

## ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ВОЛНОВЫХ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Ашов И.Г., Курбонов С.А. – студенты группы Э-92, Грибанов А.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Производство продукции промышленным способом связано с использованием в технологических процессах различных машин и механизмов. Для их привода благодаря наличию ряда существенных достоинств наибольшее распространение получили трёхфазные асинхронные электродвигатели. Благодаря простоте конструкции они обладают сравнительно высокой надёжностью. Тем не менее, для обеспечения высокой эффективности производства необходимо выполнять технические мероприятия по поддержанию эксплуатационной надёжности на необходимом уровне.

Среди технологий, образующих систему мероприятий по повышению эксплуатационной надёжности, важнейшими являются технологии получения и обработки информации о текущем состоянии электродвигателя, которыми на практике являются диагностика и прогнозирование отказов. Методы диагностики асинхронных двигателей можно разделить на две большие группы: тестовые и функциональные. Тестовые методы диагностики получили своё название благодаря тому, что для оценки технического состояния используются специальные тестовые сигналы определённой формы и параметров. Методы функциональной диагностики используют зависимости между отдельными развивающимися дефектами и рабочими параметрами электродвигателя.

Среди методов тестовой диагностики можно выделить метод волновых затухающих колебаний. Его суть состоит в том, что на один из выводов обмотки подаётся прямоугольный импульс напряжения, а на других выводах регистрируется диагностический сигнал. Метод обладает рядом достоинств, но возможность его применения ограничивается только двигателями, которые находятся в отключённом от сети состоянии. Однако на практике часто возникает необходимость отслеживать состояние отдельных частей электродвигателя во время работы, а методы функциональной диагностики не позволяют с заданной точностью оценивать текущее техническое состояние отдельных частей электродвигателя.

Поэтому возникла идея внедрения метода волновых затухающих колебаний во время работы электродвигателя. Однако, для внедрения этого метода необходимо исследовать возникающие процессы и оценить влияние, оказываемое на параметры качества электроэнергии. В связи с этим необходимо выполнить комплекс поисковых экспериментальных исследований указанных процессов.

Для проведения экспериментальных исследований было выбрано следующее оборудование: цифровой осциллограф АКИП-4107/3, сочетающий в себе функции генератора тестовых сигналов и осциллографа с анализатором спектра, имеющий соединение с помощью USB-интерфейса с персональным компьютером или ноутбуком, цифровой бесконтактный тахометр MASTECH MS6208B и группа исследуемых электродвигателей. Цифровой осциллограф совместно с персональным компьютером и программным обеспечением образуют аппаратно-программную систему обработки диагностической информации.

При помощи выбранного оборудования в лаборатории были проведены опыты, в которых анализировались спектрограммы и осциллограммы при подаче на зажимы двигателя постоянного тока, а также прямоугольного импульса.

Следующим шагом проведения опытов будет снятие осциллограммы ВЗК (волновых затухающих колебаний) процесса для основных положений ротора, а также моделирование дефектов: межвитковых замыканий, замыканий на корпус, междофазных замыканий.

# ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Бахтин Б.И. – студент группы Э-91, Грибанов А.А. – к.т.н., доцент

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

Электроэнергия в настоящее время является неотъемлемой частью современного образа жизни человека. Любые отключения электроэнергии, пусть даже и на небольшой период времени, создают значительные неудобства.

Естественно, что надёжность работы электрических сетей, электростанций и энергосистем в значительной степени зависит от надёжности работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов, эксплуатируемых на электростанциях и в электрических сетях, значительное количество которых на энергопредприятиях России отработали установленный стандартом ГОСТ 11677-85 срок службы 25 лет.

Многие специалисты отмечают, что менять трансформатор по истечении его назначенного ресурса (25 — 30 лет) зачастую оказывается нецелесообразно. Дело в том, что, если условия работы оборудования на протяжении срока эксплуатации соответствовали расчётным, а нагрузки не превышали номинальных значений, велика вероятность того, что состояние его твердой изоляции (основной параметр, определяющий реальный срок службы трансформатора) после завершения назначенного ресурса останется удовлетворительным.

То есть для обеспечения требуемого уровня надёжности работы энергосистемы при дальнейшей эксплуатации оборудования, исчерпавшего назначенный ресурс, особое внимание должно быть уделено контролю его технического состояния. Таким образом, на современном этапе развития энергетики повышается актуальность вопросов диагностики силовых трансформаторов.

Одним из наиболее эффективных методов выявления дефектов в трансформаторном оборудовании является метод низковольтных импульсов, который позволяет определять не только наличие дефекта, но и место его возникновения, а также выявлять дефекты, находящиеся на ранней стадии развития, следить за состоянием изоляции обмоток и объективно оценивать процесс эксплуатации силового трансформатора.

Метод низковольтных импульсов (НВИ) заключается в том, что от специального генератора на одну из обмоток (или в нейтраль) трансформатора подаётся короткий прямоугольный зондирующий импульс низкого напряжения величиной около 100 - 600 В, длительностью около 1 мкс и одновременно осциллографируются реакции обмоток на воздействие этого импульса – напряжения на измерительных сопротивлениях, подключённых к другим обмоткам. Таким образом, исследуется переходный процесс, возникающий в обмотках как реакция на воздействие прямоугольного импульса. В основе метода заложен принцип последовательного дефектографирования. Предварительно производится паспортизация реакции исправного (или нового) трансформатора на НВИ. Такие измерения проводятся регулярно во время эксплуатации трансформатора и, во всяком случае, после случая КЗ. Сравнение по определенной методике осциллограмм, записанных до КЗ (нормограмм) и после КЗ (дефектограмм) позволяет оценить состояние трансформатора. Изменения в осциллограммах свидетельствуют о появлении электрических или механических повреждений.

В ходе экспериментальных исследований снятие осциллограмм и спектрограмм осуществлялось с силового трехфазного масляного трансформатора 10/0,4 кВ мощностью 630 кВА (ТМ-630) после капитального ремонта.

Был разработан порядок и методика снятия осциллограмм и спектрограмм по методу низковольтных импульсов для оценки остаточного ресурса силового трансформатора, в соответствии с которым производились снятия данных осциллограмм.

Представим наиболее характерные осциллограммы.

1. Осциллограмма, снятая со стороны 10 кВ (для которой генератор с частотой 50 Гц подаёт сигнал на фазу С, с фаз А и В производится снятие характеристики с шагом сетки 5 мс), представлена на рисунке 1.

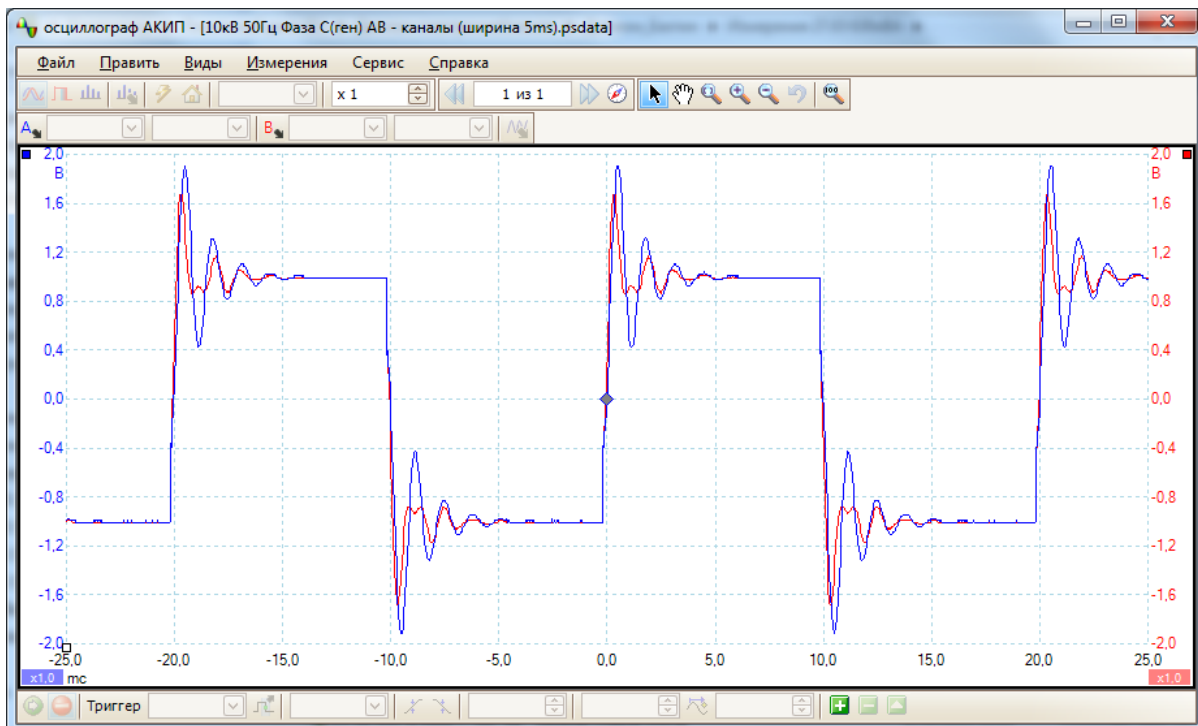


Рисунок 1 – Осциллограмма, снятая со стороны 10 кВ (частота 50 Гц)

2. Осциллограмма, снятая со стороны 10 кВ, для которой генератор с частотой 2 кГц подаёт сигнал на фазу С, с фаз А и В производится снятие характеристики с шагом сетки 100 мкс, представлена на рисунке 2.

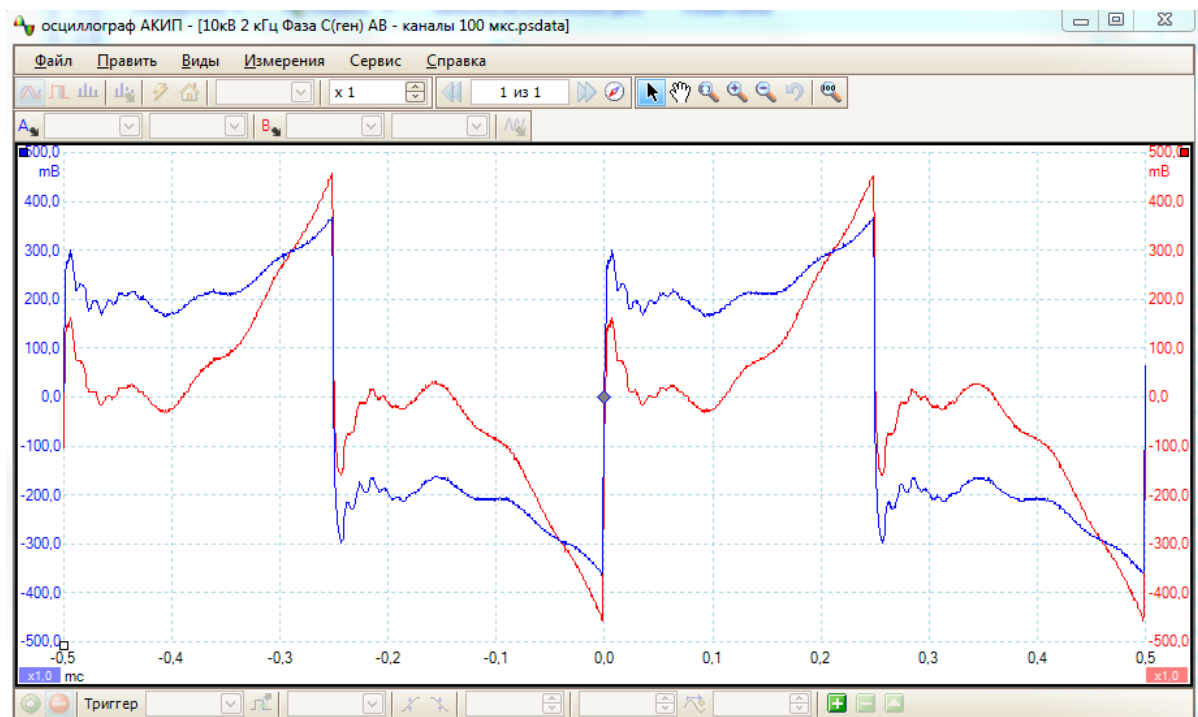


Рисунок 2 – Осциллограмма, снятая со стороны 10 кВ (частота 2 кГц)

3. Осциллограмма, снятая со стороны 0,4кВ, для которой генератор с частотой 40 кГц подает сигнал на фазу А, с фаз В и С производится снятие характеристики с шагом сетки 5 мкс, представлена на рисунке 3.

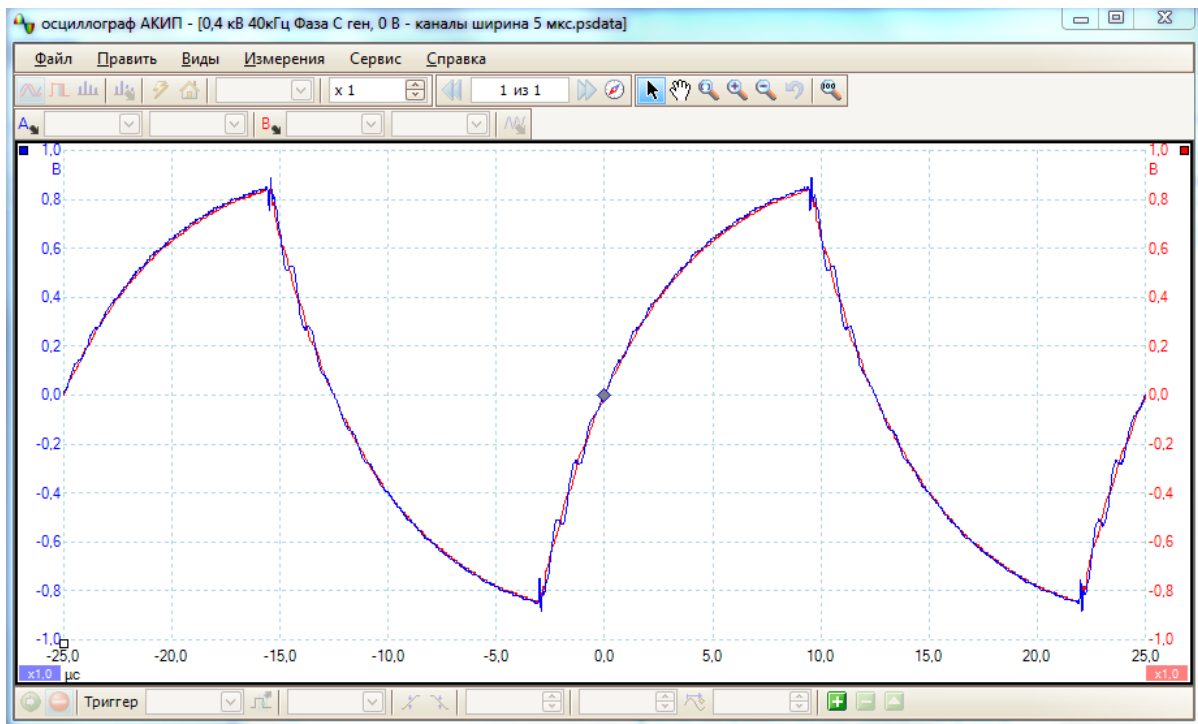


Рисунок 3 – Осциллограмма, снятая со стороны 0,4 кВ (частота 40 кГц)

4. Осциллограмма, для которой генератор с частотой 5 кГц подаёт сигнал на высокую сторону 10 кВ фазу А, а с низкой стороны 0,4 кВ фаз в и с производится снятие характеристики с шагом сетки 50 мкс, представлена на рисунке 4.

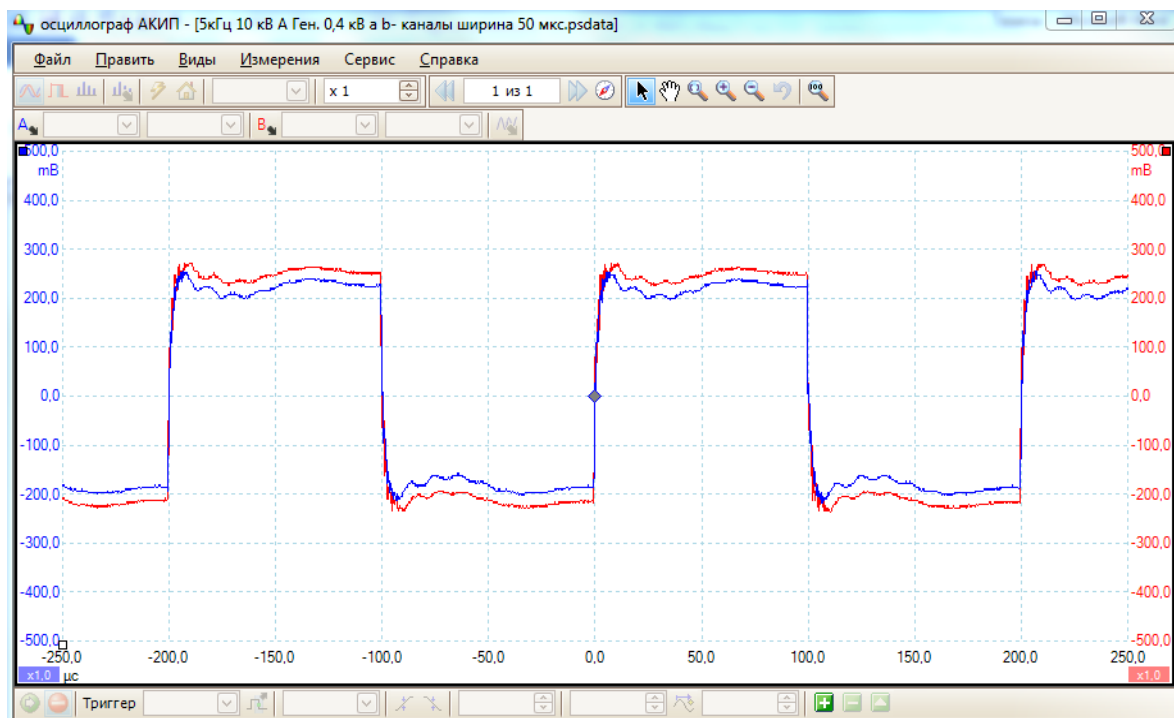


Рисунок 4 – Осциллограмма, для которой подается сигнал на высокую сторону 10 кВ, а снимается с низкой стороны 0,4 кВ (частота 5 кГц)

Данные осциллограммы были приняты в качестве нормограмм, то есть для оценки остаточного ресурса трансформатора в дальнейших исследованиях будут получены дефектограммы (после КЗ) и по определенной методике, разработанной для оценки остаточного ресурса силового трансформатора, можно будет оценить состояние трансформатора, так как изменения в осциллограммах свидетельствует о появлении электрических или механических повреждений.

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Беляков А.В. – студент группы 8Э-21, Мартко Е.О. – ассистент,  
Хомутов С.О. – д.т.н., профессор

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

Агропромышленный комплекс (АПК) в целом и его базовая отрасль – сельское хозяйство – являются ведущими системообразующими сферами экономики страны, формирующими продовольственный рынок, продовольственную и экономическую безопасность, трудовой и поселенческий потенциал сельских территорий [1]. Наличие на предприятиях всего около 30% новых электроустановок наряду с устаревшим оборудованием отрицательно сказывается на развитии всей отрасли, именно поэтому так значительно возрастают требования к эксплуатации электрооборудования, призванные решать проблемы его надежности.

На современном этапе развития АПК наиболее массовым типом привода и основным потребителем электрической энергии остается асинхронный электропривод [2]. Низкий уровень эксплуатационной надежности электродвигателей (ЭД) отрицательно сказывается на общей экономической эффективности сельхозпредприятий. Рекомендуемые меры плановой профилактики электроприводов зачастую не приводят к желаемым результатам и поэтому имеют достаточно ограниченное применение. Проблема эксплуатационной надежности ЭД системна и не поддается решению с помощью отдельных технических средств, только разработка и внедрение систем автоматизированного расчета остаточного ресурса ЭД позволяет перейти на качественно новую основу организации обслуживания и ремонта за счет оценки фактического состояния оборудования. Такой подход наиболее рационален, т.к. позволяет снизить эксплуатационные расходы и расходы на проведение ремонтных работ.

Большинству существующих в настоящее время методик расчета остаточного ресурса электродвигателей присущ основной недостаток – низкая достоверность полученных результатов из-за отсутствия учета вероятностных параметров внешней среды эксплуатации, имеющих место в реальном мире. Рассматриваемая проблема многогранна, решается довольно медленно, поскольку ситуация осложнена тем, что в рабочем режиме, как правило, возникают либо организационные и технические трудности, обусловленные необходимостью внедрения соответствующей измерительной техники, либо требуется ресурсоемкая разработка программного обеспечения реализации избранной методики.

Проведенное авторами исследование позволило усовершенствовать существующие методики оценки и прогнозирования остаточного ресурса ЭД для принятия обоснованного решения по дальнейшей его эксплуатации, ремонту или замене. Достижению данного результата способствовало решение нижеследующих задач:

- теоретически обоснованы и определены методы отбора и ввода вероятностных характеристик для математического моделирования;
- разработана математическая модель, позволяющая прогнозировать остаточный ресурс ЭД с заранее заданной вероятностью и осуществить экспериментальную проверку разработанной модели в реальных условиях;
- усовершенствована методика определения остаточного ресурса ЭД и рассчитана экономическая эффективность использования методики прогнозирования эксплуатационной надежности ЭД на основе вероятностной модели его технического состояния.

В ходе решения данных задач была разработана математическая модель на основе вероятностных факторов, которая позволяет прогнозировать время работы ЭД до его отправки в ремонт. Опуская общие положения и теоретические аспекты прогнозирования временных рядов, необходимых для разработки математической модели, приведем конечный результат моделирования, положенный в основу усовершенствованной методики.

Измеряемая вероятностная характеристика является пределом выборочного среднего функционально преобразованного случайного процесса:

$$\Theta[X(t)] = \lim_{d \rightarrow \infty} S_d g[x_j(t)],$$

где  $\Theta$  – измеряемая вероятностная характеристика;  $S_d$  – оператор идеального усреднения;  $d$  – параметр усреднения (время  $T$ , совокупность реализаций  $N$  или время и совокупность реализаций  $T_N$ );  $g$  – оператор, представляющий собой преобразования, лежащие в основе определения вероятностной характеристики  $\Theta$ ;  $x_j(t)$  –  $j$ -ая реализация случайного процесса.

На практике имеется ограниченная совокупность выборочных данных (результатов измерения). Результат определения значения вероятностной характеристики по ограниченной совокупности выборочных данных носит название оценки:

$$\hat{\Theta}[X(t)] = S_d g[x_j(t)] \quad (j=1, 2, \dots, N)$$

В основу разработанной модели положены сопротивления, полученные в зависимости от показаний агрессивности среды (влажности, температуры), а также с учетом изменения параметров от времени и аналитических зависимостей:

$$R = R_{20} \left[ 1 + \alpha \left\langle A_0 + \sum_{i=1}^n (A_i \cos \omega_i t + B_i \sin \omega_i t) + \psi(t) + \tau_y \right\rangle \right] \cdot \exp \left\langle -t \cdot \left[ A \cdot \exp \left\langle E_a \cdot C^{-m} \cdot \left( C_0 + \sum_{j=1}^n (C_j \cos \omega_j t + D_j \sin \omega_j t) + \phi(t) \right)^{-n} \cdot \left[ R_2 \cdot \left( A_0 + \sum_{i=1}^n (A_i \cos \omega_i t + B_i \sin \omega_i t) + \psi(t) \right) \right]^{-1} \right\rangle \right] \right\rangle^{-1},$$

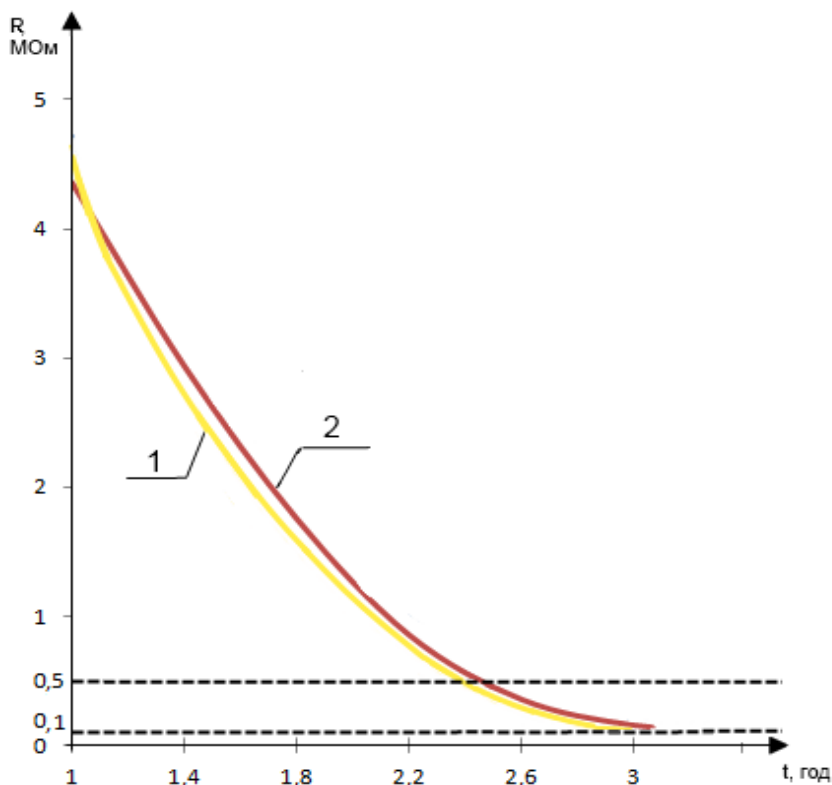
где  $R_{20}$  – начальное сопротивление изоляции ЭД, замеренное непосредственно перед вводом в эксплуатацию ЭД при температуре 20°C;  $\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления изоляции;  $A_0$  – коэффициент, численно равный математическому ожиданию средней годовой температуры, °C;  $A_i, B_i$  – амплитуды колебаний математического ожидания температуры, соответствующие частоте  $\omega_i$ ;  $\psi(t)$  – случайная составляющая температуры, соответствующая времени  $t$ , °C;  $\tau_y$  – установившееся превышение температуры;  $C$  – концентрация агрессивного агента, г/м<sup>3</sup> или %;  $A, m, n$  – постоянные коэффициенты, зависящие от природы материала и режима работы двигателя и определяемые экспериментально для конкретного материала или оборудования;  $E_a$  – эффективная энергия активации процесса, вызывающего отказ, определяемая для конкретного материала, Дж/моль;  $R_2 = 8,32$  Дж/град·моль – универсальная газовая постоянная;  $C_0$  – коэффициент, численно равный математическому ожиданию средней годовой влажности, %;  $C_j, D_j$  – амплитуды колебаний математического ожидания влажности, соответствующие частоте  $\omega_j$ ;  $\phi(t)$  – случайная составляющая влажности, соответствующая времени  $t$ , °C.

После введения соответствующих данных, разработанное на кафедре ЭПП АлтГТУ программное обеспечение (ПО) без участия оператора производит их чтение и преобразование, позволяющее осуществить выполнение поставленной задачи.

Оценка срока службы изоляции ЭД производится на основании параметра  $R$ . Прогноз остаточного ресурса двигателя осуществляется на основании  $R$ , а также экспериментально полученных значений сопротивления изоляции, заложенных как одна из баз данных в ПО. При достижении установившегося значения сопротивления 0,1 МОм делается вывод: двигатель вышел из строя (на основании экспериментально полученных данных).

В завершение работы ПО на монитор выводится прогноз остаточного ресурса ЭД или величина вероятности выхода ЭД из строя (если пользователь указал в начале работы с программой только этот параметр).

Для проверки разработанной математической модели на основании экспериментальных данных были построены зависимости  $R(t)$ , изображенные на рисунке 1 [3].



1 – экспериментальная зависимость сопротивления изоляции обмоток ЭД от времени его работы для двигателей мощностью 5,5кВт; 2 – зависимость сопротивления изоляции обмоток ЭД от времени его работы, построенная по полученной математической модели

Рисунок 1 – Зависимости сопротивления изоляции ЭД.

Средняя величина относительной погрешности расхождения кривой 2 относительно 1 составляет 8%, что находится в допустимом диапазоне и позволяет считать модель точной, следовательно, позволяет прогнозировать остаточный ресурс ЭД.

На основе математической модели, созданной в процессе исследования, разработано программное обеспечение и получено свидетельство о Государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008613209. Помимо этого, разработана методика «Прогнозирования надежности электродвигателя на основе вероятностной модели его технического состояния», которая внедрена на предприятиях Алтайского края, а именно: ООО АПГ «Алтайские закрома», ГУП АКГУП «Птицефабрика «Молодежная» Первомайского района, ООО «Птицефабрика «Комсомольская» Павловского района, ООО Племпредприятие «Барнаульское», ООО «Сибирь-Агро».

Список использованных источников:

1. Стратегия социально-экономического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года (научные основы) [Текст] / отв. за подготовку Стратегии И. Г. Ушачев, А. Ф. Серков, В. С. Чекалин. – М. : РАСХН, 2011. – 101 с.
2. Калачев, Ю. Н. Управляемый асинхронный электропривод [Текст] / Ю. Н. Калачев [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.privod.ru/stat\\_kalchev.htm](http://www.privod.ru/stat_kalchev.htm). – Заглавие с экрана.
3. Мартко, Е. О. Модели надежности и технического состояния изоляции электродвигателей, используемые для прогнозирования выхода их из строя [Текст] / Е. О. Мартко // Ползуновский вестник. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2013. – № . 4/2 – С. 138-142.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ ВЛЭП НАПРЯЖЕНИЕМ 6-35 кВ

Блинов Н.А, Вольченко А.И. – студенты группы Э-92, 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 автоматизации в системы электрических сетей, в частности устройств для определения мест повреждения (ОМП) на воздушных линиях электропередачи. По ряду причин количество применяемых устройств очень невелико, что негативно сказывается на скорости устранения неполадок и аварий в распределительных сетях и в последствии ведет к уменьшению экономической эффективности всех потребителей электроэнергии.

В энергосистемах используются устройства ОМП на воздушных линиях электропередачи, основанные на измерении параметров аварийного режима. К настоящему времени накоплен положительный опыт эффективного применения этих устройств. Однако не всегда удается выбрать наиболее подходящий вариант для каждого отдельного случая, в особенности, эта проблема остро стоит в распределительных сетях напряжением 6-35 кВ.

Применение фиксирующих приборов позволяет определить место повреждения с достаточно высокой точностью, около 5% длины линии, что обеспечивает сокращение времени отыскания мест повреждения на линиях электропередачи в 2–3 раза. Погрешность определения расстояния до места повреждения в значительной степени зависит и от точности используемых фиксирующих приборов, являющихся датчиками первичной информации о параметрах аварийного режима [1].

Устройства обычно монтируются в местах разветвления воздушной линии – на первых опорах после точки разветвления. Они регистрируют возникновение тока короткого замыкания при возникновении его на ответвлении или участке линии за точкой установки прибора. Во время поиска короткого замыкания на отключенной линии с приборов собирают данные о наличии или отсутствии короткого замыкания за местом его установки. В данный момент используются различные виды для обнаружения неисправностей на линиях электропередачи, которые делятся на две подгруппы:

Первая группа включает фиксирующие аппараты, предназначенные для определения расстояния до места повреждения на ВЛ. Данные устройства фиксируют симметричные составляющие тока и напряжения нулевой последовательности на обоих концах контролируемой линии.

Расчётное расстояние до места повреждения, как правило, определяет дежурный персонал на диспетчерских пунктах. Имея показания прибора, диспетчер при помощи аналитического, графического и графоаналитического методов определяет расстояние до места аварии.

Далее, определенное таким образом расстояние передаётся ремонтному персоналу соответствующего предприятия сетей, которое занимается непосредственным обслуживанием воздушных линий электропередач для организации обхода, осмотра и последующего ремонта неисправных элементов сети.

Во второй группе представлены аппараты для определения участков сети, повреждаемых при коротких замыканиях. Данные устройства автоматически контролируют и фиксируют электрические величины промышленной частоты в период аварийных режимов. Использование таких устройств позволяет очень точно определить участки и опоры ВЛ с повреждённой изоляцией [3].

По принципу действия применяемые в энергосистемах фиксирующие приборы могут быть разделены на четыре основные группы:

- с механической памятью;
- с магнитной памятью;
- с электрической памятью;
- фиксирующие омметры [2].



Передача показаний фиксирующих приборов может быть осуществлена автоматически по телеканалу, а для расчетов диспетчером могут быть использованы различные вычислительные средства.

Применение фиксирующих приборов позволяет получить существенный экономический прирост как для самих предприятий производящих электроэнергию, так и для потребителей электроэнергии, определяемый сокращением расходов по обходу и осмотру линий после повреждения, сокращением времени аварийного отключения линии и снижением потерь электрической энергии.

Если же в сети имеются особо труднодоступные участки, осмотр которых связан с большими затратами времени, человеческих сил и материальных средств, разумно будет устанавливать приборы для контроля конкретно этого участка, пусть даже протяженность участка составляет всего 1–2 км, а в некоторых случаях и менее [4].

К сожалению, при всех имеющихся плюсах, у этих приборов имеются слабые стороны. В одних случаях, это малые диапазоны измерений токов КЗ, большое потребление электроэнергии, в других – высокая стоимость и сложность конструкции. Таким образом, обоснована необходимость разработки устройства определения мест повреждения, лишенного отмеченных недостатков.

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

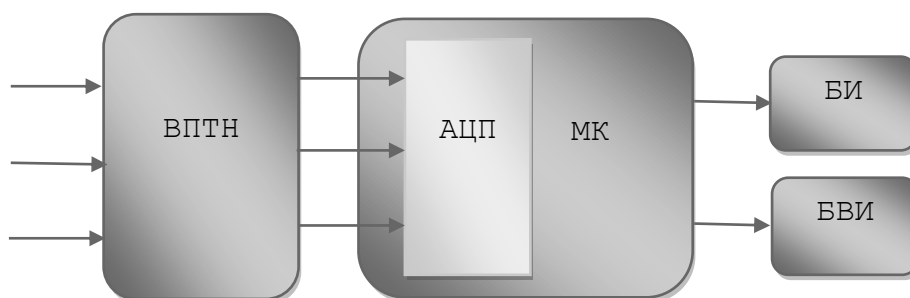


Рисунок 1 – Структурная схема разработанного устройства

Входной преобразователь тока в напряжение (ВПТН) осуществляет преобразование величины входного тока в эквивалентное усредненное значение напряжения. Преобразователь представляет собой датчик тока, действие которого основано на эффекте Холла. Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) осуществляет преобразование приходящих от ВПТН сигналов в их цифровой эквивалент. Микроконтроллер (МК) ATmega-1284P на основании поступающих от блока АЦП сигналов определяет превышена ли токовая уставка 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 внешнего интерфейса (БВИ) позволяет с помощью устройства-программатора производить ввод значения токовой уставки в память микроконтроллера, тем самым позволяя варьировать ее значение в некотором диапазоне. Структурная схема устройства-программатора представлена на рисунке 2.

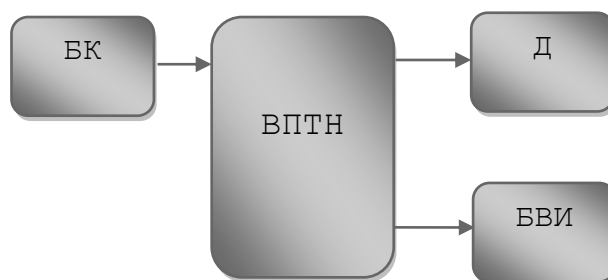


Рисунок 2 – Структурная схема устройства-программатора

Блок клавиатуры (БК) позволяет вводить числовое значение токовой уставки, которое отображается с помощью 4-строчного LCD-дисплея (Д), а также записать введенное значение в память микроконтроллера. Блок клавиатуры представляет собой матричную клавиатуру формата 3x4, а также трех подтягивающих резисторов на выводах столбцов клавиатуры. LCD-дисплей LM044L позволяет выводить данные в 4 строки по 16 символов в каждой.

Проверка эффективности работы разработанного устройства производилась с помощью компьютерного моделирования в среде программы эмуляции электрических схем Proteus 7.9. Принципиальная схема разрабатываемого устройства представлена на рисунке 3.

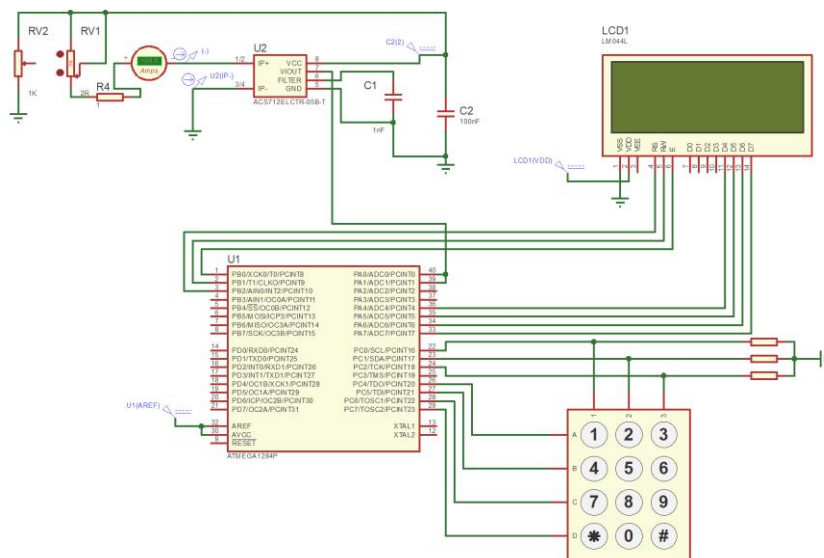


Рисунок 3 – Принципиальная схема разработанного устройства

Внедрение прибора позволит существенно сократить затраты труда на поиск мест повреждений, уменьшить расходы, более слаженно контролировать режим работы сети, проводить полный мониторинг состояния работоспособности на всех участках распределительных сетей и повысить надежность работы сетей.

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. Определение мест повреждения на ВЛ [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://leg.co.ua/knigi/rzia/opredelenie-mest-povrezhdeniya-na-vl.html>.
3. Определения мест повреждения ВЛ [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://forum220.ru/pointer-damage-vl.php>
4. Применение УКЗ [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://leg.co.ua/knigi/rzia/opredelenie-mest-povrezhdeniya-na-vl-17.html>

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ГОРОДЕ БИЙСКЕ

Васильев А.Е. – студент группы 9Э-81, Гутов И.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) в городе Бийске предназначена для обеспечения коммерческого и технического учета потребления и отпуска электроэнергии, оперативного контроля текущей нагрузки без непосредственного участия человека в контрольных точках учета [1]. Целесообразность внедрения АСКУЭ определяет предприятие на основе технико-экономического расчета, но также учитываются факторы уменьшения количества персонала, оперативность получения данных по загрузке оборудования, возможность планирования потребления и своевременное выявление потерь электроэнергии [2].

Основные функции АСКУЭ в сетях города Бийска:

- измерение объема и параметров качества электроэнергии;
- контроль поставки электроэнергии по всем точкам учета в заданных временных интервалах (получасовки, суточные, месячные, годовые графики нагрузки), планирование потребления;
- расчет энергобаланса объекта учета и системы в целом;
- выявление потерь и хищений электроэнергии;
- контроль работоспособности сети и приборов учета.

Основные требования к АСКУЭ определяются функциями этой системы и защитой информации [1]:

- оперативность и достоверность получения информации;
- регистрация событий опроса пунктов учета, изменения в конфигурации оборудования, вскрытия оборудования, несанкционированного доступа в распределительное устройство, регистрация событий, имеющих отношение к защищенности информации;
- защита от возможности изменения данных через локальную сеть или модем.

В городе Бийск реализуется система АСКУЭ на базе GSM роутеров IRZ (производства ООО «Радиофид») и многофункциональных счетчиков электрической энергии ПСЧ, Вектор, ЦЭ2727А.

На каждой трансформаторной подстанции (ТП) установлены узлы учета на вводах в РУ-0,4 кВ и на отходящих фидерах – это контрольные узлы учета, позволяющие сводить баланс. На питающих ячейках каждой подстанции, являющихся оптовыми точками покупки, установлены аналогичные узлы учета – являющиеся расчетными. Сбор данных осуществляется централизованно серверной частью в едином центре, и организован на базе программного комплекса «Меткон» [3].

В данный момент система технического контроля на ТП и распределительных пунктах (РП) работает в тестовом режиме, а система коммерческого учета полностью налажена и функционирует в штатном режиме. Планируется создать многоуровневую систему АИИ-СКУЭ по схеме АБОНЕНТ – ТП – ЦЕНТР. Для этого у абонентов необходимо установить счетчики СЕ102 или СЕ303 (производства ЗАО «Энергомера») с протоколом передачи данных по силовым цепям (протокол PLC) до ТП, на ТП устанавливается PLC концентратор с GSM роутером IRZ.

Проблемой такого решения и основной особенностью организации АСКУЭ на окраинах Бийска являются систематические сбои на канале передачи данных между ТП и «Центром», так как операторы «большой тройки» не особо заботятся о стабильности канала передачи данных в GSM сетях в этих районах Бийска.

Целью усовершенствования системы АСКУЭ в этих условиях является организация стабильного канала передачи данных до «Центра».

Решением данной проблемы может быть организация альтернативного радиоканала до центра с использованием узконаправленной wi-fi антенны и wi-fi роутера с портом RS-485 (для «опроса» счетчиков). Схема такого решения представлена на рисунке 1.

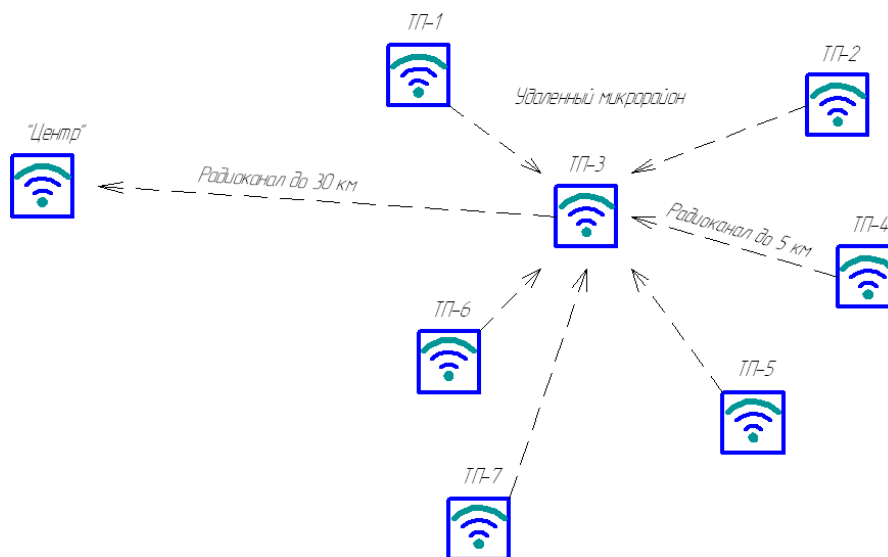


Рисунок 1 - Схема организации радиоканала для АИИСКУЭ

Для реализации такой схемы не требуется какого-либо узко-специализированного оборудования, оно находится в свободной продаже и не требует крупных капиталовложений, так же устраняется основной недостаток АСКУЭ – это зависимость от сторонних операторов связи при передаче информации, являющейся для сетевой организации коммерческой тайной.

В комплектацию центральной ТП-3 должно входить оборудование, представленное в таблице 1. В ней дана сравнительная ценовая характеристика основного передающего оборудования, как для wi-fi сети, так и для GPRS сети.

Таблица 1: Комплектация передающего оборудования на ТП

| для организации GPRS канала |            |                                 |            | для организации Wi-Fi канала          |            |                                       |            |
|-----------------------------|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------|
| оборудование                | цена, руб. | оборудование                    | цена, руб. | оборудование                          | цена, руб. | оборудование                          | цена, руб. |
| GSM-роутер IRZ RUH2b [7]    | 11300      | GSM-роутер Teleofis GTX300s [6] | 9800       | Wi-Fi роутер Teleofis GTX300WiFi [6]  | 12000      | Wi-Fi роутер MOXA ioLogik R1210T [6]  | 9254       |
| GSM-антенна [7]             | 400        | GSM-антенна [7]                 | 400        | Антенна Extralink Grid 2G24 [5]       | 1900       | Антенна Extralink Grid 2G24 [5]       | 1900       |
| кронштейн для антенны       | -          | кронштейн для антенны           | -          | Кронштейн NanoStation Mount UB-AM [5] | 1100       | Кронштейн NanoStation Mount UB-AM [5] | 1100       |
| итого:                      | 11700      | итого:                          | 10200      | итого:                                | 15000      | итого:                                | 12254      |

Большая стоимость wi-fi оборудования компенсируется в несколько раз отсутствием абонентской платы, как у GSM операторов. Монтаж и настройка оборудования не требует какого-либо специального оборудования и высокой квалификации [4].

При наличии на предприятии современной автоматизированной системы контроля и учета энергоресурсов гарантирован полный контроль процесса поставки и потребления электроэнергии. В настоящее время АСКУЭ становится невероятно востребованной, сегодня она внедряется на предприятиях и организациях, которые приняли решение по экономии средств в вопросах энергосбережения. На некоторых крупных предприятиях АСКУЭ функционирует уже ни один год и экономия электроэнергии значительная.

#### Список использованных источников

1. Web-сайт компании КРОК. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.croc.ru/branch/energy\\_companies/askue.php](http://www.croc.ru/branch/energy_companies/askue.php)
2. Web-сайт компании Астра-Электроучет. Что такое АСКУЭ, АИИС КУЭ? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.astraelectra.ru/aiiskuje.aspx>
3. Программный комплекс Меткон (ПО высшего уровня для организации АСКУЭ) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://nvto.ru>
4. Web-сайт электротехнической компании ВОЛЬТ-СПБ. АСКУЭ (АИИС КУЭ) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.volt-spb.ru/askue-aiis-kue.html>
5. Web-сайт интернет магазина беспроводного оборудования WMD [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.wmd.ru>
6. Web-сайт компании Ниеншанс-автоматика: средства автоматизации производства [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.nnz-ipc.ru>
7. Web-сайт Teleofis – специализированного предприятия беспроводного оборудования [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://gprs-modem.ru>

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБОГРЕВА ПОДСТАНЦИЙ

Викторов Р.С., Соловьёва Е.И. – студенты группы Э-91, Попов А.Н. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

С каждым годом расходуется всё большая доля электроэнергии, газа, тепла, воды; в огромных масштабах растёт применение бытовой электрифицированной техники. Между тем, многие месторождения в обжитых местах уже исчерпаны, а новые приходится искать и обустраивать в труднодоступных районах Сибири и Дальнего Востока. Обходится всё это очень недёшево. Поэтому именно экономия становится важнейшим источником роста производства. Расчёты показали, а практика подтвердила, что каждая единица денежных средств, истраченных на мероприятия, связанные с экономией электроэнергии, даёт такой же эффект, как в два раза большая сумма, израсходованная на увеличение её производства. На фоне экономического (и энергетического) кризиса в нашей стране этот факт стоит принять во внимание [1].

Из всего множества объектов, которые нуждаются в анализе об экономии электроэнергии, рассмотрим подстанции. Обычный, не знающий человек и предположить не может, что даже и на электрических станциях может быть перерасход электричества, которого можно избежать. Конечно, эти потери не значительны, если рассматривать их в целом, они как «капля в море», но «что же такое море - если не множество капель?»

Исследуемые подстанции № 48 «База «СВЭС» и № 25 «Набережная» – являются необслуживаемыми, то есть отсутствует постоянный оперативный персонал, а оперативное обслуживание осуществляется оперативно выездной бригадой (ОВБ) не чаще, чем раз в месяц. Особенностью подстанций является отсутствие автоматики обогрева, а ведь именно он является основным потребителем собственных нужд в зимнее время. Обогрев работает в полном объеме весь осенне-зимний период, начиная, как правило, в середине октября и заканчивается в конце марта. Соответственно существует острая необходимость решения проблемы обогрева подстанций.

На начальном этапе работы, на примере ПС № 48 «База«СВЭС» и ПС №25 «Набережная», был проведен анализ потребления электроэнергии на собственные нужды за декабрь 2012 года и июль 2013 года. ПС №48 за декабрь расходовала на обогрев 3987 кВт/ч, за июль 120кВт/ч, с учетом общего расхода энергии подстанции 913939кВт/ч и это составило 0,44% и 0,01% соответственно. ПС №25 за декабрь расходовала на обогрев 11842 кВт/ч, за июль 24кВт/ч, с учетом общего расхода энергии подстанции 515130 кВт/ч и это составило 2,3% и 0,004% соответственно. Такие потери не являются убытками предприятия в полной мере этого слова, так как стоимость их нормативного объема учитывается в тарифе на передачу электроэнергии.

Однако, какие бы не были затраты на собственные нужды подстанции за всё расплачивается потребитель. Именно поэтому становится все наиболее актуальным разработка методик и автоматики для снижения потерь электроэнергии. Наиболее ощутимые затраты электроэнергии приходятся на обогрев подстанции. Решение проблемы заключается в разработке автоматики системы обогрева, включающей в себя обработку информации о температуре окружающей среды и своевременное оперативное включение и выключение системы обогрева помещений и технического оборудования подстанции в зависимости от актуальной температуры в данный момент времени.

Так, например, обогрев приводов, шкафов, должен включаться при температуре +5°C, так как при падении температуры ниже +5 °С вероятность выхода из строя оборудования подстанции резко возрастает, что может привести к аварии и отключению значительной части питаемого от подстанции населения на неопределенный срок. Обогрев приводов и баков должен включаться при температуре –20 °С и отключаться при температуре –15°C. Обогрев отделителей и короткозамыкателей включается при температуре +1°C для исключения образования росы в приводах и шкафов РЗА, которые находятся на улице.

Для поддержания нормального функционирования выключателя, температура не должна опускаться ниже +5 °С от приведенных выше диапазонов.

Общий обогрев помещений, в которых содержится оборудование, до требуемой температуры, не всегда дает положительные результаты, так как полученная при этом высокая температура отрицательно сказывается на состоянии электроустановках, находящихся в этих условиях и экономически не выгодна. В то же время поддержание во всем здании более низкой температуры, для большей экономии электроэнергии, расходуемой на собственные нужды, может привести к выходу оборудования из строя. Стоимость такого «внутреннего отопления» в большинстве случаев более чем в 4 раза превышает стоимость электроэнергии, расходуемой на обогрев.

В связи с этим возникает необходимость анализа существующих систем обогрева подстанций и выявления наиболее экономически выгодной и её усовершенствование с помощью автоматики системы обогрева.

Различают три основных способа местного (локального) обогрева

- инфракрасный обогрев (радиационный);

- индукционный нагрев;

- конвективный обогрев (контактный):

  - нагрев воды;

  - локальные обогреватели ТЭН;

  - принудительная вентиляция с нагревом.

Инфракрасный обогреватель – отопительный прибор, отдающий тепло в окружающую среду посредством инфракрасного излучения. Лучистая энергия поглощается окружающими поверхностями, превращаясь в тепловую энергию, нагревает их, которые в свою очередь отдают тепло воздуху. Это дает существенный экономический эффект по сравнению с конвекционным обогревом, где тепло существенно расходуется на обогрев неиспользуемого подпотолочного пространства. Кроме того, при помощи ИК-обогревателей появляется возможность местного обогрева только тех площадей в помещении, в которых это необходимо без обогрева всего объёма помещения, тепловой эффект от инфракрасных обогрева-

телей ощущается сразу после включения, что позволяет избежать предварительного нагрева помещения [2]. Само устройство обогрева обходится дорого как в приобретении, так и в обслуживании. При постоянной работе инфракрасный обогреватель расходует очень много электроэнергии и быстрее теряет свои эксплуатационные способности. При подключении автоматики системы инфракрасного обогрева эти проблемы становятся легко решаемые. Остается минус за самой системой обогрева – это ее дороговизна.

Индукционный нагрев – метод бесконтактного нагрева электропроводящих материалов токами высокой частоты и силы [3]. Устройство индукционного нагрева – это электромагнитное устройство для нагрева индукционными токами, которые возбуждаются в металле нагревательного элемента переменным магнитным полем. С электротехнической точки зрения, индукционный электронагреватель представляет собой трансформатор, состоящий из первичной обмотки и специальной вторичной обмотки в виде труб. Металл нагревательного элемента под воздействием магнитного поля, создаваемого катушками, нагревается и передает тепло теплоносителю, которым может быть в различных случаях вода, масло, антифриз, газы, сыпучие, несыпучие вещества и т.д. [4]. Возможности использования автоматизированной системы управления, удаленного управления – резко повышают надежность всей системы в сравнении с существующими аналогами.

Весьма популярным видом обогревателей являются конвективные. Они недорогие, бесшумные и компактны. Как правило, не требуют специального монтажа или обслуживания – это полностью автономные устройства, которые работают по принципу “включил и забыл”. Принцип работы основан на естественных физических процессах циркуляции воздуха: тёплый воздух поднимается вверх, а его место занимает холодный, который нагревается обогревателем и цикл повторяется [5].

В конвективных обогревателях могут использоваться несколько видов нагревательных элементов:

- ТЭН – как правило, стальная трубка, внутри которой уложена спираль;
- открытая спираль – нихромовая проволочная нить маленького поперечного диаметра, намотанная на стержень и уложенная таким образом, чтобы при большой длине занимать минимум площади;
- керамический нагревательный элемент с большой площадью нагревательной поверхности, со структурой, похожей на пчелиные соты.

Благодаря простоте конструкции, небольшим размерам и дешевизне производства, использование для обогрева производственных помещений конвективными обогревателями является наиболее выгодными как в технологическом так и экономическом ключе [6]. Автоматизация данной системы обогрева позволяет снизить расход электроэнергии, потребляемой для обогрева к минимуму.

Контактный способ обогрева характеризуется низкой энергоемкостью (расход электроэнергии снижается примерно в 2 раза по сравнению с ИК-обогревом).

Представленные выше системы обогрева очень хорошо справляются со своими задачами и технически каждую систему можно использовать на подстанции для обогрева оборудования, но, в то же время, данные системы окажутся экономически не выгодными с точки зрения расхода электроэнергии.

Таким образом, обоснована необходимость разработать устройство, которое могло бы автоматически управлять системами обогрева в зависимости от температуры окружающей среды, и, как следствие, давать команду на включение или отключение нагревательного элемента именно в тот момент, когда это необходимо.

#### Список использованных источников

1. Библиотека рефератов и курсовых Allbest.ru [Электронный ресурс] :многопредмет. науч. кат. / Allbest.ru– электрон.кат. – «Allbest.ru» © 2000 – 2013 – . – Режим доступа: <http://referats.allbest.ru/physics/9000067052.html>

2. Свободная энциклопедия Википедия [Электронный ресурс] :многопредмет. науч. кат. / Wikipedia.org – электрон.кат. – «Википедия» © 2003 – 2013 – . – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Инфракрасный\\_обогреватель](http://ru.wikipedia.org/wiki/Инфракрасный_обогреватель)

3. Свободная энциклопедия Википедия [Электронный ресурс] :многопредмет. науч. кат. / Wikipedia.org – электрон.кат. – «Википедия» © 2003 – 2013 – . – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Индукционный\\_нагрев](http://ru.wikipedia.org/wiki/Индукционный_нагрев)

4. Сайт ООО «Завод индукционных электрических нагревателей» [Электронный ресурс] : многопредмет. журн. / ZIEN.ru – электрон.журн. – ООО «ЗИЕН» © 2005 – 2013 – . – Режим доступа: <http://www.zien.ru/info.htm>

5. Сервис сравнения товаров [Электронный ресурс] : многопредмет. журн. / E-Katalog – электрон.журн. – «E-Katalog.ru» © 2001 – 2014 – . – Режим доступа: <http://www.e-katalog.ru/m79.htm>

6. Отопление загородного дома [Электронный ресурс] : многопредмет. журн. / Teplotraf.ru – электрон. журн. – «Тепло.ру» © 2008 – 2014 – . – Режим доступа: <http://teplotraf.ru/elektricheskoe/elektro/konvektivnye-obogrevateli.html>

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПОСРЕДСТВОМ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ

Дубинин В.В. – магистрант группы 8Э-31, Попов А.Н. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Электроэнергетика является базовой отраслью российской экономики, обеспечивающей потребности народного хозяйства страны в электрической энергии и его дальнейшее развитие. В настоящее время остро стоит проблема модернизации народнохозяйственной отрасли, что требует повышения надежности электроснабжения потребителей.

Развитие промышленного производства приводит к необходимости реконструкции и строительству новых распределительных электрических сетей, к постоянному повышению их пропускной способности и более высоких требований к надёжности электроснабжения.

Поэтому требуемый уровень надежности электроснабжения может быть достигнут путем совершенствования эксплуатации распределительных электрических сетей, улучшение их технического состояния при одновременном повышении производительности труда обслуживающего персонала.

Наиболее важным аспектом в системе организационно-технических мероприятий на пути обеспечения высокой степени надежности электроснабжения потребителей является постоянное систематическое наблюдение за основными электрическими параметрами распределительных сетей. В зависимости от того, насколько достоверно, точно и своевременно можно получить информацию о возможных возникновениях аварийных или ненормальных режимов работы электрической сети, а также оперативного их устранения, непосредственно зависит продолжительность перерыва в электроснабжении потребителей, экономический ущерб, вызванный простоем и недоиспользованием ресурсов и другие характеристики надежности и качества электроснабжения.

Одним из наиболее распространенных методов обеспечения надежности электроснабжения потребителей является повышение надежности оборудования и сооружения электрических сетей. Наиболее повреждаемым элементом в системе электроснабжения являются воздушные линии, особенно линии напряжением 6–10 кВ [1].

В энергосистемах в настоящее время эксплуатируется более одного миллиона километров воздушных линий электропередачи 6–10 кВ. Техническое состояние распределительных сетей характеризуется степенью внедрения современного электрооборудования, конструктивным совершенствованием элементов воздушных линий, степенью их износа, наличием дефектов на линиях.



Наиболее частые причины отказов оборудования распределительных сетей 6–10 кВ представлены на рисунке 1.

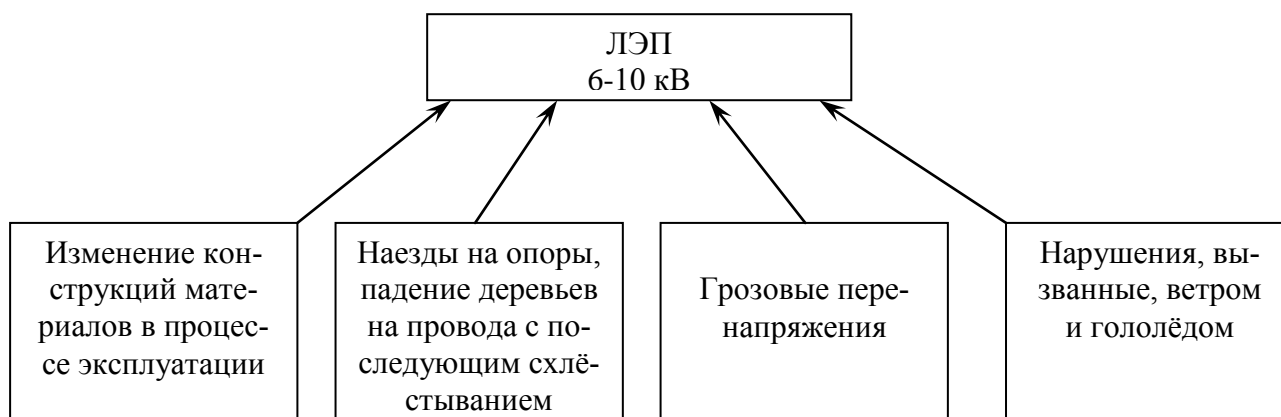


Рисунок 1 – Причины возникновения отказов ЛЭП 6-10 кВ

Перспективным направлением при решении проблемы повышения надежности электропитания является внедрение комплексной автоматизации распределительных сетей. Все системы автоматики непосредственно связаны с получением и обработкой первичной информации. И от того, насколько эта информация будет качественной и оперативной, зависит надежность работы систем телемеханики, а, следовательно, и работа всей сети.

Комплексная автоматизация электрических сетей предусматривает контроль и управление за оборудованием сети, которое территориально разбросано и находится на значительном расстоянии от диспетчерского пункта. Таким образом, для этого требуется применение специальных технических средств, которые осуществляют сбор и обработку информации о состоянии сети, что позволяет своевременно и оперативно устранить нарушения в режимах работы электрической сети и обеспечить надежное электроснабжение. Поэтому повышение надежности электроснабжения потребителей путем комплексной автоматизации невозможно без применения средств сбора и обработки информации о состоянии сети [2].

Целью данной научно-исследовательской работы является совершенствование систем автоматики электрических сетей путем разработки технических и программных средств автоматизации электрических сетей.

Основные задачи:

- провести анализ современного состояния систем автоматизации сетей электроснабжения;
- доказать целесообразность совершенствования систем автоматизации сетей электроснабжения;
- провести анализ имеющихся средств сбора и обработки информации для нужд автоматизации и выявить аспекты, требующие совершенствования;
- обосновать необходимость и разработать новые технические средства сбора информации о параметрах режима сети и формирования команд управления.

Основные направления совершенствования эксплуатации сетей электроснабжения представлены на рисунке 2.

В современных условиях непрерывно возрастают требования к надежности и бесперебойности электроснабжения объектов народного хозяйства. Поэтому предотвращение или скорейшая ликвидация повреждений электрических сетей является важнейшей задачей. Несмотря на повышение качества изоляции и токоведущих частей электрооборудования, воздушных линий электропередач, нельзя исключить их повреждений. Более того, удельное количество повреждений является достаточно устойчивой характеристикой определенного класса электрических сетей на каждом этапе их развития [3].

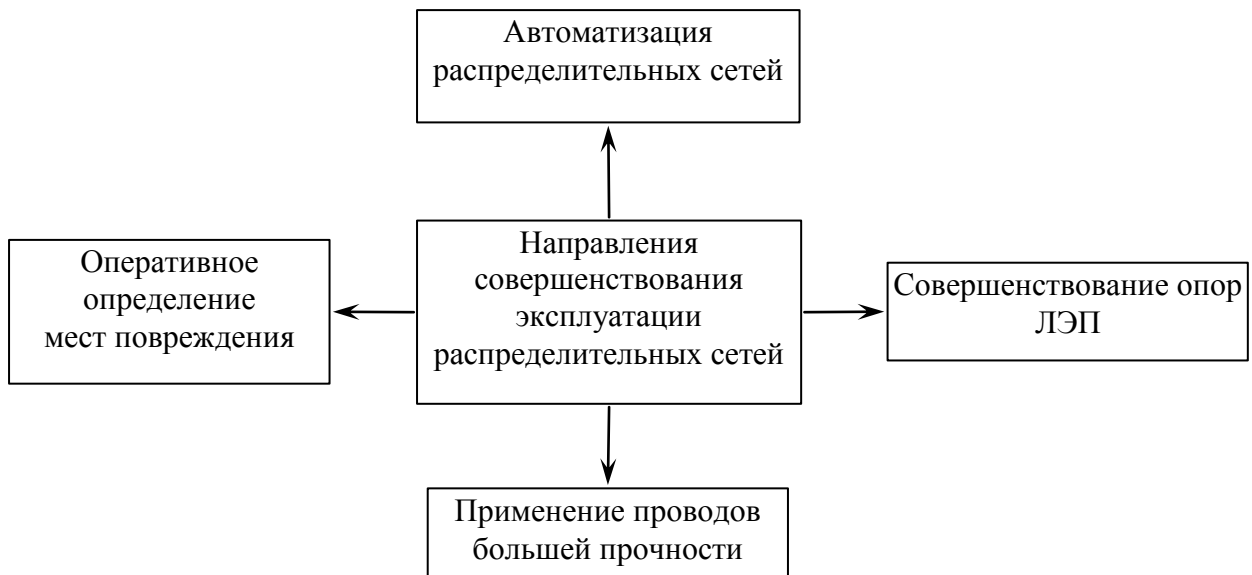


Рисунок 2 – Направления совершенствования эксплуатации сетей электроснабжения

Максимально быстрой локализации поврежденных участков сети можно добиться секционированием существующих сетей с помощью выключателей (т.н. реклоузеров). Для примера рассмотрим представленную на рисунке 3 электрическую сеть с двусторонним питанием от генераторов Г1 и Г2 через выключатели В. В данной схеме устройства сбора и обработки телемеханической информации предусматриваются в местах установки выключателей В1 – В4 и управляют их состоянием в ответ на изменение режима сети.

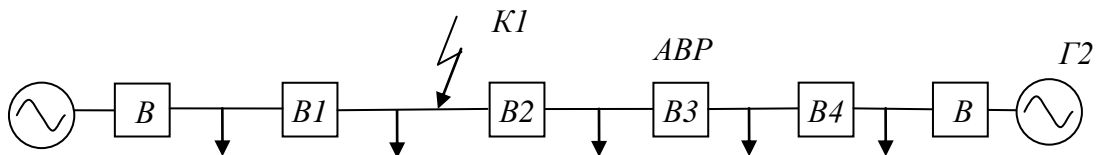


Рисунок 3 – Пример участка распределительной сети

При возникновении короткого замыкания на участке К1 предполагаемое устройство на это событие реагирует следующим образом:

- устройство телеизмерения, расположенное в точке В1, регистрирует повышение тока, соответствующее короткому замыканию на участке К1, о чем извещает диспетчера на ГПП;
- диспетчер посылает устройству телеуправления, расположенному в точке В1, команду на отключение выключателя В1;
- устройство телесигнализации, расположенное в точке В1, посылает диспетчеру сигнал подтверждения отключения выключателя В1;
- диспетчер посылает устройству телеуправления, расположенному в точке В2, команду на отключение выключателя В2 в соответствии с режимом минимального напряжения;
- устройство телесигнализации, расположенное в точке В2, посылает диспетчеру сигнал подтверждения отключения выключателя В2;
- диспетчер посылает устройству телеуправления, расположенному в точке В3, команду на включение нормально отключенного выключателя В3;
- устройство телесигнализации, расположенное в точке В3, посылает диспетчеру сигнал подтверждения включения выключателя В3;
- после получения сообщения о ликвидации аварии, диспетчер дает команду на восстановление нормального режима работы сети.

Таким образом, поврежденный участок изолирован между выключателями В1 и В2 за гораздо меньшее время, чем при работе централизованной автоматики.

Электрификация играет важную роль для народного хозяйства, и только высокоэффективная электроэнергетика способна обеспечить растущие потребности экономики и общества в электроснабжении.

Проведенный анализ тенденций развития энергетики позволил доказать, что одним из наиболее перспективных направлений совершенствования сетей электроснабжения является их комплексная автоматизация.

#### Список использованных источников

1. Борухман, В. А. Устройства для определения мест повреждения на воздушных линиях электропередачи 6–750 кВ [Текст] / В. А. Борухман, А. А. Кудрявцев, А. П. Кузнецов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1980. – 102 с.

2. Решение задач автоматизации в энергетике [Текст] / Л. В. Яковлев // Энергетик. – 2002. – №1. – С. 47.

3. Фардиев, И. Ш. Диагностика воздушных линий распределительных электрических сетей [Текст] / И. Ш. Фардиев, Р. Г. Минуллин, Е. В. Закамский, В. В. Андреев, Д. Ф. Губаев // Проблемы энергетики. – 2004. – №7. – С. 41–42.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ДОПУСТИМЫХ ПЕРЕТОКОВ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В БИЙСКИЙ ЭНЕРГОРАЙОН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАКТИЧЕСКОГО СОСТАВА ГЕНЕРАЦИИ И РАСЧЕТНОГО ПЕРИОДА

Катников А.В., Фесенко А.Е. – студенты 9Э-81, Поляков И.А. – аспирант,

Капустин С.Д. – к.т.н., доцент

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

Проблема повышения устойчивости работы узлов электроэнергетической системы становится все более актуальной по мере развития производства, особенно в энергодефицитных регионах. Ситуация может осложняться несоответствием потребностей потребителей региона и возможностей питающей энергосистемы.

Расчеты устойчивости энергосистем и расчетная проверка мероприятий по ее обеспечению осуществляются при проектировании и эксплуатации энергосистем. В данной работе рассматривается устойчивость Бийского энергорайона.

Бийский энергорайон Алтайской энергосистемы имеет 2 основных источника электроснабжения:

- Подстанция 220 кВ Бийская;
- Бийская ТЭЦ с установленной мощностью 535 МВт.

Изменение активной мощности нагрузки энергорайона и (или) генерации Бийской ТЭЦ приводит к изменению перетока активной мощности через автотрансформаторы ПС 220 кВ Бийская. Для контроля уровней этих перетоков с целью соблюдения требований устойчивости [1] задано контролируемое сечение ББУ-3, положительное направление перетока активной мощности по которому определяется как сумма перетоков активной мощности по связям 220 кВ, направленной к шинам 220 кВ ПС 220 кВ Бийская.

Таким образом, небаланс потребления и генерации в Бийском энергорайоне компенсируется за счет перетока активной мощности в сечении ББУ-3.

Предполагается, что изменение параметров генерации и параметров потребления приведет к изменению допустимых перетоков в сечении ББУ-3.

К параметрам потребления можно отнести величину активной и реактивной мощностей нагрузки и соотношение между ними (коэффициент мощности) и разбить, таким образом, все множество значений на характерные для расчетных сезонов – летнего и зимнего.

К параметрам генерации можно отнести количество включенных в работу турбогенераторов Бийской ТЭЦ, которое влияет на регулировочный диапазон по реактивной мощности,

а также максимальную мощность одного турбогенератора как величину небаланса активной мощности, возникающую при его аварийном отключении, являющимся нормативным возмущением согласно [1].

Исходя из этого, в работе планируется определение допустимых перетоков активной мощности в сечении ББУ-3 в зависимости от характера расчетного периода и различных составов генерации в рассматриваемом энергорайоне.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

- разработать расчетную модель энергорайона;
- произвести расчет предельных по передаваемой мощности режимов энергосистемы;
- сформировать предложения и рекомендации, способствующие повышению допустимых перетоков в ББУ-3 (пропускной способности).

Список использованных источников.

1. Методические указания по устойчивости энергосистем [Текст]. 30.06.2003. – 2003. – 12 с.

## ПАРАМЕТРЫ ЭЛЛИПТИЧЕСКИ ПОЛЯРИЗОВАННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Каторгин С.В., Тебенькова О.С. – студенты группы Э-91, Белицын И. В. – к.п.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время разработано достаточно большое количество разнообразных способов электрофизического воздействия на семена с целью увеличения урожайности и повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Воздействие на семена с целью предпосевной обработки может осуществляться низкочастотными магнитными полями, но если обработке постоянными, высокочастотными и сверхвысокочастотными полями посвящено достаточно большое количество работ, то сведения об эффекте воздействия на семена низкочастотных электромагнитных полей практически отсутствуют, хотя и встречаются свидетельства того, что такого рода воздействие на посевной материал может давать существенный положительный эффект. Таким образом, возникает необходимость дальнейшего исследования воздействия низкочастотного магнитного поля (МП) на посевные качества семян и совершенствования методов их предпосевной обработки. Для измерения воздействующего МП на семена необходимо средство измерения (СИ), позволяющее не только определять действующее значение МП, но и параметры эллиптически поляризованного МП.

Исходными данными для проектирования СИ являлись напряжение питания 5В (USB, количество каналов с одной точки измерения – 3, основная гармоника промышленной частоты – 50 Гц, ослабление сигнала за полосой 40-60 Гц > 10db, напряжение входного сигнала – 0.005 В – 10В, источник питания пассивных датчиков - ±5В.

СИ выполнено на основе аналого-цифрового преобразователя (АЦП) ZET 210 предназначенного для измерений параметров сигналов с 16 входов в широком частотном диапазоне (с частотой дискретизации до 400 кГц), поступающих с различных первичных преобразователей. Подключение модуля ZET 210 к ПЭВМ осуществляется по шине USB 2.0, по ней же происходит питание модуля.

В автономном режиме питание осуществляется от блока аккумуляторов или преобразователя 220 В→5 В. Для последующей обработки анализа записанных временных данных модуль АЦП подключается к ПК по шине USB 2.0 и воспроизводит сигналы из файлов.

По итогам проведенного анализа первичных преобразователей для измерения напряженности магнитного поля: магнитомеханических, феррозондовых, индукционных, магниторезистивных, основанных на эффекте Холла и ядерного магнитного резонанса [1].

В качестве первичного преобразователя был выбран датчик на эффекте Холла компании Honeywell с линейным выходом SS495A2. Он состоит из полупроводникового элемента Холла, стабилизатора питания, дифференциального усилителя и выходного каскада. Выходное напряжение этого датчика находится в линейной зависимости от величины вектора магнит-

ной индукции и за пределами рабочей области датчик входит в насыщение. При отсутствии внешнего магнитного поля напряжение на выходе равно половине напряжения питания. Размах выходного напряжения и чувствительность датчиков находятся также в линейной зависимости от напряжения источника питания (пропорциональный выход). Этот тип датчиков характеризуется высокой нагрузочной способностью, линейной характеристикой преобразования в рабочем диапазоне магнитных полей, широким диапазоном рабочих температур и питающих напряжений, долговременной стабильностью параметров и малым током потребления.

Исследования проведенные, как с помощью математических моделей, так и с помощью натуральных экспериментов значения напряженности магнитного поля вблизи поверхности земли лежат обычно в диапазоне от 0,01 до 40 А/м, что соответствует 0,00013- 0,5 Гс. Таким образом, для надежной регистрации сигнала необходим предварительный усилитель с коэффициентом усиления 1000. В этом случае при использовании датчика SS495A с характеристикой приведенной на рисунке 1 мы сможем измерять напряженность магнитного поля в диапазоне 0,025 - 51 А/м с дискретностью не более 0,03 А/м.

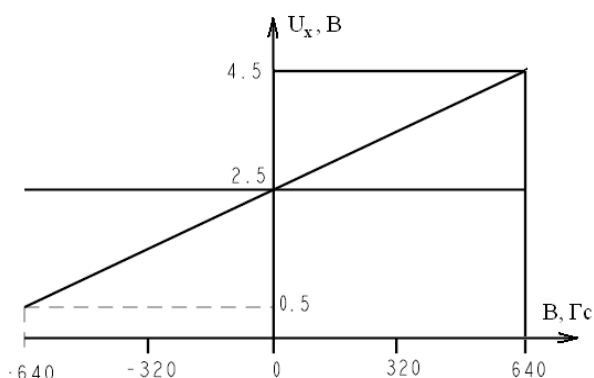


Рисунок 1 - Зависимость напряжения Холла от индукции магнитного поля при напряжении питания 5 В

На рисунке 2 представлена блок схема устройства для одной точки измерения.

Поскольку напряжение сигнала с датчиков изменяется в широких пределах, необходимо использовать усилитель с регулируемым коэффициентом усиления [2]. Усилитель должен обеспечивать высокое входное сопротивление для работы с различными датчиками. При использовании дифференциальных датчиков, усилитель должен обеспечивать высокую степень подавления синфазного сигнала.

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

Обработка полученной первичной информации. Для определения параметров эллиптически поляризованного магнитного поля необходимо использование трех первичных преобразователей, расположенных в трех взаимноперпендикулярных плоскостях. Таким образом, сигнал каждого преобразователя будет проекцию магнитного поля на независимые координаты, так в декартовых координатах

$$\begin{cases} H_x = A \sin(\omega t + \alpha), \\ H_y = B \sin(\omega t + \beta), \\ H_z = C \sin(\omega t + \gamma), \end{cases} \quad (1)$$

где A, B, C – амплитудные значения напряженности переменного поля по осям x, y, z;  
 $\alpha, \beta, \gamma$  – начальные значения фаз колебаний вдоль тех же осей,

$\omega$  – циклическая частота колебания напряженности магнитного поля, которая совпадает с частотой основной гармоники напряжения промышленной частоты  $\omega=314$  с/с.

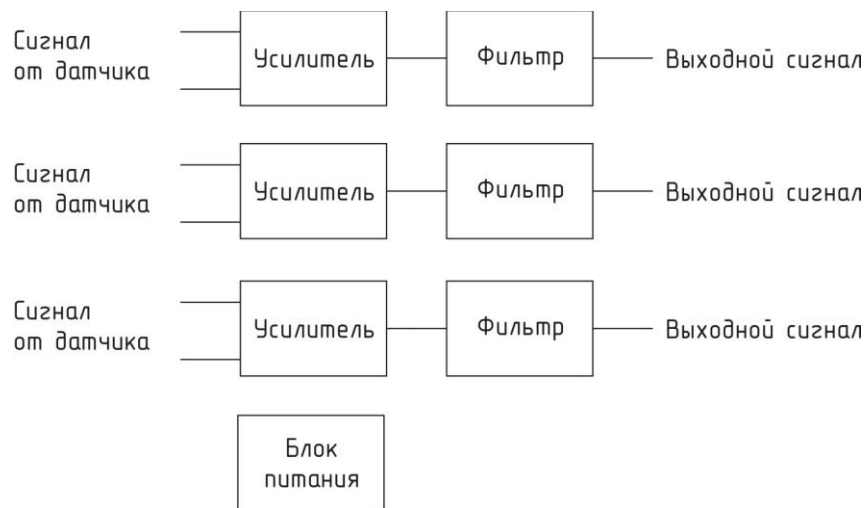


Рисунок 2 - Блок схема устройства для измерения в одной точке

Зависимость напряженности магнитного поля от времени:

$$\begin{aligned}
 H^2(\omega t) &= H_x^2 + H_y^2 + H_z^2 = \\
 &= A^2 \sin^2(\omega t + \alpha) + B^2 \sin^2(\omega t + \beta) + \\
 &+ C^2 \sin^2(\omega t + \gamma).
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

На основе чего выражение для определения большой и малой полуосей эллиптически поляризованного магнитного поля

$$\begin{aligned}
 H_{\min(\max)} &= \sqrt{A^2 \sin^2(\varphi + \alpha) + B^2 \sin^2(\varphi + \beta) + C^2 \sin^2(\varphi + \gamma)}; \\
 H_{\max(\min)} &= \sqrt{A^2 \cos^2(\varphi + \alpha) + B^2 \cos^2(\varphi + \beta) + C^2 \cos^2(\varphi + \gamma)}, \\
 \text{где } \varphi &= \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \left( -\frac{A^2 \sin 2\alpha + B^2 \sin 2\beta + C^2 \sin 2\gamma}{A^2 \cos 2\alpha + B^2 \cos 2\beta + C^2 \cos 2\gamma} \right).
 \end{aligned}$$

Действующее значение большой и малой полуосей эллиптически поляризованного магнитного поля

$$H_{\max(\min)\delta} = \frac{H_{\max(\min)}}{\sqrt{2}}.
 \tag{3}$$

#### Список использованных источников

1. Белицын И.В., Старухин Р.С. Первичные преобразователи измерительной системы для мониторинга параметров магнитного поля. Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Экология и ресурсов энергосберегающие технологии на предприятиях народного хозяйства». – Пенза, 2008. с. 123-125.

2. Методы практического конструирования при нормировании сигналов с датчиков: Пер. с англ. Горшков Б. Л. - СПб.: ЗАО АВТЕКС, 2000. – 311 с.

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ И ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ФИЛИАЛА ОАО «МРСК СИБИРИ» - «АЛТАЙЭНЕРГО»

Кириллов И.И. – студент группы Э-92, Гутов И. А. – к.т.н., доцент,  
Жигалин А.О. – главный специалист службы учета и качества электроэнергии  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)  
Филиал ОАО «МРСК Сибири» - «Алтайэнерго» (г. Барнаул)

Тема энергосбережения не первый год привлекает к себе внимание российских законодателей, производителей и потребителей энергоресурсов. В конце 2009 года был принят Закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» [1]. Он касается и государственного, и муниципального, и частного секторов. Закон предусматривает необходимость утверждения региональных и муниципальных программ в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности использования энергоресурсов, а также новые подходы к ценообразованию.

Во исполнение Закона № 261-ФЗ в Алтайском крае принята комплексная целевая программа от 28.12.2009 N 549 (ред. от 30.05.2012) «Об утверждении долгосрочной целевой программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Алтайском крае» на 2011 - 2015 годы и на перспективу до 2020 года» [2]. К основным задачам развития электроэнергетики региона, сформулированным в «Программе развития электроэнергетики Алтайского края на 2011-2015 годы» относятся: достижение надежной динамики развития экономики Алтайского края, а также повышение уровня надежности электроснабжения потребителей и качества электрической энергии. Особенно остро стоит вопрос об энергосбережении и энергоэффективности топливно-энергетического комплекса.

Одним из ведущих предприятий региона является филиал ОАО «МРСК Сибири» - «Алтайэнерго», к функциям которого относится передача (транспорт) электрической энергии по линиям электропередачи от источника электрической энергии до конечного потребителя. Ключевым показателем эффективности производства сетевых организаций является технологический расход электроэнергии на ее транспорт, т.е. потери электроэнергии при передаче по сетям. С целью снижения потерь электроэнергии в сетях, снижения расхода электрической энергии и тепловой энергии на собственные и хозяйственные нужды была принята Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности на 2011 год и на период до 2015 года ОАО «МРСК Сибири» [4]. Для ее реализации в филиалах ОАО «МРСК Сибири» проведен энергоаудит объектов электросетевого хозяйства, задача которого состояла в получении объективных данных об объеме используемых ресурсов и определении экономических показателей энергоэффективности объектов. Результатом стало не только получение энергетического паспорта, утвержденного Минэнерго РФ, но и выполнение мероприятий по энергосбережению для каждого структурного подразделения с расчетом стоимости реализации и сроков окупаемости за счет ожидаемой экономии энергоресурсов. По предварительным оценкам экспертов, «Алтайэнерго» ежегодно сможет экономить до 3 % от ныне используемых ресурсов на хозяйственные нужды. Эффект от мероприятий, реализованных Филиалом ОАО «МРСК Сибири» в 2013 году в рамках программы энергосбережения, составил около 95,7 млн. кВт·ч. Тенденция снижения потерь просматривается в таблице 1. Полученная экономия сравнима с годовым электропотреблением крупного населенного пункта.

Сэкономленные средства «Алтайэнерго» планирует в 2014 году направить на развитие сетевой инфраструктуры региона, что позволит повысить качество и надежность электроснабжения, создать дополнительные мощности для подключения новых потребителей.

Таблица 1 - Фактические величины отпуска электроэнергии и ее потерь при передаче потребителям

| Показатели      | Единицы измерения | Факт по годам |            |            |            |
|-----------------|-------------------|---------------|------------|------------|------------|
|                 |                   | 2010          | 2011       | 2012       | 2013       |
| Отпуск в сеть   | млн. кВт·ч        | 88 754,848    | 78 955,089 | 80 568,055 | 75 232,417 |
| Полезный отпуск | млн. кВт·ч        | 80 461,651    | 72 079,233 | 74 004,804 | 69 488,303 |
| Общие потери    | млн. кВт·ч        | 8 293,197     | 6 875,856  | 6 563,251  | 5 744,114  |
|                 | %                 | 9,340         | 8,718      | 8,146      | 7,635      |

Организационно-технические мероприятия, реализованные в 2013 году и направленные на экономию и рациональное использование энергоресурсов, включали такие мероприятия, как:

- установка шкафов учета на фасадах зданий, индивидуальных жилых домов, в первую очередь там, где фиксируются наибольшие потери при передаче электроэнергии. С начала 2013 года установлено около 11010 таких устройств. Одновременно велась работа по включению приборов учета потребителей в автоматизированную систему коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) розничного рынка электроэнергии. В филиале ОАО «МРСК Сибири» - «Алтайэнерго» с 2011 по 2013 годы интеллектуальными (высокотехнологическими) электросчетчиками оснащены более 31400 точек учёта у потребителей бытового сектора, юридических лиц и на высоковольтных подстанциях. Все приборы связаны в единую сеть передачи информации. В настоящее время программа охватывает несколько районов и позволяет большому числу потребителей за счет «Алтайэнерго» произвести замену обычных счетчиков на высокотехнологичные («интеллектуальные») приборы. В счетчиках имеется возможность автоматически, либо удаленно (по заданию оператора) выборочно производить отключения объектов. Это позволяет отключать от электросетей неплательщиков, не оставляя без электричества тех, кто исправно оплачивает счета за электроэнергию;

- модернизация объектов регионального электросетевого комплекса. Реконструкция сетей 0,4 кВ в «Алтайэнерго» осуществляется только с применением самонесущего изолированного провода. В течение 2013 года на перегруженных линиях электропередачи специалисты филиала заменили несколько десятков километров на провод большего сечения. В ходе реализации программы в 2012 года заменены несколько перегруженных трансформаторов. Одновременно производится замена неизолированных проводов, идущих от магистралей воздушной линии электропередачи к объектам потребителей, что также повышает надежность энергосистемы;

- проведение рейдов для выявления фактов неучтенного потребления электроэнергии. За 2013 год выявлено 3542 фактов безучётного потребления электроэнергии, включено в полезный отпуск безучётного потребления общим объёмом около 23,8 млн кВт·ч. Свыше сотни недобросовестных потребителей привлечены к уголовной и административной ответственности.

Одна из неотъемлемых составляющих энергосбережения в деятельности «Алтайэнерго» – снижение потребления электроэнергии на собственные нужды подстанций. Для этого оптимизируется работа систем обогрева приводов коммутационной аппаратуры силового оборудования, отопления и вентиляции зданий подстанций. Также осуществляются мероприятия по теплоизоляции зданий и сооружений, замене энергоёмких светильников на энергоэффективные.

Филиал ОАО «МРСК Сибири» реализует программу консолидации электросетевых активов с 2008 г. Значительную часть приобретенных объектов составляют ветхие сети, износ которых в отдельных случаях превышает 75%. Такие объекты подлежат срочной реконструкции.

Одно из приоритетных направлений в реализации проекта энергоэффективности на 2013 год – установка современных общедомовых приборов учета электроэнергии. Но пока собст-



венники многоквартирного жилья в городе Барнауле слабо понимают меру ответственности, возложенную на них федеральным законодательством.

Совместные действия энергетиков и бизнес-сообщества, поддержанные местными органами власти, некоммерческим партнерством в сфере жилищного общественного самоуправления, начнутся с информационного просвещения председателей товариществ собственников жилья, управляющих компаний и других общественных организаций, об оснащении общедомовыми приборами учета электроэнергии. Пилотный проект, реализуемый энергетиками в нескольких микрорайонах города Барнаула, охватил около 100 многоэтажных построек, где установлены общедомовые приборы учета. В 2014 году совместно с реализацией проектов по реконструкции сетей города Барнаула планируется проведение реконструкция сетей 0,4 кВ и более обширное внедрение автоматизированной системы учета электроэнергии бытового потребителя.

Реализация всех мероприятий, предусмотренных в Программе энергосбережения и повышения энергетической эффективности филиала ОАО «МРСК Сибири» - «Алтайэнерго» на 2014 год позволит сэкономить 21,013 млн. кВт·ч и получить экономический эффект порядка 57,475 млн. рублей.

Список использованных источников

1. Федеральный Закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности».
2. Постановление Администрации Алтайского края от 28.12.2009 N 549 (ред. от 30.05.2012) «Об утверждении долгосрочной целевой программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Алтайском крае» на 2011 - 2015 годы и на перспективу до 2020 года».
3. Постановление правительства РФ от 31 декабря 2009 г. N 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».
4. Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности на 2011 год и на период до 2015 года ОАО «МРСК Сибири».

## МЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ

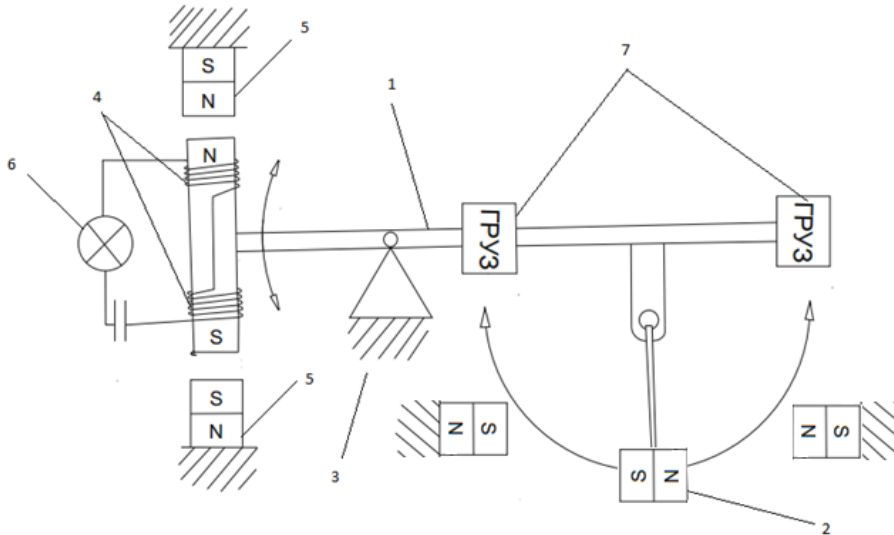
Климачёв А.Ю., Шарипов М.Д. – студенты группы Э-91, Белицын И.В. – к.п.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время современному человечеству для развития и прогресса нужна электроэнергия, причем потребности в ней увеличиваются с каждым годом. Вместе с тем запасы традиционных природных топлив (нефти, угля, газа и др.) конечны. Конечны также и запасы ядерного топлива - урана и тория, из которого можно получать в реакторах-размножителях плутоний. Поэтому важно на сегодняшний день найти выгодные источники электроэнергии, работа которых будет экологически чистой, которые будут просты и надежны в конструкции, при этом не использующие традиционные виды топлива для получения электроэнергии [1].

Целью проведенной авторами работы является создание механизма, преобразующего механическое колебательное движение в электрическую энергию. Механизма, который будет соответствовать всем нормам экологичности, и будет затрачивать минимальное количество внешних ресурсов для выработки энергии.

Для достижения заданной цели ставилась следующая задача – создание устройства преобразования механической энергии в электрическую энергию с помощью двойного маятника[3].

На основе этой модели была построена демонстрационная модель, показанная на рисунке 1.



1 – маятник №1 (коромысло); 2- маятник №2; 3 – неподвижная опора;  
 4 – катушки индуктивности; 5 – тормозящие магниты; 6 – лампа накала;  
 7- противовесы для уравнивания системы (подвижные); 8 – рабочий магнит.

Рисунок 1 – Демонстрационная модель преобразования механического колебательного движения в электрический ток.

Для изучения процессов колебания двойного маятника была создана виртуальная математическая модель, работа которой основывается на уравнениях колебания Лагранжа, которые представлены ниже[2,4].

Квадратичный лагранжиан двойного маятника представлен в виде:

$$L = T - V = \left(\frac{m_1}{2} + \frac{m_2}{2}\right) l_1^2 \dot{\alpha}_1^2 + \frac{m_2}{2} l_2^2 \dot{\alpha}_2^2 + m_2 l_1 l_2 \dot{\alpha}_1 \dot{\alpha}_2 - \left(\frac{m_1}{2} + \frac{m_2}{2}\right) g l_1 \alpha_1^2 + \frac{m_2}{2} g l_2 \alpha_2^2$$

Закон колебаний маятников выражается формулами:

$$\alpha_1(t) = -\frac{\pi}{12} \sqrt{\frac{\mu}{1+\mu}} \cos(\omega_1 t) + \frac{\pi}{12} \sqrt{\frac{\mu}{1+\mu}} \cos(\omega_2 t), \quad \alpha_2(t) = \frac{\pi}{12} \cos(\omega_1 t) + \frac{\pi}{12} \cos(\omega_2 t),$$

где циклические частоты  $\omega_1, \omega_2$  определяются соотношением

$$\omega_{1,2} = \sqrt{\frac{g}{l}} \sqrt{1 + \mu \pm \sqrt{(1 + \mu) \mu}}$$

где  $\mu = m_2/m_1$ .

На базе математической Доработка демонстрационной модели будет осуществляться путем включения в схему работы электромагнитов, которые будут давать толчок для маятника №2. К катушкам индуктивности, расположенным в левой части модели, будет закреплен вольтметр. Система ограничения движения большого маятника не претерпит изменений.

В заключение нужно сказать, что при помощи виртуальных математических моделей, авторами был изучен принцип взаимодействия двух маятников между собой и работы механизма в целом.

На сегодняшний день была собрана пробная экспериментальная модель, которая в отличие от уже известных моделей генераторов (дизельных генераторов, электрогенераторов) имеет простую конструкцию, надежна и проста в эксплуатации.

В дальнейшем авторами планируется доказать, что данный механизм выступает в роли мощного механического преобразователя мощности.

#### Список использованных источников

1. Энергетические ресурсы мира/ Под ред. П.С. Непорожного, В.И. Попкова. – М.: Энергоатомиздат, 2002. – 232 с.
2. Н.С. Пискунов "Дифференциальное и интегральное исчисление", том второй, издательство "Наука", Москва 1985
3. Холостова О.В. Об устойчивости периодических движений маятника с горизонтально вибрирующей точкой подвеса // Изв. РАН. МТТ. 2003. № 4. С. 35–39.
4. nightmareZ [Электронный ресурс] : многопредмет. науч. кат. / nightmarez.net – Электрон.кат. – «Комплекс физических программ»© 2009 – 2013 – Электрон. кат. - Режим доступа: <http://nightmarez.net/physics>
5. Научно технический портал [Электронный ресурс] : многопредмет. науч. кат. / Ntpo.com – Электрон.кат. – «Portal of science and technology»© 2003 – 2013 – Электрон. кат. – - Режим доступа: <http://www.ntpo.com/invention/invention2.shtml>

#### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОАО «АЛТАЙВАГОН»

Крумм Е.С. – студент группы 9Э-81, Гутов И.А. – к.т.н., доцент

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

В условиях, когда происходит рост цен на энергоносители, особое значение приобретают средства, при помощи которых предприятие или организация могут сократить потери или необоснованное расходование энергии, тем самым существенно уменьшив текущие затраты и повысив эффективность своей работы. Первым шагом на пути к сокращению энергозатрат является организация строгого учета потребляемых энергоресурсов. Существующие на многих предприятиях способы учета, основанные на визуальном съеме показаний счетчиков персоналом, не отвечают современным требованиям, по следующим причинам:

- фиксация только итоговых результатов измерений за расчетный период;
- учет только на границе раздела с поставщиком энергоресурсов и поэтому отсутствие возможности оценить распределение энергозатрат внутри предприятия;
- невысокая точность и достоверность (устаревшие средства и методы учета, ошибка при списывании показаний, неодновременный съем информации со множества территориально распределенных приборов, учитывающих один вид энергоносителя), низкая информативность и значительная трудоемкость в силу ручного сбора и обработки информации.

Внедрение автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов позволяет потребителю снизить финансовые затраты как за счет снижения затрат энергии и ее сверхлимитного расходования, так и за счет перехода на более выгодные для потребителя тарифные системы.

В рамках данной работы рассматриваются подходы к созданию автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии ОАО «Алтайский вагоностроительный завод» (ОАО «Алтайвагон»).

Проектируемая автоматизированная система технического учета электроэнергии (АС-ТУЭ) ОАО «Алтайвагон» должна удовлетворять следующим требованиям:

- иметь высокую точность;
- хранить данные в течение необходимого времени;
- вести учет, как по активной, так и по реактивной мощности;
- автоматически фиксировать максимумы нагрузки;

Всю работу по созданию и пуску в работу АСТУЭ можно разбить на следующие этапы:

- разработка, согласование и утверждение Технического задания на создание АСТУЭ;
- предпроектное обследование объектов, разработка концепции построения АСТУЭ;
- разработка проектно-сметной документации;
- поставка электросчетчиков;
- поставка оборудования АСТУЭ и материалов;

- выполнение монтажных работ;
- выполнение пусконаладочных работ и ввод в опытную эксплуатацию;
- опытная эксплуатация, обучение персонала и метрологическая аттестация;
- ввод в промышленную эксплуатацию.

Рассмотрим основные составные части проектируемого комплекса АСТУЭ, представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Состав комплекса АСТУЭ

|  |   |
|--|---|
| Информационно-вычислительный комплекс                  | Счетчики: СЕ304, ЦЭ6850М, ЦЭ6850  |
| Информационно-вычислительный комплекс электроустановок | УСПД164-01И, СЕ805<br>Каналообразующая аппаратура с центром обработки информации. |
| Информационно-измерительный комплекс                   | Программное обеспечение центра обработки информации «Промышленный потребитель»    |

В основу построения системы учета положена стандартная промышленная шина, которая позволяет объединить в пределах объекта ряд устройств, осуществляющих сбор и хранение информации от первичных датчиков.

Применяемая шина CANBus, стандарт CAN(ISO 11898) фирмы Bosch, обеспечивает обмен информацией между 2048 устройствами на расстоянии до 1 км со скоростью до 1 Мбит.

Базовым модулем при построении системы учета электроэнергии служит устройство сбора и передачи данных УСПД 164-01, предназначенное для сбора дискретной (импульсной) информации при работе в диапазоне температур от -25 до +55°С.

Питание устройства сбора и передачи данных осуществляется от источника постоянного тока напряжением 24 В. Устройство сбора и передачи данных по двухпроводным витым парам связываются со счетчиками электрической энергии типа ЦЭ 68ХХ.

В функции устройства сбора и передачи данных входит:

- периодический опрос телеметрических входов от счетчиков каждые 10 мс, программная обработка (защита от ложных импульсов);
- накопление полученных числоимпульсных значений;
- формирование текущих трехминутных значений мощности и суточного графика 30-минутных значений энергии;
- сохранение показаний в энергонезависимой памяти до 2 мес;
- формирование показаний по группам учета, а также по балансу секций шин и всего энергообъекта.

Сбор данных от счетчиков с цифровым интерфейсом осуществляется по кабельной линии связи и передается в информационно-измерительный комплекс (рисунок 1).

Устройство сбора и передачи данных построено на 16-битном микроконтроллере фирмы "Siemens" с памятью программ емкостью 64 Кбайт и оперативной памятью 4 Кбайта; 30-ти минутные показания хранятся во флэш-памяти до 2 мес.

Устройство сбора и передачи данных имеет цифровой интерфейс RS-232C, через который осуществляется обмен данными или непосредственно с компьютером по одновременному интерфейсу при построении схем без учета локальных объектов, или через модем с удаленным компьютером при построении схем с учетом распределенных объектов. Модем (стандартный покупной) должен поддерживать набор AT команд и обеспечивать работу по линиям связи выделенной и коммутируемой. В состав комплекта также может входить телемеханический модем для работы на урезанных каналах связи.

При помощи преобразователя интерфейса RS-232C/ RS-485 (с гальванической изоляцией) имеется возможность сбора показаний со счетчиков, обладающих интерфейсом ЦЭ 6822/23. При этом устройство сбора и передачи данных будет корректировать ход часов на этих счетчиках, и осуществлять дистанционный доступ к ним.

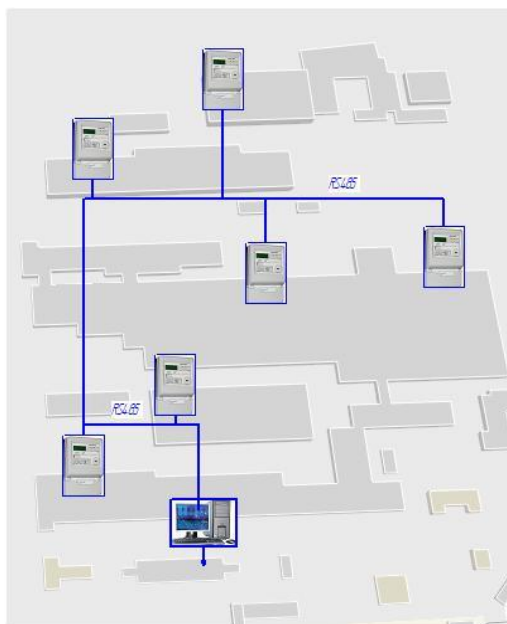


Рисунок 1 - Функциональная схема АСКУЭ

На устройстве сбора и передачи данных имеется переключатель, задающий номер устройства в системе. Связь между устройствами сбора и передачи данных основана на информационной шине CAN фирмы Bosch (ISO 11898). Устройства могут обмениваться информацией по двухпроводной витой паре на расстояния до 40 метров со скоростью 1 Мбит/сек. При увеличении расстояния до 1 км скорость обмена уменьшается до 125 Кбит/сек. Шина гальванически изолирована от устройства сбора и передачи данных.

Создаваемая АСКУЭ предназначена для осуществления эффективного автоматизированного учета электроэнергии и мощности, а также регистрации и хранения параметров электропотребления, передачи информации в центр сбора информации и формирования отчетных документов.

Концепция построения системы делает возможным резервирование различных функциональных узлов. Выход из строя одного из устройств сбора и передачи данных не приводит к потере учета по всем точкам. Телеметрический канал счетчика можно завести на другое устройство сбора и передачи данных, а подключив второй модем на интерфейс RS-232C с другого устройства сбора и передачи данных – осуществить резервирование каналов связи.

Достоинствами данной системы являются:

- модульность;
- гибкость, позволяющая наращивать точки учета по мере необходимости от 16 до 256;
- высокоскоростная информационная шина CAN, обеспечивающая надежный обмен данными между устройствами;
- распределенная система питания (центральный источник питания  $\approx 220/24$  В), позволяющая при необходимости резервировать питание от другого источника или аккумуляторной батареи напряжением 24 В;
- применение компонентов с высокой степенью интеграции от мировых лидеров Siemens, Atmel и др., технологии поверхностного монтажа, что повышает надежность устройств;
- относительно низкая стоимость.

Экономическая эффективность от внедрения АИИСТУЭ на ОАО «Алтайвагон» достигается за счет:

- возможности выхода на ОРЭ;
- контроля фактического потребления и снижения заявленной мощности;
- контроля энергопотребления отдельных структурных подразделений предприятия, с возможностью расчета доли затрат на электроэнергию в себестоимости продукции;

- сокращения затрат на обработку информации за счет получения оперативных и достоверных данных.

Внедрение данной системы кроме экономии энергетических ресурсов и денежных средств позволит повысить надежность электроснабжения, а также автоматизировать учет электрической энергии и расчеты с электроснабжающей организацией (возможен выход с этой системы на сервер “Энергосбыта”).

Список использованных источников

1. ТРЕЙС МОУД. Графическая инструментальная система для разработки АСУ. Версия 5.0. Руководство пользователя. Изд. 2, испр. и доп. - М.: Adastra Research Group, Ltd., 1998.

2. Гуртовцев, А.Л. Комплексная автоматизация энергоучета на промышленных предприятиях и хозяйственных субъектах // Современные технологии автоматизации. - 1999. - №3. - С. 34 – 37.

3. Новицкий, П. В. Основы информационной теории измерительных устройств. – Л.: Энергия, 1968. – 248 с.

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОТРАВМАТИЗМА И ПУТИ ЕГО СНИЖЕНИЯ

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

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

В настоящее время человек повсеместно сталкивается с теми или иными электроустановками, будь то бытовые электроприборы – плита, электрочайник, стиральная машина и т. д., или же на производстве – различные станки, осветительные установки, насосы, электроприводы, сложные устройства, питающиеся от электросети. Наука развивается очень стремительно, в том числе электроэнергетика, электроприборостроение, электроника, и, следовательно, сложнее становятся электроприборы и электрооборудование, а так же неуклонно растет применение человеком всевозможных электроприборов. Так как нам приходится все больше и больше в быту и на работе сталкиваться с электричеством, то очень важным является вопрос об электробезопасности.

Заземляющие устройства наряду с другими защитными мерами имеют важнейшее значение как простое, но эффективное средство обеспечения электробезопасности людей и животных. Способность заземляющего устройства обеспечивать электробезопасность обусловила его широкое распространение и применение.

Значимость правильной и надежной работы заземляющего устройства в жизни человека рассматривается на примере обзора статистики электротравм.

Учитывая отсутствие упорядоченной статистической информации об электротравматизме в России, ниже приведены сведения, полученные в результате обобщения статистического материала для различных регионов страны в период с 1980 по 2000 год.

Число погибающих от электрического тока в год в мире достигает 22 – 25 тыс. человек. При этом электротравмы со смертельным исходом составляют 10 – 15 % от общего числа травм с тяжелым исходом.

Статистика электротравматизма в зависимости от:

- уровня напряжения электроустановок: 70% - сеть до 1 кВ, 30% - сеть выше 1 кВ;

- опасных ситуаций в бытовых электроустановках 380/220 В с заземленной нейтралью:

43,3 % - прикосновения к открытым токоведущим частям, находящимся под напряжением; 18,2 % - прикосновение к токоведущим частям, имеющим изоляцию, потерявшую свои свойства; 28,6 % - прикосновение к металлическим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением в результате пробоя изоляции; 2,1 % - в результате появления фазы на корпусе устройства, стене, конструкции и т.д.; 7,8 % - прочие.

Около 70 % травм происходят вследствие прямого контакта человека с токоведущими частями электроустановки, находящимися под напряжением. Эта группа травм является не только самой многочисленной, но и наиболее опасной из-за отсутствия эффективной меры

электрозащиты. Травмы, вызванные появлением напряжения на нетоковедущих металлических частях оборудования, составляют треть всех случаев. Основная причина здесь – несовершенство применяемых мер безопасности или пренебрежение ими.

Таким образом, проблема обеспечения электромагнитной совместимости человека и электроустановок в России остается актуальной и требует эффективного решения, так как поразличным причинам из года в год электротравматизм возрастает.

В России на долю электротравматизма среди населения приходится от 30 до 70 % общего числа регистрируемых электротравм и тенденция к их снижению пока не наблюдается. Ежегодно от поражения электрическим током только в электроустановках зданий погибает более 4,5 тыс. человек. При этом следует иметь в виду, что в электроустановках напряжением 380/220 В происходит 70 – 80 % несчастных случаев от общего числа электротравм, остальная часть приходится на электроустановки выше 1000 В (предприятия энергетики, электрифицированный транспорт). Графическое представление принципа действия заземляющего устройства и важности контроля состояния его параметров представлено на рисунке 1.

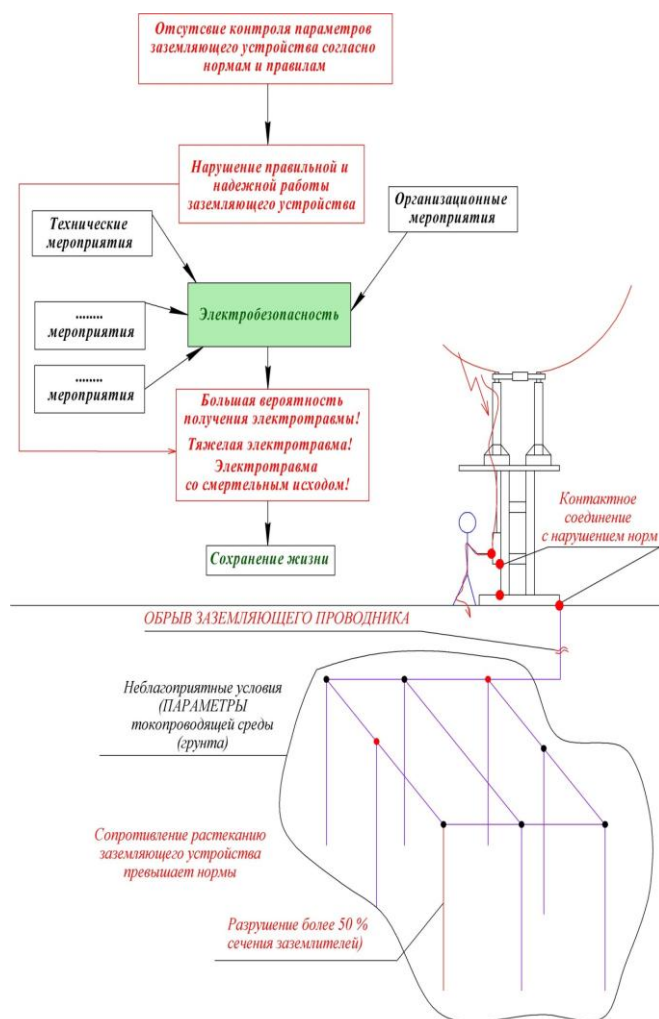


Рисунок 1 - Графическое представление принципа действия заземляющего устройства и важности контроля состояния его параметров

Таблица 1 - Нормируемые параметры состояния заземляющего устройства для сети с трехфазным (380 В) напряжением (однофазным – 220 В) с ГЗН

| Нормируемый параметр                  | Норма            | Нормативный документ |
|---------------------------------------|------------------|----------------------|
| Сопrotивление заземляющего устройства | не более 4 Ом*   | ПУЭ, изд. 7          |
| Переходное сопротивление              | не более 0,05 Ом | РД 34.45-51.300-97   |
| Разрушение сечения заземлителя        | не более 50 %    |                      |

\*При удельном сопротивлении земли  $\rho > 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  допускается увеличивать указанные нормы в  $0,01\rho$  раз, но не более десятикратного.

Обеспечение правильной и надежной работы заземляющего устройства непосредственно связано с разработкой и внедрением эффективных средств его диагностики: контроле и измерении его основных параметров; разработкой и совершенствованием современных методик и т.д.

Одним из перспективных путей решения этой проблемы может стать разработка и совершенствование современных методик, разработка некоего комплексного критерия. В самом простом случае это может быть достигнуто за счёт глубокого анализа существующих методик, диагностики и прогнозирования параметров заземляющего устройства.

Таким образом, дальнейшее совершенствование правильной и надежной работы заземляющего устройства следует проводить в направлении:

- разработка и совершенствование современных методик для определения параметров заземляющего устройства;
- с разработкой и внедрением эффективных средств его диагностики: контроле и измерении его основных параметров.

## СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ РАДИАЛЬНО-МАГИСТРАЛЬНОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 КВ

Овсянников И. В. – студент группы Э-01, Белицын И. В. – к.п.н., доцент

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

Сейчас, в век глобальной компьютеризации и автоматизации, большинство расчетов в дипломной работе студент производит вручную. Что, непосредственно, вызывает необходимость поиска нормативных документов; так как расчеты выполняются вручную, то велика вероятность ошибки в выборе исходных данных, в вычислениях, которая приводит к пересчету, а, следовательно, затрачивается большое количество времени, которое итак ограничено.

Данная программа позволит автоматизировано произвести расчет параметров всех ветвей радиально-магистральной сети и свести полученные результаты в итоговые таблицы. Соответственно, если параметры какой-либо веточки не будут удовлетворять нормам, то будет возможно изменить исходные данные этой веточки и программа сама пересчитает все параметры для нее. Таким образом, сократиться время расчетов, уменьшится вероятность ошибки в ходе вычислений или из-за неправильного выбора исходных данных.

Дипломная работа студентов Энергетического факультета представляет собой проектирование электроснабжения цеха или завода. В настоящее время студенты выбирают самую длинную веточку проектируемой схемы электроснабжения и рассчитывают все параметры для нее, подразумевая, что параметры других, более коротких ветвей удовлетворяют всем требованиям, которым соответствуют рассчитанные параметры выбранной веточки. Однако, на практике это не всегда так, а расчет всех ветвей разрабатываемой схемы очень велик по времени и объему. Если произвести полный расчет радиально-магистральной сети, то он, в зависимости от конфигурации сети, составит порядка 400 страниц, что весьма превосходит установленные для дипломной работы рамки.

Но, если автоматизировать необходимые вычисления, а их результаты свести в таблицы, то получится существенно сократить время расчетов и, полностью просчитав параметры радиально-магистральной сети, представить их в дипломной работе в виде таблиц, не нарушая регламента.

Цель: на базе табличного редактора Microsoft Office Excel 2007 разработать программу, позволяющую выбирать значения параметров электрических аппаратов и проводников предусмотренные ГОСТами, рассчитывать параметры радиально-магистральной сети напряжением 0,4 кВ, по рассчитанным параметрам сети выбирать коммутационные аппараты и аппараты защиты.



Задачи.

1. Произвести литературный обзор с целью анализа и систематизации справочных данных по: жилам, проводами, кабелям, предохранителям, магнитным пускателям, автоматическим выключателям.
2. Ознакомиться с возможностями и особенностями ввода, поиска и обработки (редактирования) данных в Microsoft Office Excel 2007.
3. Изучить назначение функций вложенных в Microsoft Office Excel 2007.
4. Ознакомиться с различными методами расчетов параметров радиально-магистральных сетей.
5. Изучить последовательность расчетов применяемых при проектировании радиально-магистральных сетей напряжением 0,4 кВ.
6. Найти и изучить нормативную документацию, нормам которой должны соответствовать параметры проектируемой электрической сети напряжением 0,4 кВ.
7. Разработать алгоритм, по которому будет производиться расчет параметров радиально-магистральной сети напряжением 0,4 кВ.
8. Осуществить разработанный алгоритм в Microsoft Office Excel 2007.

В разрабатываемой программе созданы электронные базы данных погонных активных и реактивных сопротивлений кабелей в зависимости от их сечения в соответствии с [1]. Так как в [1] приведены только погонные активные сопротивления, то для получения зависимости погонных реактивных сопротивлений кабелей от сечения жил была дополнительно проанализирована информация из [2], где отражены данные зависимости только для наиболее часто применяемых сечений жил кабелей, для других стандартных сечений жил эти зависимости были выведены с помощью метода интерполяции. Созданы базы данных по магнитным пускателям в соответствии с [3], плавким предохранителям в соответствии с [4], автоматическим выключателям в соответствии с [5].

Программа позволяет пользователю ввести длины участков кабелей, проводов, выбрать их сечения из базы данных и ввести мощность приемников электроэнергии, подключенных к узлам сети. По этим данным программа рассчитывает перетоки мощности по участкам, активное, реактивное, полное сопротивление участка сети, силу тока, протекающего по данному участку, падение напряжения на участке и напряжение в конце участка сети в соответствии с [6].

Затем рассчитывается сила тока короткого замыкания в каждом узле сети и пользователь может выбрать аппараты защиты для каждого узла в соответствии с [7, 8, 9].

Список использованных источников

1. ГОСТ 22483-77 «Жилы токопроводящие медные и алюминиевые для кабелей, проводов и шнуров».
2. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов: Учеб. пособие для студентов электроэнергет. спец. вузов, 2-е изд., перераб. и доп. / В. М. Блок, Г. К. Обушев, Л. Б. Паперно и др.; Под ред. В. М. Блок. – М.: Высш. шк., 1990. – 383с.; ил. ISBN 5-06-000726-X.
3. ГОСТ 2491-82 «Низковольтные магнитные пускатели».
4. ГОСТ Р 50339.0-2003 (МЭК 60269-1-98) «Предохранители плавкие низковольтные».
5. ГОСТ Р 50031-2012 «Автоматические выключатели для электрооборудования (АВВ)».
6. РТМ 36.18.32.4-92 «Указания по расчету электрических нагрузок».
7. ГОСТ Р 50571.5-94 «Электроустановки зданий. Требования по обеспечению безопасности. Защита от сверхтока».
8. ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ».
9. РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования».

# ОЦЕНКА НЕОБХОДИМЫХ ОБЪЕМОВ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ ДЛЯ РАЗГРУЗКИ КОНТРОЛИРУЕМОГО СЕЧЕНИЯ ББУ-1 АЛТАЙСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ТРАНЗИТНЫХ ПЕРЕТОКОВ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Поляков И.А. – аспирант, Капустин С.Д. – к.т.н., доцент

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

Алтайская энергосистема входит в состав ОЭС Сибири и граничит с ОЭС Казахстана, участвуя в обмене активной мощностью между ними вследствие изменения режимов работы их узлов генерации. Участие в транзите активной мощности по сети 500 кВ оказывает влияние на режим работы сети 220 кВ Алтайской энергосистемы. В этой электрической сети задано контролируемое сечение ББУ-1, необходимое для контроля уровней перетоков активной мощности с целью соблюдения требований устойчивости [1].

В состав контролируемого сечения ББУ-1 (далее – ББУ-1) Филиала ОАО «СО ЕЭС» Алтайское РДУ входит (рисунок 1):

- АТ-1, АТ-2 ПС 500 кВ Барнаульская;
- ВЛ 220 кВ Смазнево – Чесноковская с отпайкой на ПС Шпагино, ВЛ 220 кВ ТЭЦ АКХЗ – Чесноковская с отпайкой на ПС Шпагино (транзит на восток – Беловский транзит);
- ВЛ 220 кВ Краснозёрская – Урожай, ВЛ 220 кВ Зубково – Урожай (транзит на запад – Иртышский транзит).

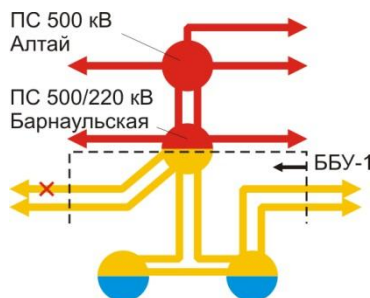


Рисунок 1 – Состав сечения ББУ-1

ВЛ 220 кВ, входящие в состав ББУ-1, являются участками транзитной связи, шунтирующей сеть 500 кВ, и участвуют в обмене активной мощностью между ОЭС Сибири и ОЭС Казахстана. Это выражается в изменении места потокораздела активной мощности в транзитной сети 220 кВ в зависимости от величины и направления перетоков активной мощности (далее - перетоков) в контролируемом сечении Казахстан – Сибирь 1 (рисунок 2).

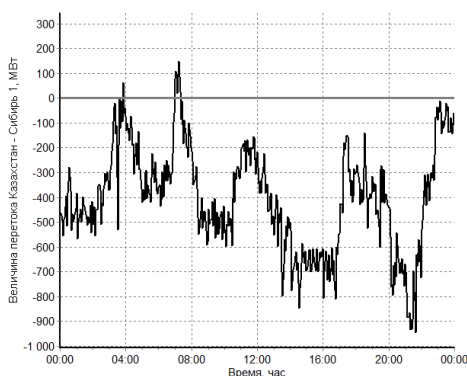


Рисунок 2 – Пример графика суточного изменения перетока Казахстан – Сибирь 1

Анализ статистических данных (рисунок 3) позволяет говорить о линейной зависимости загрузки частей ББУ-1 от величины перетока Казахстан – Сибирь 1. Исходя из этого были определены величины перетоков активной мощности в ББУ-1, соответствующие допусти-

мым токовым нагрузкам элементов сечения для двух случаев, отличающихся величиной и направлением перетока в сечении Казахстан – Сибирь 1 (таблица 1). В качестве расчетной была выбрана схема с ремонтом одного из АТ ПС 500 кВ Барнаульская и ВЛ 220 кВ Зубково – Урожай (ВЛ Иртышского транзита, см. рисунок 1) при температуре окружающей среды +35°C и величине наибольшей единичной генерации в сечении (величины небаланса активной мощности при её аварийном отключении) 20 МВт.

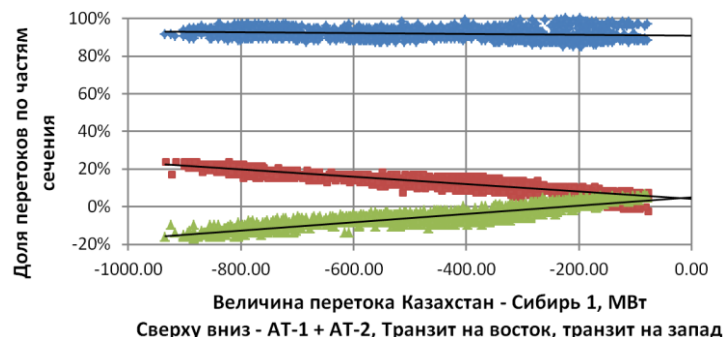


Рисунок 3 – Зависимость загрузки участков транзита 220 кВ от перетока в сечении Казахстан – Сибирь 1

Таблица 1 – Значения допустимых перетоков в ББУ-1.

| Режим                  | Допустимый переток по условию неперевышения токовой нагрузки элементов сечения, МВт |   |                   |                                     |                              |   |
|------------------------|---|---|-------------------|-------------------------------------|------------------------------|---|
|                        | Нормальный режим (НР)   | Послеаварийный режим (ПАР) при аварийном возмущении |                   |                                     |                              |   |
|                        |   | Отключение второго АТ                               |                   | Откл. второй ВЛ Иртышского транзита | Откл. ВЛ Беловского транзита | Откл. наиболее загруженного генератора (Рген) |
| Ограничивающий элемент | АТ  | Иртышский транзит                                   | Беловский транзит | АТ                                  | АТ                           | АТ  |
| Переток в Сибирь       | 631   | 416   | 657               | 536                                 | 615                          | 631 - Рген                                    |
| Переток в Казахстан    | 628   | 659   | 554               | 647                                 | 597                          | 628 - Рген                                    |

Промежуточные значения определены с учетом линейного изменения (Рисунок 4). Максимально допустимый переток (МДП) в ББУ-1 в этом случае определяется как ломаная, принимающая минимальные значения из набора зависимостей (рисунок 5) [1].

Т.к. две зависимости соответствуют ПАР с отключенным состоянием двух АТ (Рисунок 4 – показаны пунктиром), которое является пусковым фактором ПА, то возможный МДП с ПА будет представлять из себя ломаную, как и в МДП без ПА, но без учета ограничений в ПАР при отключении АТ. Разность между МДП без ПА и МДП с ПА представляет собой необходимый объем УВ ПА (рисунок 5).

Существующая настройка ПА для разгрузки ББУ-1 в рассмотренной схеме представлена в таблице 2, а объем управляющий воздействий (УВ) отображен на рисунке 5 (Факт ПА).

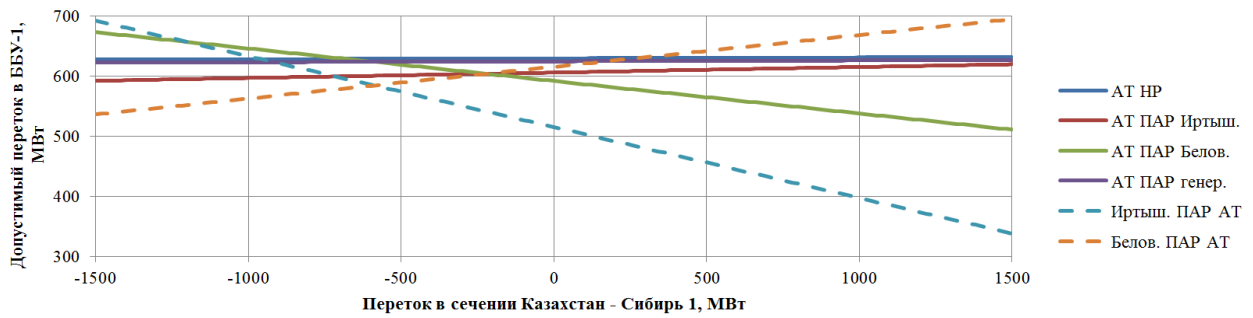


Рисунок 4 – Зависимость величин ограничений перетока в ББУ-1 от перетока в сечении Казахстан – Сибирь 1

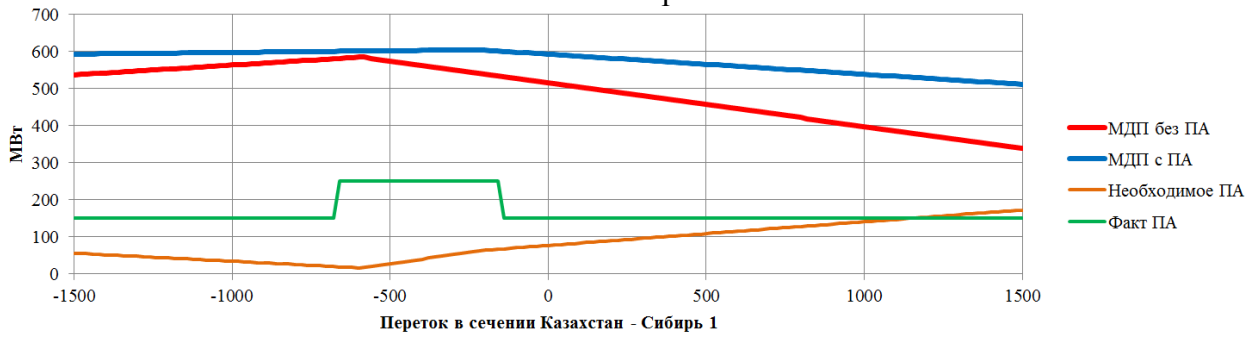


Рисунок 5 – Зависимость МДП и объемов отключения нагрузки ПА от перетока в сечении Казахстан – Сибирь 1

Таблица 2 – Настройка ПА для рассматриваемой схемы сечения.

| Величина перетока в ББУ-1 до возмущения в нормальном режиме, МВт | Управляющее воздействие (УВ) | Гарантированный объем отключения нагрузки (разгрузки сечения), МВт |
|--|------------------------------|--|
| От 500 до 600  | ОН-100                       | 150  |
| От 600 и выше  | ОН-300                       | 250  |

Разность между существующей настройкой ПА и необходимыми объемами УВ представляет собой в зависимости от знака избыток или недостаток воздействия (Рисунок 6а). При изменении мощности наиболее загруженного генератора от 20 МВт до 140 МВт расчеты аналогичны, результаты представлены с шагом 40 МВт на рисунках 6б-6г.

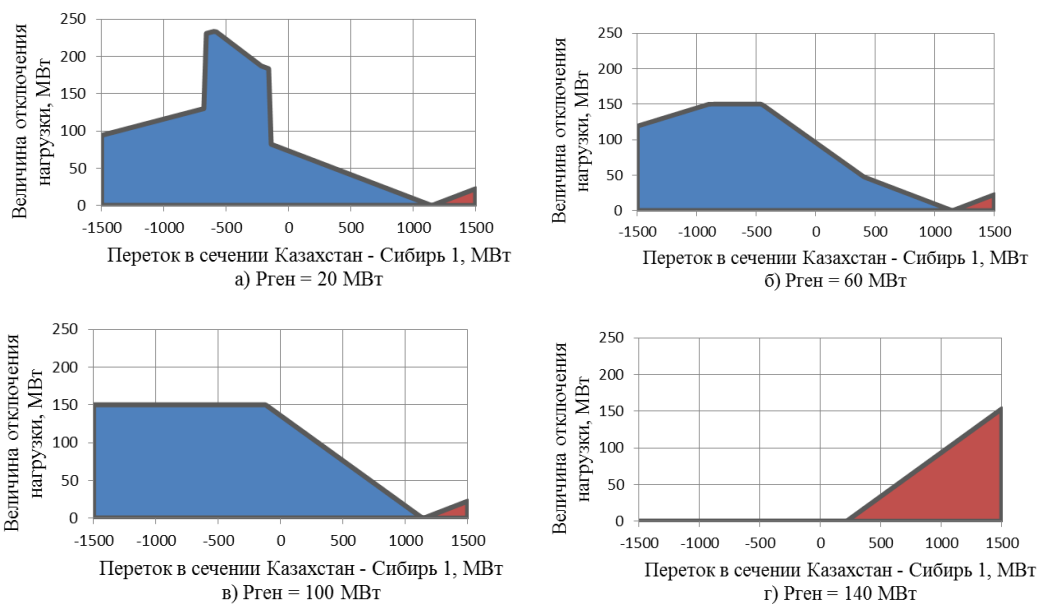


Рисунок 6 - Разность фактического и необходимого объема УВ ПА (синяя область – избыточное воздействие, красная область – недостаточное воздействие).

Таким образом, из рисунков ба-бг видно, что для рассматриваемой схемы сечения ББУ-1 воздействие ПА в общем случае не соответствует необходимому объему и в зависимости от величины перетока в сечении Казахстан – Сибирь 1 и возможного небаланса при отключении генератора является избыточным (синяя область) или недостаточным (красная область). Это связано с дискретностью уставок ПА и объемов УВ, а также отсутствием их зависимости от величин транзитных перетоков.

Список использованных источников

1. Методические указания по устойчивости энергосистем [Текст], 30.06.2003. – 2003. – 12 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ АВАРИЙНОГО ОСВЕЩЕНИЯ И ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Пряничников А.А., Тарасов В.В. – студенты группы Э-92, Мартко Е.О. – ассистент Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Барнаул является промышленным городом. На его территории располагается множество промышленных предприятий и подстанций, как крупных, так и небольших. На многих из них установлено опасное оборудование, на некоторых происходит сложный технологический процесс, поэтому на предприятии не стоит забывать о технике безопасности.

Тема, посвященная эксплуатации аварийного освещения и пожарной сигнализации, актуальна в наши дни, поскольку данные системы являются неотъемлемой частью рабочего процесса. Аварийное освещение – часть освещения, которая продолжает работать в случае прекращения штатной подачи электроэнергии. Оно незаменимо в производственном процессе, где даже после отключения электроэнергии продолжают по инерции движение некоторые элементы, опасные для жизни человека. Во время отключения рабочего освещения должно автоматически включаться аварийное освещение, которое обеспечит освещение опасных участков и поможет без травм вывести людей из помещения. Анализ состояния аварийной системы освещения на современных предприятиях показал, что в настоящее время на большинстве производств установлены только таблички направления эвакуационного выхода, а этот факт влечет за собой увеличение вероятности травматизма в случае чрезвычайной ситуации и отключения основных источников освещения. Пожарная сигнализация на любом производстве – это вещательное устройство, сигнализирующее о пожаре и управление эвакуацией людей при пожаре.

На основе проведенных исследований была разработана схема совместной работы аварийного освещения и пожарной сигнализации, которая представлена на рисунке 1.

Основной принцип работы предлагаемой схемы заключается в переключении на аварийный источник питания и освещении помещения во время отсутствия напряжения в основной сети. Для этого в основной цепи подключается реле напряжения KV. В случае наличия напряжения в сети – контакт KV разомкнут для нормальной работы штатных источников освещения. При отсутствии напряжения в сети – контакт KV переходит во второе положение, тем самым замыкая цепь аварийного освещения. Цепь аварийного освещения питается от аккумуляторных батарей GB, которые в нормальном режиме работы заряжаются от основной сети. После замыкания аварийного питания напряжение подается на аварийный источник света, а пожарная сигнализация должна обеспечивать автоматическое обнаружение пожара за время, необходимое для включения систем оповещения о пожаре в целях организации безопасной (с учётом допустимого пожарного риска) эвакуации людей в условиях конкретного объекта. Системы пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должны быть установлены на объектах, где воздействие опасных факторов пожара может привести к травматизму и (или) гибели людей. Так же пожарная сигнализация должна функционировать с эвакуационным освещением: при срабатывании сигнализации срабатывает контакт K1, который включает эвакуационное освещение, показывающее все пути эвакуации, не зависимо от наличия напряжения в основной сети.

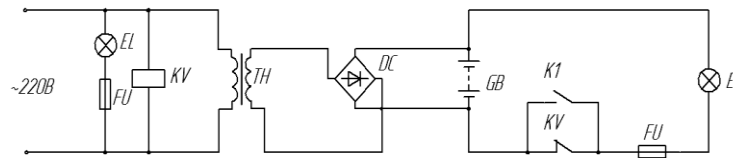


Рисунок 1 – Схема совместного использования аварийного освещения и пожарной сигнализации

В ходе работы будут получены результаты технических и экономических показателей качества и эксплуатационной надёжности выбранной схемы питания аварийного освещения и элементы освещения, а так же пожарной сигнализации в совокупности с эвакуационным освещением, что поможет улучшить безопасность на предприятиях с опасным производством, снизит число травматизма в моменты отключения основного источника питания, в ходе эвакуации людей из помещения и гибель людей при пожаре. Так же благодаря этому освещению можно закончить сложный технологический процесс, так как его остановка приведёт к значительным экономическим потерям, и позволит избежать летальных исходов во время пожара.

В ходе работы будут рассмотрены основные виды оборудования освещения на подстанциях. На данный момент реконструкция подстанций предполагает установку по всему периметру светодиодных ламп, но из-за большой напряжённости электромагнитных полей, светодиодные лампы не отвечают заявленным гарантийным срокам эксплуатации: происходят непредвиденные сбои и оборудование выходит из строя в течение 1-2 лет, причем полной светоотдачи, заявленной изготовителем этих ламп, потребитель так и не получает. Для работы подстанций следует рассматривать новые светодиодные светильники, более доработанные, с применением экранирующих и снижающих негативное воздействие факторов среды устройств. В ходе работы будут проанализированы способы защиты оборудования от вредных факторов и найден наиболее подходящий вариант для данной среды.

#### Список использованных источников

1. Гиндин, Э.Л. Электрическое освещение общепромышленных помещений. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 112 с.
2. Шеховцов, В.П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов. – М.: ФОРУМ, 2009. – 160 с.
3. Семенов, Б.Ю. Экономичное освещение для всех. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2010. – 224 с.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

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

Частотный преобразователь в комплекте с асинхронным электродвигателем позволяет заменить электропривод постоянного тока. Системы регулирования скорости двигателя постоянного тока достаточно просты, но слабым местом такого электропривода является электродвигатель. Он дорог и ненадёжен. При работе происходит искрение щёток, под воздействием электроэрозии изнашивается коллектор. Такой электродвигатель не может использоваться в запыленной и взрывоопасной среде.

Асинхронные электродвигатели превосходят двигатели постоянного тока по многим параметрам: они просты по устройству и надёжны, так как не имеют подвижных контактов. Они имеют меньшие по сравнению с двигателями постоянного тока размеры, массу и стоимость при той же мощности. Асинхронные двигатели просты в изготовлении и эксплуатации.

Основной недостаток асинхронных электродвигателей – сложность регулирования их скорости традиционными методами (изменением питающего напряжения, введением дополнительных сопротивлений в цепь обмоток).

Управление асинхронным электродвигателем в частотном режиме до недавнего времени было большой проблемой, хотя теория частотного регулирования была разработана ещё в тридцатых годах. Развитие частотно-регулируемого электропривода сдерживалось высокой стоимостью преобразователей частоты. Появление силовых схем с IGBT-транзисторами (би-полярный транзистор с изолированным затвором), рассчитанными на токи до нескольких килоампер, напряжением до нескольких киловольт и имеющих частоту коммутации 30 кГц и выше, разработка высокопроизводительных микропроцессорных систем управления позволило различным фирмам Европы, США и Японии создать современные преобразователи частоты доступной стоимости.

Принцип частотного метода регулирования скорости асинхронного двигателя заключается в том, что, изменяя частоту питающего напряжения, можно в соответствии с выражением  $\omega_0 = \frac{2\pi f}{p}$  при неизменном числе пар полюсов  $p$  изменять угловую скорость  $n_0$  магнитного

поля статора.

Этот способ обеспечивает плавное регулирование скорости в широком диапазоне, а механические характеристики обладают высокой жёсткостью.

Для получения высоких энергетических показателей асинхронных двигателей (коэффициентов мощности, полезного действия, перегрузочной способности) необходимо одновременно с частотой изменять и подводимое напряжение. Закон изменения напряжения зависит от характера момента нагрузки  $M_c$ . При постоянном моменте нагрузки напряжение на статоре должно регулироваться пропорционально частоте.

С уменьшением угловой частоты  $\omega$  критический момент несколько уменьшается в области малых частот вращения. Это объясняется возрастанием влияния активного сопротивления обмотки статора при одновременном снижении частоты и напряжения.

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

$$\Delta P = K + V$$

Под постоянными подразумеваются потери мощности, не зависящие от нагрузки двигателя. К ним относятся потери в стали магнитопровода, механические потери от трения в подшипниках и вентиляционные потери. Строго говоря, постоянные потери не являются неизменными, а зависят от скорости двигателя, амплитуды и частоты питающего напряжения. Однако, поскольку эти потери изменяются незначительно, они обычно принимаются неизменными. Постоянные потери в трехфазном асинхронном двигателе и равными номинальным.

Нас интересуют переменные потери. Под переменными подразумеваются потери, выделяемые в обмотках двигателя при протекании по ним токов, определяемых механической нагрузкой. Переменные потери мощности в двигателе могут быть в общем случае определены через электрические и механические параметры. Переменные потери в роторе асинхронного двигателя определяются:

$$V_2 = M\omega_0 s;$$

Переменные потери в статоре асинхронного двигателя:

$$V_1 = Mw_0 s \frac{R_1}{R_2};$$

Полные переменные потери в асинхронном двигателе:

$$V = V_1 + V_2;$$

Частотный способ является наиболее перспективным для регулирования асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Потери мощности при таком регулировании невелики, поскольку минимальны потери скольжения, а также можно регулировать скорость вращения магнитного поля статора в зависимости от нагрузки.

$$s = \frac{(w_0 - w)}{w_0};$$

Существует два основных типа преобразователей частоты: с непосредственной связью и с промежуточным контуром постоянного тока.

В первом случае выходное напряжение синусоидальной формы формируется из участков синусоид преобразуемого входного напряжения. При этом максимальное значение выходной частоты принципиально не может быть равным частоте питающей сети. Частота на выходе преобразователя этого типа обычно лежит в диапазоне от 0 до 25-33 Гц. Но наибольшее распространение получили преобразователи частоты с промежуточным контуром постоянного тока, выполненные на базе инверторов напряжения.

Применение регулируемого электропривода обеспечивает энергосбережение и позволяет получать новые качества систем и объектов. Значительная экономия электроэнергии обеспечивается за счёт регулирования какого-либо технологического параметра:

- для транспортеров и конвейеров – регулирование скорости движения;
- для насосов и вентиляторов – поддержание давления или регулирование производительности;
- для станков – плавное регулирование скорости подачи или главного движения.

Особый экономический эффект от использования преобразователей частоты даёт применение частотного регулирования на объектах, обеспечивающих транспортировку жидкостей. До сих пор самым распространённым способом регулирования производительности таких объектов является использование задвижек или регулирующих клапанов, но сегодня доступным становится частотное регулирование асинхронного двигателя, приводящего в движение, например, рабочее колесо насосного агрегата или вентилятора.

При неравномерном суточном, недельном, месячном графике потребления потребителем воды поддержание оптимального давления в сетях возможно с помощью перекрытия задвижек на выходе насосной станции (метод дросселирования) или за счёт изменения скорости вращения насосного агрегата (изменение его производительности).

Мощность, потребляемая насосом находится в кубической зависимости от скорости вращения рабочего колеса  $P=f(Q^3)$ , т.е. уменьшение скорости вращения рабочего колеса насоса, вентилятора в 2 раза приводит к уменьшению мощности, потребляемой насосом в 8 раз. Производительность насоса  $Q$  прямо пропорциональна скорости вращения рабочего колеса насоса.

Исходя из графиков потребления воды и зависимости мощности, потребляемой насосом от производительности, можно определить примерную экономию электроэнергии от применения частотно-регулируемого привода.

Оценим величину экономического эффекта от применения преобразователя частоты Lenze SMD ESMD223L4TXA (цена со склада в Санкт-Петербурге 41534 р. с НДС) на насосном агрегате мощностью 22 кВт.

Величина экономии электроэнергии при внедрении преобразователей частоты может составлять до 45 %. Мы в своих расчётах примем экономию за 20%, хотя на практике она мо-



жет составлять и 40%. Таким образом, для насосного агрегата мощностью 22 кВт и работающего, к примеру, 9 месяцев в году, величина экономии электроэнергии за 1 год составит:

$$E(1 \text{ год, кВт}\cdot\text{ч}) = 22 \text{ кВт} * 0,2 * 24 \text{ часа} * 270 \text{ дней} = 28512 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

В денежном выражении при стоимости 1 кВт\*ч = 405,0822 коп. (тариф на электроэнергию для бюджетных и прочих потребителей, февраль 2014 г.) величина экономии составит:

$$E(1 \text{ год, руб.}) = 28512 \text{ кВт}\cdot\text{ч} * 4,050822 \text{ руб.} = 115497,037 \text{ руб.}$$

Таким образом, срок окупаемости в этом случае составляет  $41534/115497,037 = 0,359$  года, дальше будем экономить более 12 000 руб. ежемесячно.

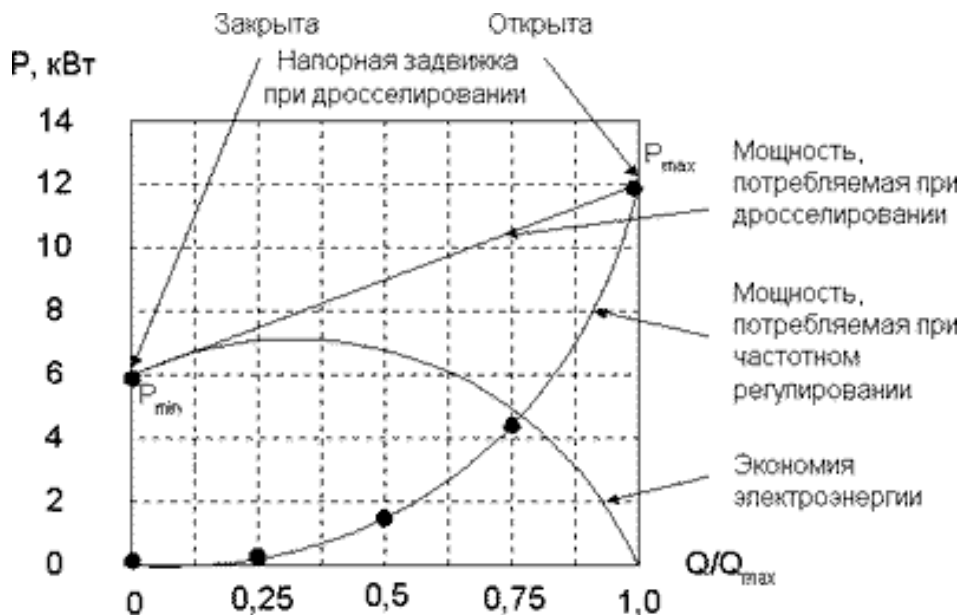


Рисунок 1 – Зависимость потребляемой АД мощности от производительности

Таким образом, применение частотно-регулируемых приводов для насосов и вентиляторов в технологических процессах позволяет снизить энергопотребление технологическим оборудованием. Целесообразно использование преобразователей частоты не в качестве элементов системы управления конкретного агрегата, а как составляющих комплексных системных решений с подключением широкого набора средств автоматизации технологического процесса. Такие решения позволяют получить дополнительный эффект, который заведомо больше простой экономии электрической энергии.

### ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ВВЕДЕНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ НОРМ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

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

Опираясь на существующие технологии по электросбережению и постановление правительства о социальных нормах потребления электроэнергии нами была проведено исследование по вопросу целесообразности экономии электроэнергии. Напомним, Распоряжение Правительства РФ от 10 сентября 2012 г. № 1650-р «О комплексе мер, направленных на переход к установлению социальной нормы потребления коммунальных услуг в Российской Федерации», постановило о поэтапном введении социальной нормы потребления электроэнергии. Что такое социальная норма потребления электрической энергии?

Социальная норма потребления электрической энергии – это величина потребления электроэнергии из расчёта на одного человека, зарегистрированного в жилом помещении, измеряется в киловатт-часах (кВт\*ч).

Для расчёта платы за электроэнергию будут применяться два тарифа: в пределах социальной нормы и сверх социальной нормы. Размер платы за электроэнергию, использованную сверх социальной нормы, выше, чем за электроэнергию, потребляемую в пределах социальной нормы. В каждом регионе величина социальной нормы потребления электроэнергии устанавливается уполномоченным органом государственной власти (в среднем – 70 кВт•ч в месяц).

Социальная норма на электроэнергию, которая должна была появиться во всех регионах страны летом 2014 г., будет введена не везде. Дмитрий Медведев подписал постановление, в котором предоставил субъектам право самим решать – нужна им соцнорма или нет. Кроме того, в данном постановлении указан предельный срок её внедрения: не позднее 1 июля 2016 года. Также в постановлении уточняются требования к величине устанавливаемой социальной нормы, к предельным минимальным и максимальным уровням цен (тарифов) в пределах и сверх социальной нормы и так далее. Например, для домов и квартир, где живут многодетные семьи, инвалиды и дети-инвалиды установлена повышенная соцнорма с коэффициентом 1,5. А в первый год они будут оплачивать электроэнергию в пределах установленной в регионе нормы, вне зависимости от фактического потребления.

Применение социальной нормы в ряде регионов показало, что наряду с главными целями – стимулированием энергоэффективного потребления ресурса и социальной поддержкой отдельных категорий граждан путём установления тарифа в пределах социальной нормы – социальная норма также может способствовать сокращению объёмов перекрёстного субсидирования.

Таким образом, введение социальной нормы в Алтайском крае – лишь вопрос времени. В Управлении края по государственному тарифному регулированию цен и тарифов, сообщили, что будут решать данный вопрос вплоть до 2016 года. Но так ли много 70 кВт•ч в месяц на одного человека? Учитывая то, что в современном мире человек уже не представляет себе жизни без бытовых электроприборов таких как: электроплиты, микроволновые печи, компьютеры, кондиционеры, стиральные машины и многая другая электротехника, среднее годовое потребление электроэнергии на человека в России составляет, если верить статистике, 935 кВт•ч в год на 1 человека, т.е. 78 кВт•ч в месяц. При средней социальной норме в 70 кВт•ч для квартиры, в которой обычно проживает больше одного человека, экономия электроэнергии становится вопросом первостепенной важности. В настоящее время распространение получили следующие способы экономии электроэнергии:

- а) экономия электроэнергии путём использования более эффективных технологий;
- б) второй способ экономии электроэнергии, который можно разбить на несколько направлений:
  - повышение эффективности использования электроэнергии за счёт автоматического управления электроснабжением (датчики движения и акустические датчики, датчики освещённости, таймеры);
  - внедрение автоматизированной системы диспетчерского управления наружным и внутренним освещением;
  - замена ламп накаливания на энергосберегающие (люминесцентные, компактные люминесцентные, светодиодные);
  - повышение светоотдачи существующих источников (замена люстр, плафонов, удаление грязи с плафонов, применение более эффективных отражателей);
  - индивидуальный учёт расхода энергоресурсов «умный дом» (установка интеллектуальных распределённых систем управления освещением);
  - поддержка потребителей при реализации мероприятий по энергосбережению;
  - использование частотных преобразователей (частотно-регулируемого привода (ЧРП));
  - обучение энергосбережению и формирование у населения РФ рачительного отношения к энергоресурсам;
  - замена приборов, имеющих в своем составе трансформаторные блоки питания, на аналогичные с импульсными блоками питания.

Потенциал энергосбережения перечисленных способов экономии электроэнергии ещё далеко не исчерпан. Поясним это на простом примере.

Возьмём стоимость электроэнергии для потребителей, проживающих в домах, оборудованных электрическими плитами и электроотопительными приборами. Мы построили в графическом виде модель стоимости электроэнергии до 2016 года (рисунок 1).

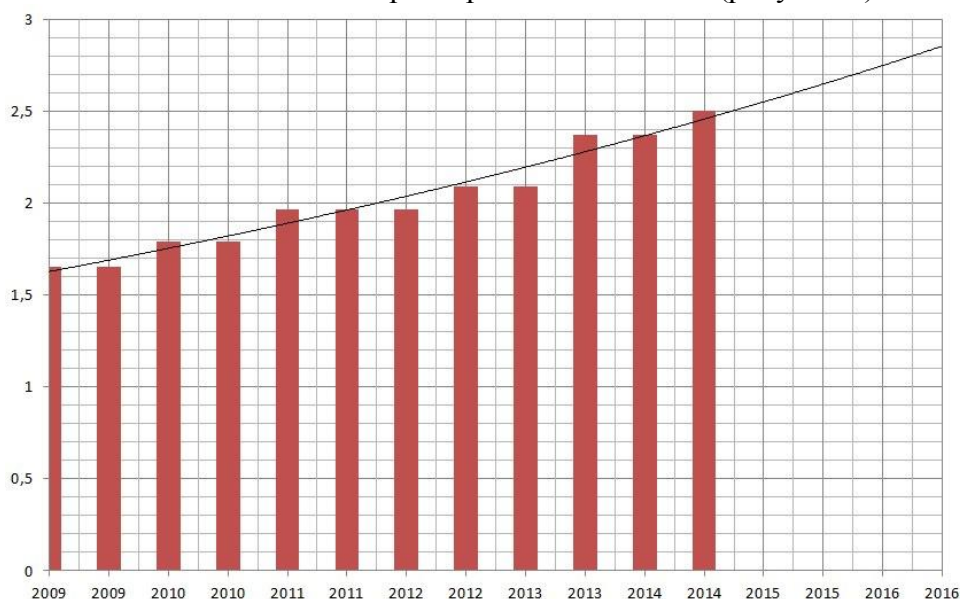


Рисунок 1 – Графическое представление модели стоимости электроэнергии в Алтайском крае

Таким образом, без учёта возможной технической революции в производстве электроэнергии, а также без учёта инфляции приблизительную стоимость электроэнергии будет составлять 2,9 руб. за кВт•ч. Обычно в квартире постоянно используются 15 ламп. Учитывая средний срок службы ламп накаливания равный 1000 часов, потребляемую мощность в среднем 60-75 Вт, а также стоимость самих ламп накаливания около 15 рублей попробуем рассчитать целесообразность замены ламп накаливания на светодиодные лампы для рядового пользователя электроэнергии. Светодиодные лампы, как заявляют производители, теоретически могут прослужить 50000 часов непрерывной службы, а мощность, которую они потребляют, составляет лишь десятую часть от мощности ламп накаливания – около 7 Вт. Стоимость же самой лампы относительно дорога, это и останавливает конечных покупателей от приобретения данного вида ламп и, предположим, она составляет 500 рублей. Произведя недолгие расчёты, находим, что уже при сгорании третьей лампы накаливания, т.е. спустя 3000 часов непрерывной работы, стоимость потраченной лампы накаливания электроэнергии приблизится к стоимости светодиодной лампы, которая прослужила лишь 10% своего номинального срока службы.

Если взглянуть на введение социальных норм на электроэнергию с положительной стороны, то можно сделать вывод, о том, что те потребители, которые будут расходовать электроэнергию менее определенного значения будут платить по пониженному тарифу.

С другой стороны те потребители электроэнергии, кто не в состоянии уложиться в социальную норму её потребления, по многим причинам (в числе которых может быть использование нагревательных электрических приборов зимой, кондиционеров в жаркие летние дни, использование не эффективных электросберегающих технологий и т.п.) будут вынуждены платить по более дорогим тарифам.

При этом возможно предположить некоторые дальнейшие шаги по стимулированию потребителей укладываться в социальные нормы. Возможно, стоит ввести ежемесячное денежное стимулирование потребителей, укладывающимся в социальную норму, в виде субсидий потребления электроэнергии в дополнение к более низкому тарифу. Т.е. потребитель будет дополнительно простимулирован в обеспечении более низкого потребления электроэнергии. Это пособие может быть и единовременным, например, при оформлении заявки на получение

ние гранта при предъявлении вместе с заявкой чеков на энергосберегающее оборудование. Также стоит рассмотреть вариант с введением неравномерного тарифицирования, т.е. тарифы на потребление электроэнергии свыше нормы будут пропорционально расти с повышением месячного потребления, таким образом, чтобы потребитель, превышающий установленные социальные нормы потребления в два раза платил по тарифу более дорогому, нежели потребитель, превышающий социальную норму в 1,5 раза.

Однако в этом случае существует соблазн для сетевых и электроснабжающих организаций за счёт этого решить свои экономические проблемы без проведения мероприятий по сокращению собственных издержек. Поэтому возможен другой подход для стимулирования энергосберегающей деятельности поставщиков электроэнергии. Он может заключаться в выделении разницы между стоимостью израсходованной электроэнергии по тарифу сверх социальной нормы и по тарифу социальной нормы в специальный фонд, который будет призван финансировать адресные инвестиционные проекты по внедрению энергосберегающих мероприятий на предприятиях электрических сетей для сокращения технологической части потерь электроэнергии. Это помимо повышения энергоэффективности передачи и преобразования электроэнергии позволит решить и проблемы модернизации электросетевого комплекса, которые в настоящее время стоят очень остро.

## АВТОНОМНЫЙ ИСТОЧНИК ДЕЖУРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ТОРГОВЫХ ЦЕНТРОВ

Томилин А.В. – студент группы 9Э-81, Белицын И.В. – к.п.н., доцент,

Гутов И.А. – к.т.н., доцент

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

В настоящее время источники света могут работать не только от электрической сети, но и автономных источников питания (аккумуляторов или батареек). Преимущество автономного источника освещения заключается в том, что его не нужно подключать к электрической сети, он не будет зависеть от каких-либо сбоев электроэнергии, например при пожаре, обрыве питания или коротком замыкании, а также его можно установить в любом месте, где необходимо. Недостаток автономных источников состоит в том, что емкость их аккумуляторов невысока и площадь освещения крайне небольшая. Однако, при дежурном освещении не нужна большая площадь освещения. К примеру, в коридорах торговых центров не требуется много света, а достаточно лишь небольшого источника, чтобы можно было ориентироваться в пространстве.

В этом случае можно выбрать вариант схемы автономного источника дежурного освещения без использования акустического реле [1]. Такой вариант схемы выглядит более простым в реализации.

Предлагаемое устройство выполнено на микросхеме K561TM2 и транзисторе КП501А. Источник света — сверхъяркий светодиод 10G4DHCBV20. Для питания используют батарею 3R12G напряжением 4,5 В или три элемента типоразмера АА или ААА.

Схема устройства показана на рисунке 1. Оно состоит из одновибратора на D-триггере DD1.1 и электронного ключа на транзисторе VT1. Источником света служит светодиод EL1 повышенной яркости свечения.

Устройство работает следующим образом. После включения питания конденсатор С3 заряжается через резистор R3, и в этот момент высокий логический уровень поступает через диод VD1 на вход R (вывод 10) D-триггера DD1.1 и устанавливает низкий уровень на его выходе (вывод 13). Транзистор VT1 закрыт, и светодиод EL1 обесточен.

При нажатии кнопки 1 появляется переменное напряжение, которое через конденсатор С1 поступает на вход С D-триггера DD1.1. Поскольку на входе D (вывод 9) присутствует высокий уровень, то он "запишется" и произойдет запуск одновибратора — на выходе D-триггера DD1.1 установится высокий логический уровень, транзистор VT1 откроется и включит светодиод EL1.

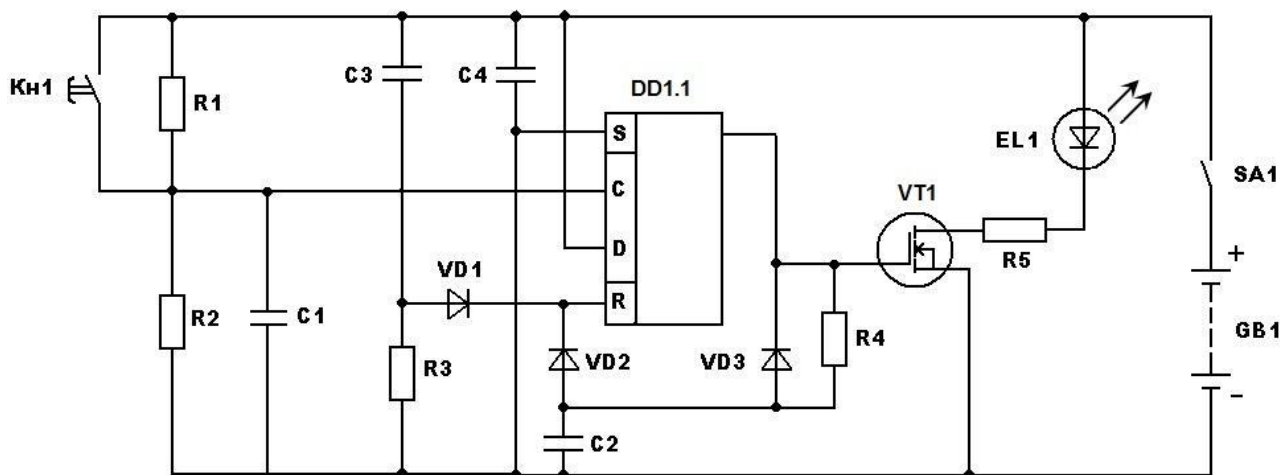


Рисунок 1 – Схема автономного источника дежурного освещения

Через резистор R4 начнется зарядка конденсатора C2, а с него напряжение через диод VD2 поступит на вход R D-триггера DD1.1. Когда это напряжение достигнет высокого уровня, триггер возвратится в состояние с низким уровнем на выходе, конденсатор C2 быстро разрядится через диод VD3, транзистор VT1 закроется и светодиод EL1 погаснет. Таким образом, после нажатия кнопки 1 на выходе одновибратора формируется импульс напряжения с длительностью T, определяемой сопротивлением резистора R4 и емкостью конденсатора C2. В течение этого импульса светодиод светит, после чего гаснет.

Ток через светодиод EL1 - не более 80 мА, а значит, и яркость его свечения устанавливают изменением сопротивления резистора R5.

Для надежной работы устройства входы второго D-триггера (выводы 3—6), входящего в состав микросхемы DD1, соединяют с минусовой линией питания.

Расчёт времени задержки одновибратора [2].

Зная принцип работы одновибратора, рассчитаем время свечения светодиода EL1, т.е. время задержки одновибратора, исходя из выбранных номиналов элементов.

$$t_u = R \cdot C \cdot \ln \left( \frac{E}{E - U_{пор}} \right)$$

Обычно в одновибраторах используются ЛЭ из одного корпуса, в этом случае разброс  $U_{пор}$  оказывается незначительным и можно принять

$$t_u = 0.7 \cdot R_4 \cdot C_2 = 0.7 \cdot 820 \cdot 220 = 120 \text{ сек.}$$

Получается, что для выбранных номиналов, светодиод погаснет примерно через 2 минуты, после нажатия кнопки.

Теперь рассчитаем время сброса одновибратора при включении питания

$$t_i = 0.7 \cdot R_3 \cdot C_3 = 0.7 \cdot 120 \cdot 4.7 = 395 \text{ сек.}$$

Расчёт электронного ключа на полевом транзисторе [2].

Область отсечки определяется точками пересечения линии нагрузки  $R_c$  с самой нижней кривой семейства выходных характеристик с параметром  $I_z = -I_{c0}$ . Этой области соответствует режим отсечки, при котором:

- транзистор закрыт, т.к. оба его перехода смещены в обратном направлении

$$U_{зи} > 0, U_{зс} < 0;$$

- напряжение  $U_{си} = -E_c + I_{ост} \cdot R_c = -4.5\text{В} + 10\text{мкА} \cdot 22\text{кОм} = -4.28\text{В}$  - ток коллектора минимален и определяется обратным (тепловым) током коллекторного перехода  $I_c = I_{c0}$ ;

- ток базы  $I_z = -I_{c0}$ , а ток эмиттера  $I_i = 0$

- сопротивление транзистора постоянному току наибольшее

$$R_{си} = \frac{E_c}{I_{ост}} = 450 \text{ кОм.}$$

Область насыщения определяется точками пересечения линии нагрузки с линией насыщения. Этой области соответствует режим насыщения, при котором:

- транзистор открыт, т.к. оба его перехода смещены в прямом направлении

$$U_{зи} < 0, U_{зс} < 0.$$

- напряжение  $U_{с\text{ нас}}$  и  $U_{з\text{ нас}}$  насыщенного транзистора составляет доли вольта;

- максимальный ток транзистора (ток насыщения)  $I_{с\text{ нас}}$ , практически не зависит от параметров транзистора

$$I_{с\text{ нас}} = \frac{E_C - |U_{с\text{ нас}}|}{R_C} \approx \frac{E_C}{R_C} = 0.2 \text{ мА}.$$

Такой автономный источник дежурного освещения можно использовать не только для торговых центров, но и в бытовых подсобных помещениях, также в палатах больниц. Время автономной работы без замены источника питания составит более одного года.

Список использованных источников

1. Ознобихин, А. Автономный источник дежурного освещения с таймером [Текст] / А. Ознобихин // Радио. - 2008. - №5. - С. 56 – 57.

2. Петров, К.С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника [Текст]: учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по направлению 654200 – «Радиотехника» / К.С. Петров. – С-Пб: Питер, 2003. – 512 с.