потребляемой мощности от частоты представлены на графике (рисунок 1).

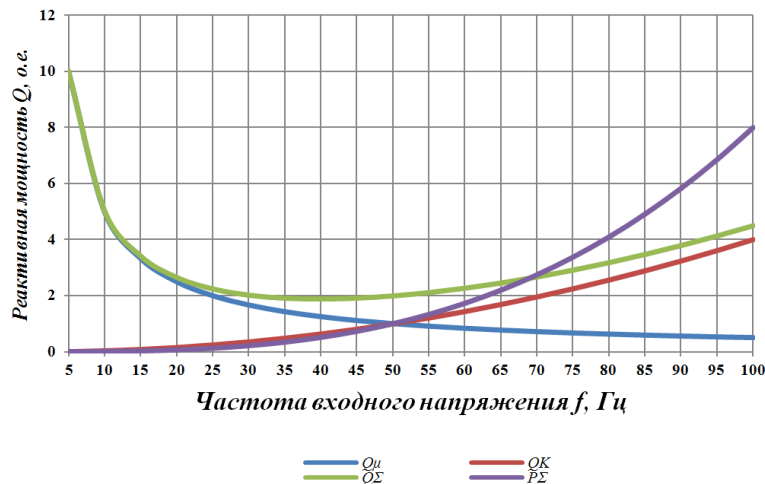


Рисунок 1 – Зависимости реактивной мощности, потребляемой асинхронным двигателем, от частоты

Из выше приведённых графиков видно, что уменьшение частоты входного напряжения значительно уменьшает потребляемую активную мощность, но при этом не наблюдается уменьшение потребления реактивной мощности. Отсюда следует, что при работе двигателя с частотой меньше номинальной, у него значительно падает коэффициент мощности  $\cos\varphi$  и, следовательно, двигатель негативно влияет на работу остальных электроприёмников. Так как преобразователь частоты является нелинейным элементом, то при его работе в сети появляются высшие гармоники. Несинусоидальность напряжения негативно влияет как на работу самого двигателя (ускоренное старение изоляции, дополнительные магнитные потери в стали двигателя от высших гармоник), так и на работу других электроприёмников. Поэтому установка частотных преобразователей должна быть, в первую очередь, выгодна с точки зрения качества электроэнергии.

Рассмотрим графики, полученные в ходе опытов над частотно-управляемым асинхронным двигателем. На рисунке 2 представлена зависимость коэффициента мощности от частоты вращения при разных видах управления. Из графиков на рисунке 3 видно, что коэффициент мощности  $\cos\varphi$  прямо пропорционально зависит от частоты входного напряжения. Наклон кривых к оси абсцисс различен, причем при вентиляторной нагрузке коэффициент мощности намного сильнее зависит от частоты. В целом коэффициент мощности невысок для АД. Это объясняется тем, что в ходе опытов использовался бюджетный вариант частотного преобразователя. У него дешевый фильтр на входе выпрямителя и он потребляет повышенное количество реактивной мощности. Также двигатель, используемый в ходе опытов, имеет небольшую мощность, а, следовательно, имеет невысокие показатели КПД и  $\cos\varphi$ .

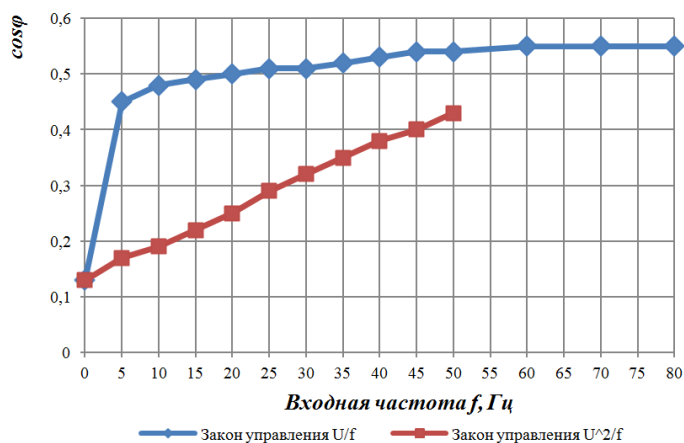
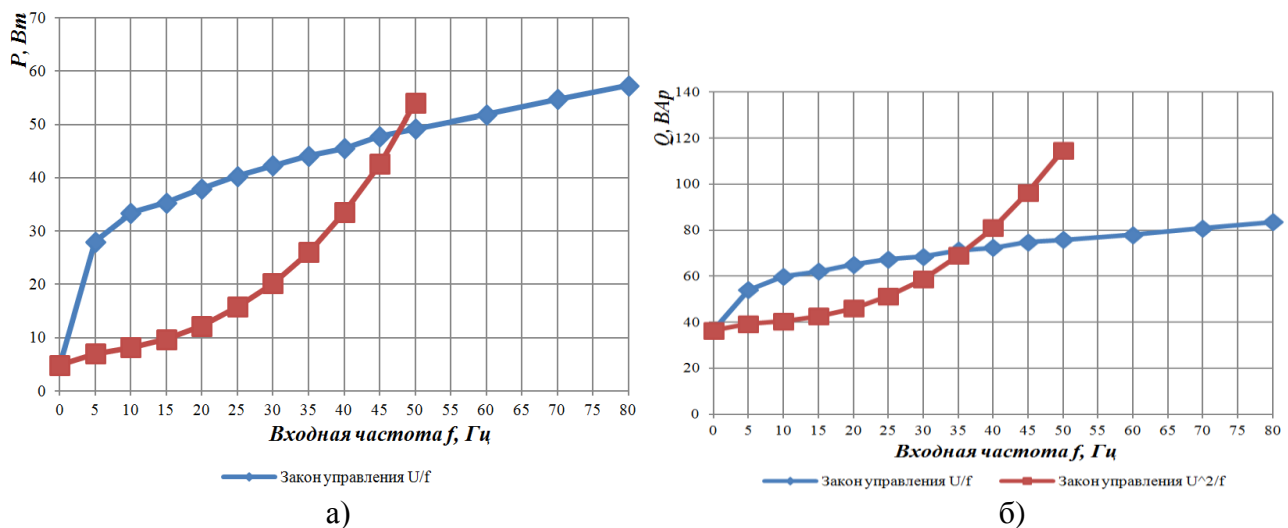


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента мощности от частоты

На рисунке 3 представлены зависимости потребляемой активной и реактивной мощности от частоты.



а) зависимости потребляемой активной мощности от частоты;  
 б) зависимости потребляемой реактивной мощности от частоты;  
 Рисунок 3 – Зависимости потребляемой мощности от частоты

Из графиков на рисунке 3,а видно, что зависимость потребляемой активной мощности от частоты имеет кубический вид при вентиляторной нагрузке. Зависимость потребляемой активной мощности от частоты для статической нагрузки имеет линейный характер. Важно отметить, что величина потребляемой мощности, в диапазоне частот от 0 до 50 Гц, значительно больше для закона управления  $\frac{U}{f}$  при меньшей нагрузке на валу. В то же время

видно, что перепад в величине потребляемой мощности больше для закона управления  $\frac{U}{f^2}$ .

На основании выше изложенного можно сделать вывод, что управлять электроприводом с помощью изменения частоты эффективнее при вентиляторной (насосной) нагрузке на валу.

На основании графиков на рисунке 3, б можно сделать вывод, что зависимость потребляемой реактивной мощности от частоты при вентиляторной нагрузке имеет квадратичный характер. В области частот 35-50 Гц зависимость схожа с зависимостью, полученной аналитическим путём. В диапазоне частот выше 35 Гц определяющее значение имеет мощность рассеяния в обмотках двигателя. В диапазоне частот 5-35 Гц графики имеют различную структуру. Это объясняется тем, что при получении аналитической зависимости не было учтено активное сопротивление обмоток двигателя. Предполагалось, что активное сопротивление не оказывает большого влияния на величину потребляемой реактивной мощности. Также было сделано допущение, что величины реактивных мощностей рассеяния и намагничивания примерно равны. Как мы видим из эмпирической зависимости, величина мощности рассеяния является определяющей в структуре потребления реактивной мощности АД. Зависимость потребляемой реактивной мощности от частоты при статической нагрузке имеет линейный характер. Её величина мало изменяется в зависимости от производительности двигателя.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ  
ЗАРЕЧЕНСКОГО РУДНИКА ОАО «СИБИРЬПОЛИМЕТАЛЛЫ»

Сорокин И. С. – студент группы Зм(з) Э-91, Гутов И. А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Среди установок, от которых зависит надёжность, безопасность и эффективность работы горного предприятия, одно из главных мест принадлежит шахтной подъемной установке (ШПУ). Она характеризуется сложностью конструкций и большой энергоёмкостью, на ее долю приходится до 70% всей потребляемой энергии на горном предприятии [1].

Однолинейная схема силовых цепей электропривода ШПУ, работающего в настоящее время на клетевой установке шахты, показана на рисунке 1. Действующий электропривод подъемной установки содержит электродвигатель (Д) с фазным ротором типа АКН2-18-27-20 МУХЛ4 (номинальная мощность 500 кВт, номинальные обороты 370 об/мин), реверсор (Р) в цепях статора электродвигателей, станцию динамического торможения (СДТ) и пусковые резисторно-контакторные станции (ПРКС) в цепи ротора электродвигателя. ПРКС содержит восемь ступеней переключения резисторов.

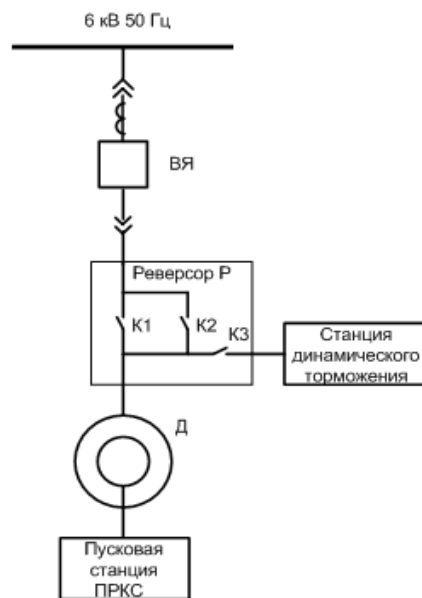


Рисунок 1 - Однолинейная структурная схема электропривода действующей ШПУ

На рисунке 2 показаны структурные схемы силовых цепей электропривода ШПУ с ПРКС и СДТ, иллюстрирующие направления потоков активной мощности в системе при положительном моменте на валу электродвигателя (рисунок 2 а — двигательный режим) и при отрицательном моменте на валу (рисунок 2 б — режим торможения).

В двигательном режиме (рисунок 2 а) активная мощность из сети 6 кВ 50 Гц  $P_c$  через цепи статора  $P$  и вал электродвигателя  $P_v$  затрачивается на подъем груза  $P_d$ . При этом часть мощности статора электродвигателя  $P$  поступает в ротор  $P_p$  и расходуется в ПРКС на нагрев сопротивлений [1].

В режиме торможения (рисунок 2 б) электродвигатель отключаются от сети и в ротор вводятся сопротивления. При отрицательном моменте на валу электродвигателей мощность с вала  $P_v$  поступает в электродвигатель. Поскольку в ШПМ используется динамическое торможение с отключением статора от сети 6 кВ 50 Гц и подключением двух фаз к источнику постоянного тока СДТ, вся мощность, поступающая с вала электродвигателя, расходуется на нагрев электродвигателя и нагрев роторных сопротивлений ПРКС.

На основе приведенных соотношений выполнен расчет потерь электроэнергии за год (365 рабочих дней) в электроприводе ШПУ  $N_{pc}$ , электроэнергии, затраченной на выполнение полезной работы по вращению вала  $N_v$ , и электроэнергии, потребленной из питающей сети

$N_c = N_{pc} + N_b$  [1] с существующим оборудованием ПРКС и СДТ для основного режима подъема руды из шахты с горизонта 180 (90 подъемов в смену):  $N_{pc} = 109\,563$  кВт\*час,  $N_b = 128\,635$  кВт\*час,  $N_c = 238\,198$  кВт\*час.

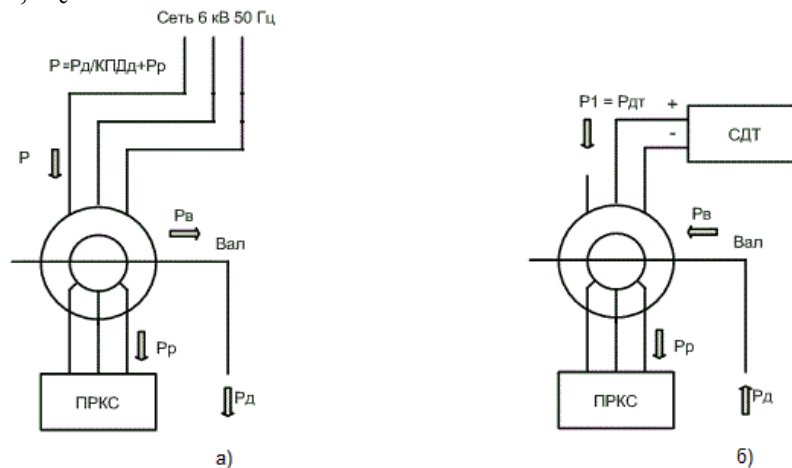


Рисунок 2 - Структурные схемы электропривода ШПУ в двигательном режиме (а) и в режиме торможения с отрицательным моментом (б).

Расчет затрат электроэнергии показывает, что для выполнения полезной работы по подъему-спуску грузов было затрачено  $N_b = 128635$  кВт\*час электроэнергии, а на нагрев роторных сопротивлений ПРКС было затрачено  $109563$  кВт\*час. Коэффициент полезного использования электроэнергии составил  $K_{п} = N_b / N_c = 128635 / 238198 = 0,54$ . Если энергию скольжения ротора не использовать на нагрев роторных сопротивлений, а вернуть в сеть, то общее потребление электроэнергии ШПУ в рассматриваемом примере снизится на 63%.

Еще более низкие энергетические показатели действующий электропривод имеет в режимах спуска/подъема людей на пониженной скорости 3 м/с и при осмотре ствола шахты на скорости 0,3 м/с из-за еще больших потерь электроэнергии в роторных сопротивлениях.

При разгоне, торможении и работе ШПМ на пониженной скорости расходуется значительная электроэнергия, идущая на нагрев роторных сопротивлений ПРКС, нагрев электродвигателя и износ механических тормозов. Так же станция динамического торможения не может обеспечить высокую точность торможения клетки из-за низких управляющих свойств электродвигателя в режиме динамического торможения [1].

Предлагается модернизировать ШПУ за счет применения высокоточного и энергоэффективного частотно-регулируемого электропривода (ЧРЭП) с преобразователями частоты (ПЧ) типа «ЭРАТОН-ФР-500-750-525» производства ЗАО «ЭРАСИБ», которые устанавливаются между цепями ротора АД ФР и питающей сетью, взамен имеющихся роторных пусковых резисторно-контакторных станций (ПРКС) и станции динамического торможения (СДТ). При этом старая станция управления с ПРКС и СДТ остается в горячем резерве с целью повышения надежности ШПУ.

Однолинейная структурная схема электропривода ШПУ с ПЧ показана на рисунке 3. Для частотного управления электродвигателями ШПУ между цепями ротора и питающей сетью 6 кВ 50 Гц устанавливаются два ПЧ. К ротору электродвигателя преобразователь подключается через механический переключатель П. К питающей сети преобразователь подключается через согласующий трансформатор Тр и высоковольтную ячейку ВЯ2. Резервная пусковая станция ПРКС, может подключаться к ротору электродвигателя через роторный переключатель П. Реверсор Р при работе преобразователя используется для реверса направления вращения электродвигателя Д за счет изменения порядка чередования фаз напряжений статора аналогично существующему электроприводу с ПРКС, но станция динамического торможения не используется и отключена контакторами К реверсора Р. Между автоматизированной системой контроля и управления (АСКУ) установки и ПЧ устанавливается контроллер связи с системой управления ШПУ, обеспечивающий обмен цифровой информацией и командами с автомати-

зированной системой управления и контроля подъемной установки (АСКУ ПУ). За счет структуры силовых цепей с двумя транзисторными инверторами (роторным и сетевым), связанными звеном постоянного тока, ПЧ обеспечивает передачу активной мощности скольжения из ротора в питающую сеть, а также из сети в цепь ротора электродвигателя. Рекуперация энергии скольжения АД ФР в сеть обеспечивает плавный пуск и работу в двигательном режиме без потерь мощности в резисторах пусковой станции. При этом из питающей сети потребляется только мощность, передаваемая на вал электродвигателя. Изменение направления потока активной мощности в цепи ротора электродвигателя на противоположный (из сети в цепь ротора) переводит электродвигатель в режим рекуперативного торможения с возвратом энергии вала через электродвигатель в питающую сеть. При этом осуществляется рекуперативное торможение АД с минимальными потерями мощности [2].

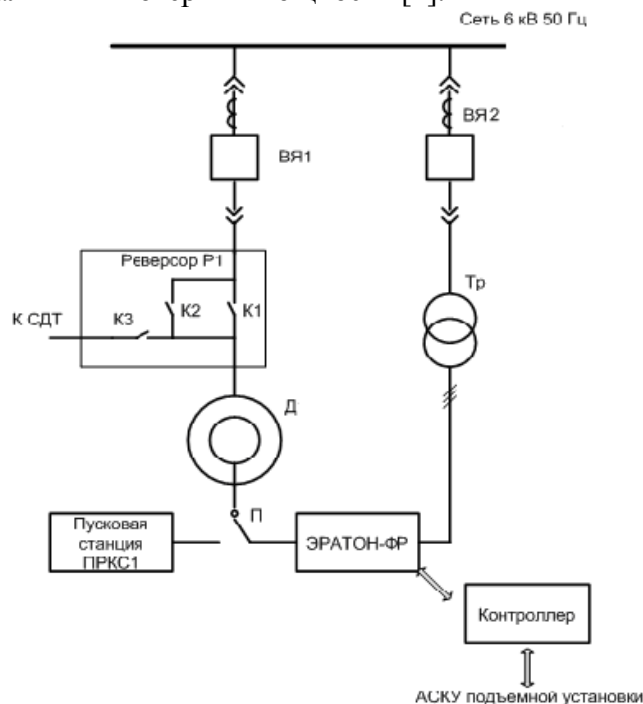


Рисунок 3 - Однолинейная схема силовых цепей электропривода ШПУ с ПЧ «ЭРАТОН-ФР»

Замена ПРКС и СДТ на ЧРЭП «ЭРАТОН-ФР-500-750-525» обеспечивает:

- надежную работу электропривода ШПУ в условиях «слабых» промышленных сетей;
- выбор зазоров в механических передачах и плавное натяжение канатов ШПУ;
- плавный разгон сосудов ШПУ за заданное время без потерь мощности в цепи ротора АД за счет возврата мощности скольжения ротора через ЧП в питающую сеть;
- стабилизацию скорости сосуда ШПУ в периоды равномерного движения с точностью до 1% независимо от степени уравновешенности и характера изменения конечных усилий;
- рекуперативное торможение с возвратом энергии движущихся масс в питающую сеть в периоды равномерного движения сосуда ШПУ при изменении знака конечного усилия;
- замедление сосуда ШПУ за заданное время с формированием усилия любого знака;
- рекуперативное торможение электродвигателя с возвратом энергии в сеть в периоды замедления сосуда ШПУ при формировании отрицательных тормозных усилий;
- малое время замедления и высокую точность остановки ШПУ без применения механического тормоза, который включается только после полной остановки ШПУ;
- работу ШПУ на пониженных скоростях без непроизводительных потерь электроэнергии в роторной управляющей станции;
- компенсацию реактивной мощности, потребляемой АД ШПУ, без применения дополнительных компенсаторов реактивной мощности [2].

Кроме этого, ЧРЭП «ЭРАТОН-ФР» обеспечивает снижение потребления электроэнергии ШПУ по сравнению с электроприводом на базе ПРКС за счет снижения потребления электроэнергии в периоды разгона, замедления. Следует отметить, что эффективность применения ЧРЭП в схемах питания ШПМ уже отметили на некоторых горных предприятиях в России и Казахстане.

Список использованных источников:

1. Дроздова, Л. Г. Стационарные машины и установки [Текст]: учебное пособие. / Л. Г. Дроздова. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. - 157 с.
2. ЗАО «ЭРАСИБ» Официальный сайт [Электронный ресурс] – Электронные данные - Режим доступа: <http://erasib.ru/articles/hoist-eratonfr-efficiency> (дата обращения 24.02.2015).

## РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКА ЗАДАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ИНВЕРТОРА КОШ-АГАЧИНСКОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Сорокина Л. В. – студент группы Э-12, Попов А. Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для того чтобы решить проблему резервирования источника задающего напряжения инвертора ведомого сетью, обеспечивающего преобразование постоянного напряжения, вырабатываемого панелями солнечных батарей Кош-Агачинской солнечной электростанции (СЭС) при потере ею связи с энергосистемой в результате действия релейной защиты энергосистемы, требуется внедрить устройство которое сможет задать шаблон сигнала в форме трехфазного синусоидального напряжения на выходе инвертора и, тем самым, обеспечить бесперебойность электроснабжения потребителей Кош-Агачинского сельского поселения при потере связи с энергосистемой.

Требуемым источником задающего напряжения сможет стать электронный генератор трехфазного синусоидального напряжения с использованием возможностей встроенных модулей широтно-импульсной модуляции (ШИМ-модулей) современных микроконтроллеров AVR фирмы Atmel. Микроконтроллеры серии ATmega данной фирмы также имеют возможность программно изменять тактовую частоту, что позволяет осуществить плавную регулировку частоты [1].

Чтобы плавно регулировать тактовую частоту, нужно измерять напряжение внутренним аналогово-цифровым преобразователем (АЦП) на потенциометре, который включен между общим проводом и источником питания, а затем записывать полученное значение в регистр управления коэффициентом деления тактового генератора микроконтроллера, что наглядно представлено на принципиальной схеме разрабатываемого в представляемой работе генератора трехфазного синусоидального задающего напряжения, и приведенной на рисунке 1.

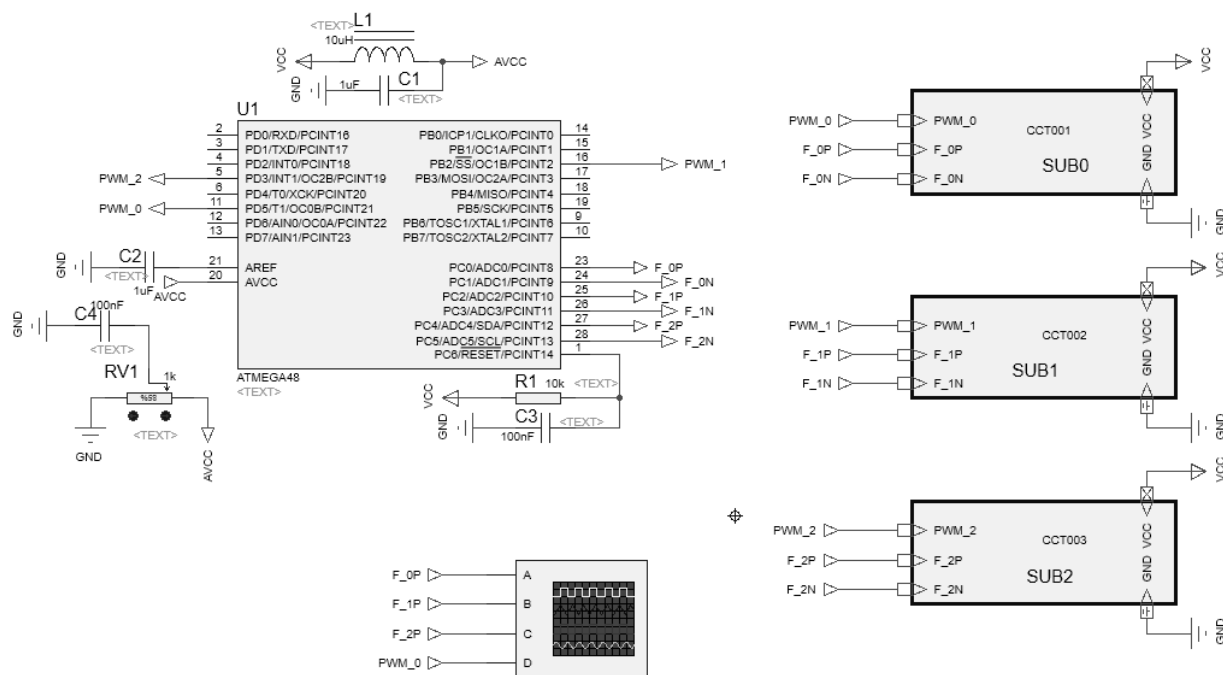
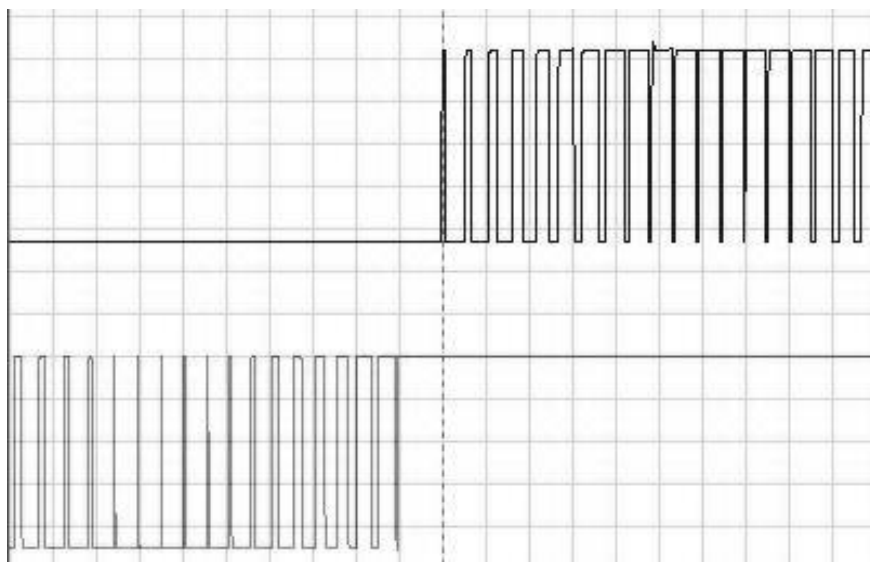


Рисунок 1 – Принципиальная схема генератора трехфазного синусоидального задающего напряжения

Контроллер ATmega48, используемый в данной схеме, содержит три таймера с возможностью ШИМ-модуляции (два 8-разрядных таймера/счетчика с отдельным предделителем и режимом сравнения и один 16-разрядный таймера/счетчика с отдельным предделителем и режимом сравнения и режимом захвата) и восьмиканальный АЦП (имеет шесть 10-битных каналов и два 8-битных канала), поэтому для задающего генератора понадобится только несколько пассивных элементов [2]. На рисунке 2 приведены осциллограммы формирования синусоидального напряжения посредством ШИМ-модуляции.



верхняя кривая – для положительной полуволны синусоиды; нижняя – для отрицательной

Рисунок 2 – Осциллограмма ШИМ-сигнала для одной из фаз опорного напряжения  
 Главным назначением источника бесперебойного питания (ИБП), которым в нашем случае электронный генератор трехфазного синусоидального напряжения, является обеспечение



инвертора, ведомого сетью необходимым для его работы опорным напряжением в те промежутки времени, когда электрическая сеть по каким-то причинам не может этого сделать.

Вся мощность, потребляемая ИБП от сети, сначала преобразуется из переменного тока в постоянный с помощью выпрямителя, после этого в действие вступает преобразователь постоянного тока в переменный – инвертор, обеспечивающий на выходе ИБП необходимое переменное напряжение.

Когда напряжение в сети становится таким маленьким, что выпрямитель уже не может обеспечить полноценную работу инвертора, генератор будет питать инвертор требующимся ему постоянным током. Инвертор, в свою очередь, продолжает, как ни в чем ни бывало, подавать напряжение.

Таким образом, актуальным является разработка данного устройства питания инвертора, работающего в составе солнечных агрегатов Кош-Агачинской СЭС. Это является одним из важных шагов в развитии солнечной энергетики в Алтайском крае, а это в своем роде энергобезопасность и экологически чистое будущее нашей планеты!

Список использованных источников:

1. AVR for... [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://yysup.narod.ru>
2. Atmega48-88-168 [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://mega-avr.com.ua/atmega48-88-168>

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Сорокин К. В., Толстых А. Ю. – студенты группы 9Э-91, Гутов И. А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время все больше внимания уделяется беспроводным технологиям. Буквально за несколько лет был совершен прорыв в области беспроводной передачи цифровых и аналоговых данных на огромные расстояния без применения каких-либо проводников. На данный момент актуальна разработка устройства для беспроводной передачи электрической энергии, так как это позволит решить множество проблем, удешевить и упростить процесс передачи электроэнергии. Данная технология найдет своё применение в большинстве сфер деятельности человека: в быту, промышленности, сельском хозяйстве и т.д.

На данный момент уже существуют способы передачи электроэнергии без проводов, такие как: ультразвуковой способ, метод электромагнитной индукции, электростатическая индукция, микроволновое излучение, лазерный метод.

При проведении анализа существующих установок для передачи электроэнергии было выявлено, что в большинстве случаев такие установки слишком громоздки, при этом их КПД очень мал, что позволяет им производить передачу электроэнергии на очень малые расстояния.

Целью данной работы является разработка устройства, которое при относительно небольших габаритных размерах обладало бы более высоким коэффициентом полезного действия по сравнению с существующими установками, а также обеспечивало максимальную простоту подключения и использование установки путем питания от сети 220 В 50 Гц.

Структурная схема разрабатываемого устройства представлена на рисунке 1.

В основе устройства лежит полупроводниковый преобразователь DC-AC, представляющий собой не что иное, как мощный, двухтактный, полумостовой усилитель импульсов, поступающих с задающего генератора ЗГ. При разработке полупроводникового преобразователя DC-AC взята стандартная схема полумостового усилителя, используемая в схемах управления нагревателей токов высокой частоты, и произведена его модернизация с целью повышение мощности и надежности. Основным изменением, которое предлагается, является замена выходных каскадов полевых транзисторов более мощными в данном случае IRFP460, а

также применение супрессоров, ограничивающих напряжение пробоя на затворах транзисторов. Данная модернизация позволит значительно увеличить выходную мощность усилителя, и дополнительно обеспечить защиту силовых каскадов от выхода из строя, вследствие неконтролируемых скачков напряжения в системе, образующихся при перезаряде конденсаторной сборки ММС.

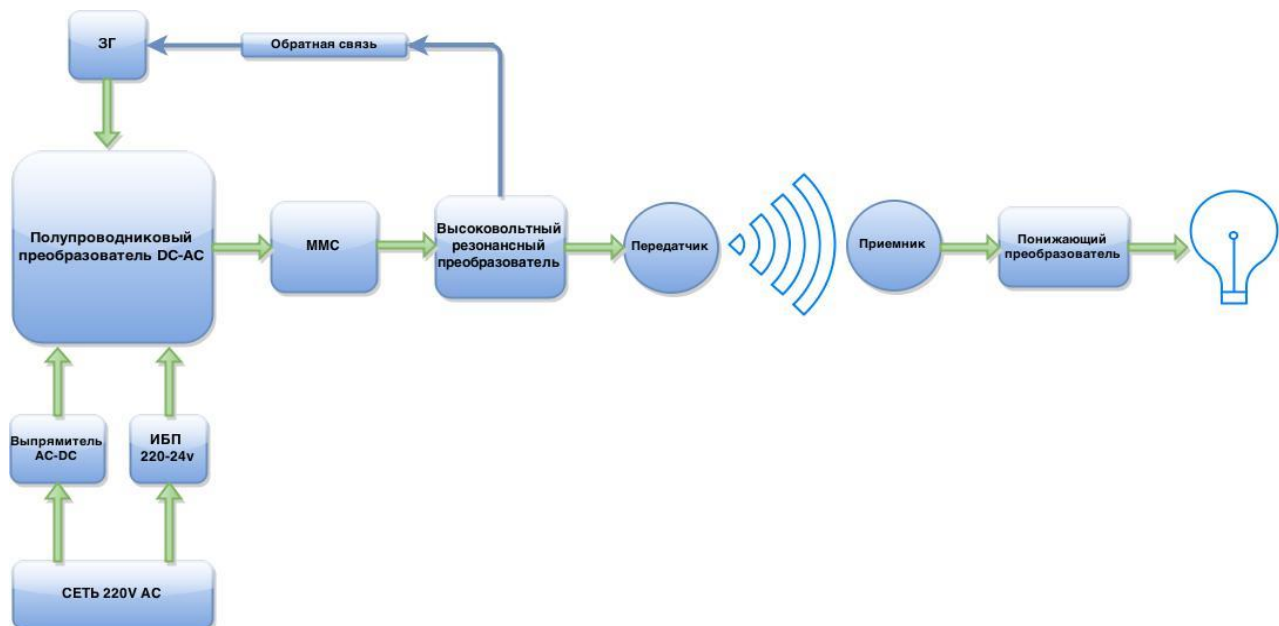


Рисунок 1 – Структурная схема устройства для передачи электроэнергии на расстоянии

На рисунке 2 приведена осциллограмма напряжения на выходе мостового усилителя.

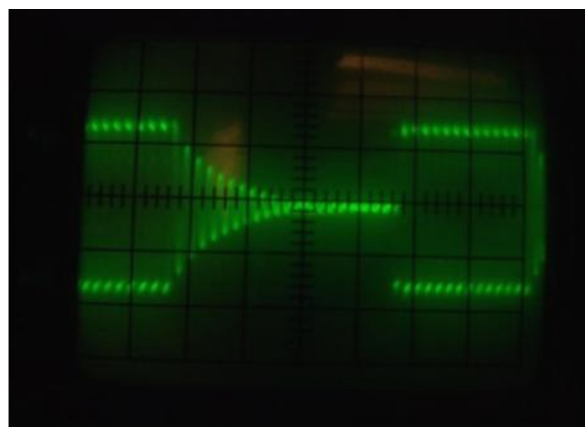


Рисунок 2 – Осциллограмма напряжения на выходе модернизированного полумостового усилителя

Величина выходного напряжения преобразователя DC-AC зависит от напряжения питания полумостового усилителя, которое может составлять от 100 до 600 В. Выходное напряжение с мостового усилителя поступает на первичный контур высоковольтного резонансного преобразователя, представляющего собой колебательный контур, в состав которого входит катушка индуктивности и конденсаторная сборка ММС.

При работе первичного контура резонансного преобразователя образуется собственная частота, которая по средствам обратной связи поступает на задающий генератор ЗГ, а далее на мостовой усилитель. Частота выходного напряжения преобразователя DC-AC совпадет с частотой, образовавшейся в колебательном контуре, наступает явление резонанса.

Во вторичном контуре резонансного преобразователя возникает высокое напряжение,

которое через разрядник поступает на обмотки передатчика, в качестве которого предлагается использовать плоскую бифилярную катушку. Так как в основе работы бифилярной катушки лежит принцип наложения магнитных полей в обеих ее составляющих, то это приводит к созданию общего, большого магнитного потока. Использование бифилярной катушки обеспечит более эффективную передачу электроэнергии от передатчика к приемнику. В качестве приемника так же используется бифилярная катушка, подключенная к понижающему преобразователю, настроенная в резонанс с резонансным преобразователем передатчика. На выходе вторичного контура понижающего преобразователя подключается нагрузка.

Внедрение разрабатываемого устройства позволит производить передачу электроэнергии с меньшими потерями по отношению к существующим установкам, а также позволит увеличить расстояние от передатчика до приемника.

Список использованных источников:

1. Новиков, П. А. Защита от перенапряжения: что выбрать? [Электронный ресурс] / П. А. Новиков // Веб-сайт ЗАО «Электрум АВ». - Режим доступа: <http://electrum-av.com/images/stati/zashita%20ot%20perenapryazeniya.pdf>
2. International IOR Rectifier // Datasheet IRFP460. - Режим доступа: <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irfp460a.pdf>
3. Кухтецкий, С. В. Простой лабораторный инвертор для индукционного нагрева. Часть 3, 2011 год / С. В. Кухтецкий. // Веб-сайт Института химии и химической технологии СО РАН. - Режим доступа: [http://www.icct.ru/sites/default/files/Invertor-07.pdf /](http://www.icct.ru/sites/default/files/Invertor-07.pdf/)
4. Зарецкий, Евгений Бифилярная катушка – её разновидности и применение [Электронный ресурс] / Евгений Зарецкий // Веб-сайт Fb.ru. - Режим доступа: <http://fb.ru/article/74315/bifilyarnaya-katushka---ee-raznovidnosti-i-primenenie>