

Секция ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА
Подсекция
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ.
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

СОДЕРЖАНИЕ

1. [АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ](#)
Бугаёва И.В. - студент гр. Э-43, Мозоль И.В. - к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)
2. [УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЛИМЕРНОГО ИЗОЛЯТОРА НА ВЛ 110 кВ](#)
Суслов А.В. – студент гр. 8Э-62, Нефедов С.Ф. – к.т.н., доцент,
Компанеец Б.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)
3. [ВЫБОР ИНТЕРПОЛИРУЮЩИХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК СРАБАТЫВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ](#)
Алексеев К.И. – студент группы 8Э-62, Нефедов С.Ф. – к.т.н., доцент, Компанеец Б.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)
4. [АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПУТЕМ УСТАНОВКИ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В СЕТЯХ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ](#)
Латин Д.Е. - студент группы Э-41, Кузнецов И.А. - студент группы Э-43,
Компанеец Б.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)
5. [РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В АО «УЧХОЗ «ПРИГОРОДНОЕ»](#)
Кононова А.А. – студент гр. Э-43, Федорова И.Н. – студент гр. Э-43,
Куликова Л.В. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)
6. [ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОПАСНОСТИ ЭМИ](#)
Барсуков Д.В. – магистрант, Устюгов Д.В. – магистрант, Титов Е.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)
7. [НЕСОВЕРШЕНСТВО ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ](#)
Труфанова Н.А. – студент, Титов Е.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)
8. [ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОГО ПИТАНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ](#)
Подколзин П.И. – студент, Титов Е.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

9. МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ
Кобаков А.С. – магистрант, Титов Е.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)
10. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДОПОЛНЕНИЮ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ
Журавский Н.С. – студент, Гизбрехт А.А. – студент, Титов Е.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)
11. ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ОТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В СЕТЯХ ДО 1000 В
Цуканов А.В.- студент, Чернов А.В.- студент, Сошников А.А. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)
12. ОЦЕНКА ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СЕТЯХ 10 кВ С КОМПЕНСИРОВАННОЙ И РЕЗИСТИВНО ЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ
Сопов А.С. – студент, Сошников А.А. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова(г. Барнаул)
13. ПРОБЛЕМЫ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКОВ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ОБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
Анисимов А.В. – студент группы 8Э-72, Коркин Н.А. – студент группы 8Э-72,
Боярков Д.А. – инженер-магистр, Компанеец Б.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)
14. МОДЕРНИЗАЦИЯ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ
Смородина А. А. – студент гр. 8Э-62, Воробьев Н.П. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)
15. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ
Мигалёв И. Е. – аспирант, Сальников А. В. – студент гр. 8Э-62,
Караваев А. Г – студент гр. 8Э-62
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)
16. ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ НЕДООТПУЩЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В МЕЖРАЙОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ
Богатырев А.И. - студент группы 8Э-62, Воробьев Н.П. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)
17. СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
Борисов И. С. – студент группы 8Э-62, Компанеец Б.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)
18. ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТА И МЕСТА ПРИСОЕДИНЕНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ
Казымов И. М. – студент группы 8Э-62, Компанеец Б. С. – к. т. н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

19. [РЕГУЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕТЕВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В СФЕРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ](#)
Мельников В. А. – студент группы 8Э-62, Куликова Л. В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)
20. [ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ](#)
Нурбатырова Л.Н. – студент группы 8Э-62, Куликова Л. В. - д. т. н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова(г. Барнаул)

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Бугаёва И.В. - студент группы Э-43, Мозоль И.В. - к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Компенсация реактивной мощности (КРМ) является одним из наиболее важных и ответственных мероприятий по повышению эффективности передачи, распределения и потребления электрической энергии. Правильное решение этих задач в значительной мере влечёт за собой экономию денежных и материальных ресурсов, а также повышение качества электроснабжения в целом. Основные вопросы компенсации реактивной мощности следует рассматривать с учётом современных взглядов и с учётом новых технических решений в этой области.

Не раз проводились исследования как зарубежными, так и отечественными специалистами, которые смогли установить, что затраты на электроэнергию порой могут достигать 30 - 40% в себестоимости производства тех или иных продуктов. Этот показатель переменных издержек производства является одной из предпосылок для повышения уровня рентабельности производства. Именно это становится главным аргументом, после которого руководитель решает провести аудит энергопотребления и использовать эффективные решения, предложенные экспертами. Как правило, существуют стандартные решения, в том числе и по компенсации реактивной мощности.

Методы исследования

Общепринято что, при нормальных рабочих условиях все электрические потребители, режим которых сопровождается постоянным возникновением и исчезновением магнитных полей, забирают от сети не только активную, но и индуктивную реактивную мощность. Эта реактивная мощность необходима для работы оборудования и при этом может быть рассмотрена как нежелательная дополнительная нагрузка сети. При передаче тока ненужная реактивная часть должна быть сведена к минимуму. Но с другой стороны, реактивная мощность также используется потребителем, поэтому её нужно пытаться передать не через сеть общего электроснабжения, а выработать непосредственно в месте её потребления. Таким образом будет обеспечиваться:

- снижение потерь электроэнергии и мощности в силовых трансформаторах и линиях электропередачи;
- снижение загрузки силовых трансформаторов и линий электропередачи;
- возможность подключения дополнительных потребителей в пределах заявленной мощности;
- повышение качества электроэнергии, нормализация уровня напряжения;
- исключение генерации реактивной энергии в сеть в часы минимальной нагрузки.

Реактивная мощность, протекая по элементам электрической сети, обладающим активным сопротивлением, вызывает в них дополнительные потери мощности и электрической энергии. Кроме того, перетоки реактивной мощности снижают пропускную способность линий электропередач и трансформаторов, тем самым вынуждают увеличивать сечение проводов, прокладку дополнительных кабельных линий, замену трансформаторов на большую номинальную мощность.

Для уменьшения потерь целесообразно, чтобы реактивная часть тока не транспортировалась по сети от источника до потребителя, а вырабатывалась на месте. На векторной диаграмме (рисунок 1) показан эффект компенсации реактивной мощности при поперечном включении (установка конденсаторов вблизи приёмников) конденсаторов. До установки конденсаторных батарей в линии электропередачи протекал ток I при напряжении U с углом φ между ними. Такая реактивная нагрузка носит индуктивный характер. Реактивная составляющая тока в линии до компенсации - I_p . В конце линии вблизи электроприемников установлена конденсаторная батарея с током $I_{к.б.}$, который

сдвинут на 180° относительно реактивного тока линии I_p и компенсирует его ток до величины I'_p . При этом полный ток снижается до значения I' . А угол между током линии и напряжением уменьшается до величины ϕ' . Из этого следует, что конденсаторная установка, включённая параллельно с приёмником электроэнергии, снижает реактивную мощность в сети и уменьшает потери электроэнергии и напряжения в сети [2].

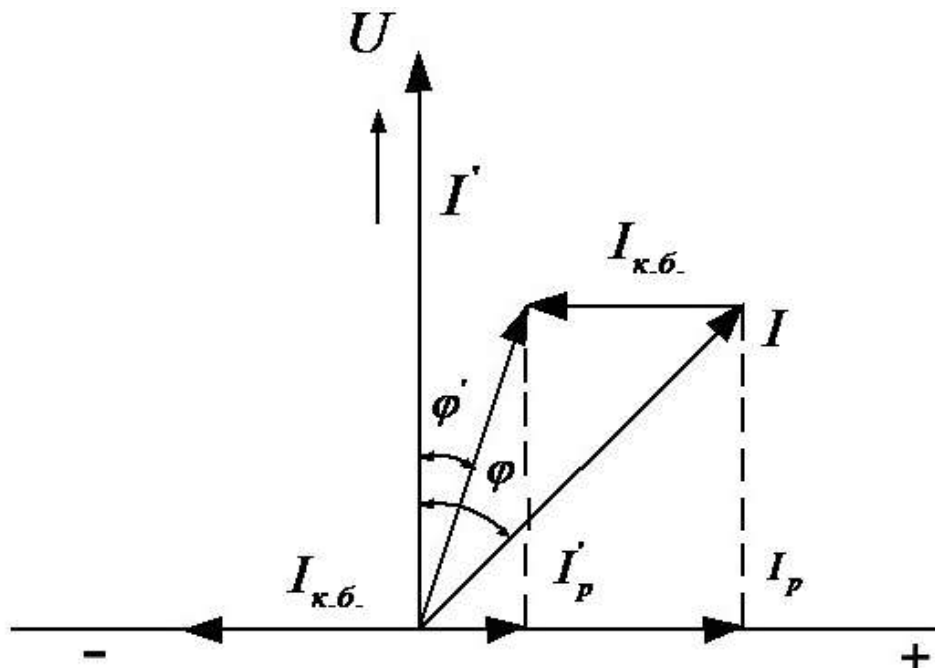


Рисунок 1 - Векторная диаграмма компенсации реактивной мощности

Отдельные конденсаторные батареи соединяют в группы необходимой мощности. Расчётная мощность конденсатора Q_C зависит от разности существующего в самой сети угла ϕ_1 и желаемого угла ϕ_2

$$Q_C = P(\operatorname{tg} \phi_1 - \operatorname{tg} \phi_2), \quad (1)$$

где P – активная мощность потребителя.

Результаты исследования

На сегодняшний день, энергетические компании Алтайского края, которые занимаются передачей электрической энергии, заинтересованы в компенсации реактивной мощности как в техническом, так и в экономическом плане [1]. Это можно показать на примере филиала Новоалтайские МЭС АО «АлтайКрайЭнерго». В 2016 году компанией было заключено соглашение с ООО «Компания Тривонт», занимающейся производством и установкой конденсаторных установок, на исследование параметров качества электроэнергии в сетях филиала Новоалтайские МЭС с целью повышения эффективности использования электроэнергии и выявления скрытых резервов мощности.

Сотрудниками ООО «Компания Тривонт» были произведены следующие измерения:

- 1) измерения параметров электросети;
- 2) составление картограммы нагрузок по двум объектам измерений : РУ №1-0,4кВ и РУ №2-0,4кВ в г.Новоалтайске;
- 3) мониторинг $\cos \phi$;
- 4) определение потребности в компенсации реактивной мощности.

Регистрация измеряемых параметров производилась программно-техническим комплексом CIRCUTOR AR-5M.

Анализ полученных измерений для РУ №1-0,4 кВ, фидер 4 ТП - 140 и для РУ №2-0,4 кВ, фидер 11, ТП-140 приведены в таблице 1 и в таблице 2 соответственно.

Таблица 1

Дата	Время	U,В	I,А	P,кВт	Q,кВАр	S,кВА	cos φ
10.09.2016	12:52:19	228	40	25	5	25	0,98
10.09.2016	12:57:00	227	42	27	6	28	0,97
10.09.2016	13:00:00	228	40	25	6	26	0,98

По результатам измерений специалисты сделали вывод, что для РУ №1-0,4 кВ, фидер 4 компенсация реактивной мощности не требуется.

Таблица 2

Дата	Время	U,В	I,А	P,кВт	Q,кВАр	S,кВА	cos φ
11.09.2016	11:03:32	235	28	18	8	19	0,93
10.09.2016	11:06:00	235	20	12	6	13	0,9
10.09.2016	11:09:25	228	19	11	5	12	0,91

По результатам измерений специалисты порекомендовали установить для РУ №1-0,4 кВ, фидер 4 - УКРН - ZEROS - 0,4- 10 УЗ мощностью 10 кВАр. Разместить нерегулируемую конденсаторную установку предложили внутри трансформаторной подстанции ТП -140 с параллельным подключением на сборные шины фидера 11 РУ - 0,4 кВ. В этом случае компенсация реактивной мощности будет оптимальной.

Такие же исследования с выдачей рекомендаций по установке конденсаторных установок были проведены и в других филиалах энергетической компании, а также на таких предприятиях Алтайского края, как ООО «АлтайВагон» и ООО «Топчихинский мелькомбинат». Реализация этих рекомендаций, несомненно, позволит вышеуказанным предприятиям повысить качество электроэнергии и сократить её потери. Доказательством реализации служит установка регулируемых устройств компенсации реактивной мощности в рамках инвестиционного проекта «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте» на постах секционирования (ПСК) Заринская, Аламбай и Новая Дубрава. В 2016 году были введены в работу: статический генератор реактивной мощности (СГРМ) производства «КЭР-Холдинг» (г. Казань) на посту секционирования станции Заринская и статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности (СТК) производства указанной выше компании на посту секционирования станции Аламбай и компании «Айдис групп» (г. Москва) на посту секционирования станции Новая Дубрава.

После внедрения компенсирующих устройств сотрудниками организации была отмечена эффективность СГРМ и СТК для стабилизации уровня напряжения и снижении потребления реактивной энергии на межподстанционной зоне.

Список литературы

1. Бурдасов В.С. Эффективные режимы компенсации реактивной мощности [Текст]: Статья / Бурдасов В.С., Куликова Л.В.//Всероссийская научно-техническая конференция студентов «Наука и молодежь».-2017.-3 с.
2. Лещинская Т.Б., Наумов И.В. Электроснабжение сельского хозяйства : учебник /Т.Б.Лещинская , И.В. Наумов. – М.: БИБКМ,ТРАНСЛОГ, 2015.– 656 с.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЛИМЕРНОГО
ИЗОЛЯТОРА НА ВЛ 110 кВ

Суслов А.В. – студент группы 8Э-62, Нефедов С.Ф. – к.т.н., доцент,

Компанеев Б.С. – к.т.н., доцент

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

К важнейшим задачам электроэнергетики как в экономическом плане так и в плане качества электроэнергии относится оперативный поиск повреждений на воздушной линии (ВЛ) и незамедлительное восстановление её нормального режима работы. Своевременный поиск места аварии в значительной степени зависит от вспомогательных дистанционных устройств, а также устройств-индикаторов, позволяющих значительно сократить сроки обнаружения аварийного участка, повышая точность в обнаружении.

К наиболее часто встречающемуся типу аварий на ВЛ относится однофазное замыкание на землю. Оно особенно негативно сказывается в работе сетей выше 110 кВ с глухозаземленной нейтралью. Если в сетях меньшего напряжения, таких как 10 и 35 кВ, в которых применяется изолированная нейтраль, однофазное замыкание на землю является некритичным с точки зрения незамедлительного ее отключения, то в сетях более высокого напряжения, в которых по экономическим причинам применена глухозаземленная нейтраль, такой режим недопустим и немедленно отключается автоматикой.

Этот фактор определяет необходимость незамедлительной фиксации аварийного участка сети, где надёжным помощником будет выступать устройство-индикатор. Поэтому актуальность применения таких устройств в настоящее время трудно переоценить.

На ВЛ применяются изоляторы из различных материалов: фарфор, стекло и полимерные материалы. Если в изоляторе из закаленного стекла возникает пробой или дефект, то это приводит к раскалыванию изолятора, и место повреждения обнаружить достаточно просто. Совершенно иначе дело обстоит при применении фарфоровых и полимерных изоляторов, визуально установить место повреждения при побое или наличие дефекта в которых гораздо сложнее, особенно если повреждение располагается не на поверхности.

Наиболее эффективным способом для решения данной задачи будет применение вспомогательных индикаторных устройств, действие которых основано на принципах электромагнитных взаимодействий, что позволяет произвести необходимые расчеты при его проектировании.

Основными условиями решения данной задачи мы использовали дешевизну и максимальную простоту эксплуатации устройства. Предлагаемый нами вариант индикаторного устройства представляет собой кольцо (2) магнитопровода, расположенное на проводе или траверсе опоры(?) (1), и закрепленное на ней при помощи металлической лапки (6). На кольце располагаются витки проводника (3), которые контролируют срабатывание реагирующего устройства, (4) закрепленного на кольце при помощи крепежной лапки (5).

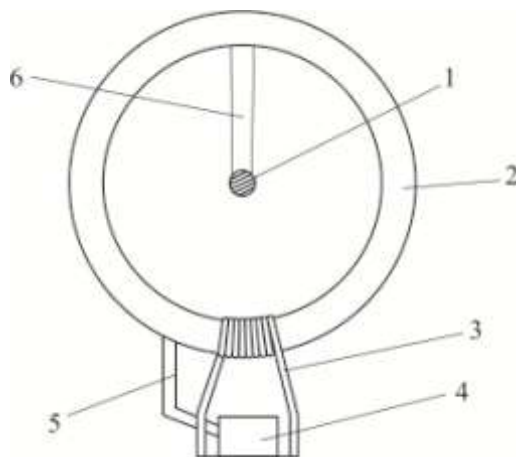


Рисунок 1 – Устройство индикатора

При пробое изолятора, ток дуги пройдет по траверсе опоры, наводя магнитный поток в тороидальном магнитопроводе, индукция которого образует ток в витках иницирующей обмотки. Этот ток вызовет нагрев и пережог плавкой вставки, выполняющей роль крепежного элемента, удерживающего подпружиненную створку контейнера с индикационным флажком от вскрытия. Флажок следует выполнить из недорогой, но изнosoустойчивой от воздействий дождя и ветра ткани. Размеры флажка должны быть достаточными для простого визуального обнаружения на значительном расстоянии. При этом его длина в развёрнутом состоянии не должна достигать величины, сопоставимой с расстояниями между элементами конструкции опоры ВЛ или расстояниями между самими проводами линий во избежание наматывания флажка. Конец флажка должен быть утяжелён стержнем, выполненным из изоляционного материала. Как и открывающаяся створка контейнера, защищающая её содержимое от внешних погодных условий и эффектов, возникающих во время срабатывания плавкой вставки, которая может быть выполнена из кремнийорганической резины.

Контейнер с индикационным флажком предполагается закрепить на кольце магнитопровода на одиночной лапке, чтобы не создавать замкнутый путь тока.

Крепёжные контакты плавкой вставки должны быть разнесены на значительное расстояние во избежание зажигания дуги после разрушения пережигаемого элемента. Вскрывающаяся после разрушения крепления створка контейнера, выполненная из изоляционного материала, также не способствует возникновению дуги.

Само кольцо тороидального магнитопровода предполагается расположить на траверсе, а не непосредственно на гирлянде изоляторов, во избежание его соприкасания с дугой пробоя.

Собственное сопротивление пробоя изолятора равно сопротивлению возникающей дуги, так как сам изолятор в этот момент повреждён. Сопротивление ветви для вынужденной величины тока пробоя складывается из сопротивлений: дуги, траверсы, металлических элементов опоры ВЛ, её заземляющего устройства, сопротивления трансформатора на подстанции при однофазном КЗ и сопротивления проводов линии. Величина ЭДС, наводящей ток в плавкой вставке определяется согласно закону электромагнитной индукции:

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

Где магнитный поток Φ будет равен:

$$\Phi = \frac{F}{R_{\mu}}.$$

где, F – намагничивающая сила;

R_{μ} – магнитное сопротивление.

В свою очередь F определяется по формуле:

$$F = I \cdot w;$$

где, I – сила тока в проводнике;

w – количество витков в обмотке.

R_{μ} определяется как:

$$R_{\mu} = \frac{l}{\mu \cdot \mu_0 \cdot S}$$

где, L – длина участка магнитной цепи;

μ – относительная магнитная проницаемость материала цепи;

μ_0 – магнитная постоянная;

S – поперечное сечение участка магнитной цепи.

Сила тока в проводнике I определяется по закону ома в цепи, по которой он будет течь при однофазном КЗ.

$$I = \frac{U_{\text{гр}}}{\sqrt{((L \cdot R_0 + R_3 + R_d)^2 + (X_L \cdot L + Z_T)^2)}}$$

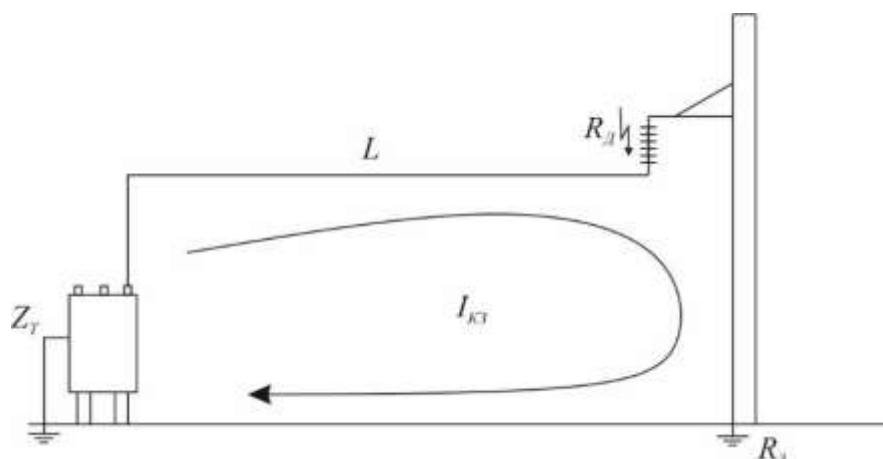


Рисунок 2 – Схема пути протекания тока при повреждении изолятора

где, $U_{пр}$ – напряжение пробоя;

L – длина линии;

R_0 – удельное активное сопротивление линии;

X_L – удельное индуктивное сопротивление линии;

R_d – сопротивление дуги;

R_3 – сопротивление заземляющего устройства;

Z_T – сопротивление трансформатора при однофазном КЗ.

Расчеты показали, что при возникновении однофазного КЗ на землю на удалении 20 км от подстанции и протекании тока замыкания через траверсу при выполнении обмотки с использованием 10 витков, в ней будет возникать ток около 300 А, что достаточно для надежного срабатывания индикаторного устройства. Так же, такое количество витков обеспечит не только надежное срабатывание достаточной силой тока, но и эффективное массогабаритное соотношение, обеспечивающее как надежную устойчивость конструкции, так и низкие экономические затраты на производство изделия.

В дальнейшем планируется проведение испытаний устройства в лабораторных условиях на надёжность срабатывания и определение иных параметров. В частности, определение параметров пережога при различных воздействующих токах с использованием различных материалов. Результаты испытаний будут использованы в дипломной работе для проектирования максимально эффективной конструкции с минимальными экономическими затратами и габаритными размерами устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обнаружение мест однофазных коротких замыканий на линиях электропередач с полимерными изоляторами напряжением 110 кВ. / Суслов А. В., Нефёдов С. Ф. – Всероссийская научно-техническая конференция «Наука и молодежь», 25.04.2017.
2. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / под ред. И. П. Копылова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2011. – 767 с.
3. Достоинства и недостатки различных типов изоляторов для ЛЭП [Электронный ресурс]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <https://www.forca.ru/>

ВЫБОР ИНТЕРПОЛИРУЮЩИХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК СРАБАТЫВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Алексеев К.И. – студент группы 8Э-62, Нефедов С.Ф. – к.т.н., доцент,
Компанеев Б.С. – к.т.н., доцент

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

Аварийные ситуации, связанные с возникновением коротких замыканий (КЗ), представляют большую угрозу в низковольтных сетях. Зачастую они приводят к возникновению пожаров и утрате дорогостоящего имущества. В сфере АПК значительная протяжённость линий и большие падения напряжений вызывают эффекты, негативно сказывающиеся на эффективности срабатывания аппаратов защиты (АЗ). Как показали исследования, проведённые в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова (АлтГТУ), в отдельных случаях во время аварийной ситуации АЗ могут оставлять свой участок незащищённым более десяти секунд, в то время как токи КЗ часто вызывают пожароопасные ситуации за доли секунды.

В процессе изучения группы проблем в этой области в АлтГТУ был разработан теоретический подход, математические методы и прикладные средства расчёта аварийных параметров работы низковольтной сети для некоторого заданного объекта. В целом они показали хорошую точность прогноза на возникновение пожароопасной ситуации при КЗ, но в то же время выявили ряд недостатков. Проблемная область достаточно корректно изображалась полученными математически коэффициентами незащищённости участков сети, хорошо описывалась языком теории и наглядно демонстрировалась графически, однако возник ряд сложностей с точным математическим описанием физики быстро протекающих процессов при определённых видах КЗ. А это, в свою очередь, показало недостаточно высокую точность кусочно-линейной аппроксимации, которая была применена для получения показателей незащищённости участков сети объекта.

Идея использованного метода заключается в сравнительном анализе паспортной токо-временной характеристики срабатывания АЗ и соответствующей аварийному участку характеристики пережога проводника. Характеристики пережога для проводников были получены экспериментально, и представляют собой набор точечных значений времени пережога проводника при различном уровне тока КЗ.

Определить, что произойдет раньше: срабатывание АЗ или пережог проводника графически достаточно просто. Для этого даётся совместная оценка характеристикам по шкале времени, в результате чего выделяются защищённые и незащищённые зоны действия АЗ.

На практике исследователи столкнулись с ситуацией, когда при выделении соответствующих зон можно было получить более двух точек пересечения сопоставляемых функций, что хорошо согласовывалось с результатами кусочно-линейной аппроксимации, однако на некоторых ответственных участках моделируемой сети противоречило природе описываемого явления.

Для устранения этого противоречия было принято решение отказаться от графического и соответствующего ему табличного метода представления данных в пользу токо-временных функций, плавно описывающих те же зависимости.

Под эти цели была выбрана линейка функций, которые могут максимально близко описывать интересующие нас характеристики, и были проведены исследования на предмет выявления одной или нескольких из них для максимально корректного изображения характеристик АЗ и пережога. Сами характеристики могут иметь неоднородную структуру и требуют дополнительных пояснений, так как в этом случае разбиваются на зоны.

Характеристику срабатывания автоматического выключателя можно разбить на два участка: зону теплового расцепителя и зону электромагнитного расцепителя.

Для наиболее точного описания участка теплового расцепителя была проведена аппроксимация данного участка следующим набором функций:

$$f_1(x) = k_1 \cdot \frac{1}{x} + k_0$$

$$f_2(x) = k_1 \cdot x^{-k_2} + k_0$$

$$f_3(x) = k_1 \cdot e^{-k_2 \cdot x} + k_0$$

$$f_4(x) = k_1 \cdot k_3^{-k_2 \cdot x} + k_0$$

$$f_5(x) = -k_1 \cdot \operatorname{tg}(k_2 \cdot x) + k_0$$

Критерии, определяющие наилучшее описание функцией исходных данных, могут быть различными. В данном случае был выбран метод наименьших квадратов, так как он даёт очень хорошие оценки по статистическим данным, и при этом обладает малым вычислительным весом. Для этого, после выбора аппроксимирующей функции $f(x_i, k_0, k_1, k_2, \dots)$ строится сумма следующего вида:

$$Q = \sum_{i=1}^n [f(x_i, k_0, k_1, k_2, \dots) - y_i]^2$$

Был произведен расчет коэффициентов $k_0 \dots k_n$ из условия минимального значения Q для каждой функции. Окончательный вид функции описывающий тепловой участок характеристики выключателя следующий:

$$f_1(x) = 2049,98 \cdot \frac{1}{x} - 396,35$$

$$f_2(x) = 1995,46 \cdot x^{-53687091,2} + 4,54$$

$$f_3(x) = 179287 \cdot e^{-4,5 \cdot x} + 2,04$$

$$f_4(x) = 132213,63 \cdot 407,66^{-0,7 \cdot x} + 1,15$$

$$f_5(x) = -1,23 \cdot \operatorname{tg}(1,57 \cdot x) - 134,55$$

Для выбора функции наиболее точно описывающей данный участок характеристики были произведены расчеты суммы квадратов отклонений, результаты представлены в таблице 1. На рисунке 1 представлены: исходная токо-временная характеристика срабатывания АЗ и рассматриваемые функции.

Таблица 1 – Результат расчета суммы квадратов исследуемых функций

	Q1	Q1	Q3	Q4	Q5
Сумма	676547,9	454,156	26,04793	84,941387	480052,4

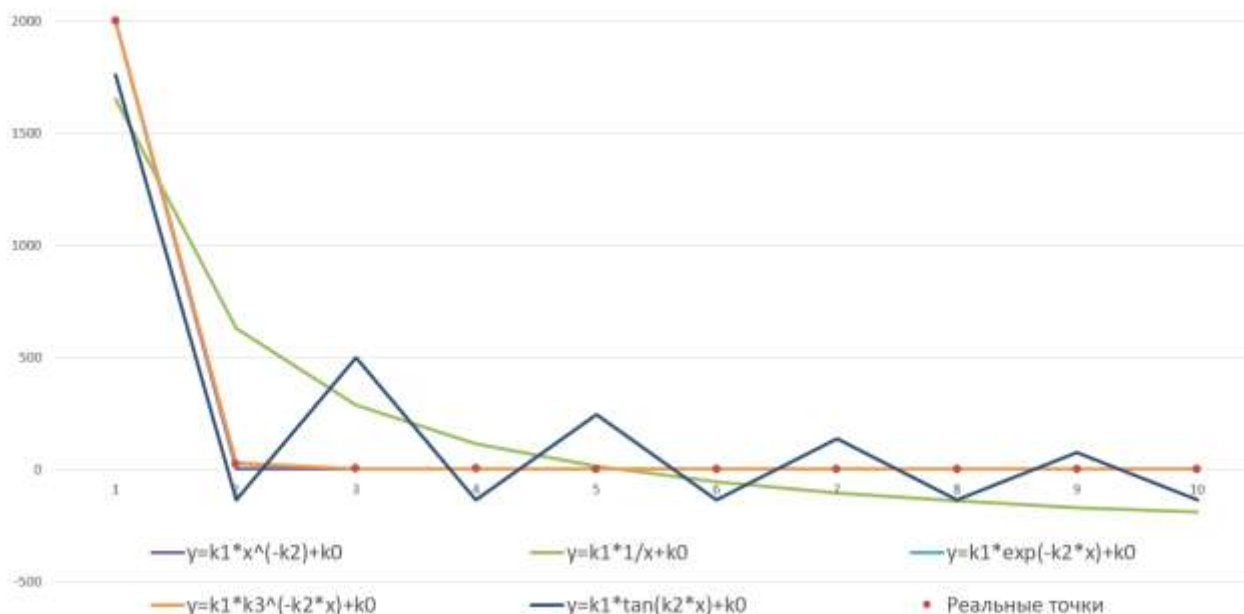


Рисунок 1 – Характеристика срабатывания АЗ и аппроксимирующие функции

По результатам расчетов можно сделать вывод о том, что наиболее точно данный участок описывается экспоненциальной зависимостью вида $f(x) = 179287 \cdot e^{-4,5 \cdot x} + 2,04$.

Второй участок характеристики срабатывания автоматического выключателя описывается линейной зависимостью $f(x) = k_1 \cdot x + k_0$.

На основании проделанной работы мы можем сделать заключение, что достаточно только один раз выбрать способ аппроксимации для различных кривых, описывающих характеристики пережога. Это позволит полностью изменить подход к определению времени срабатывания аппарата защиты и значительно повысить точность оценки эффективности электрической защиты на объекте в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аппроксимация характеристики срабатывания аппарата защиты с использованием метода наименьших квадратов. / Алексеев К. И., Нефёдов С. Ф. – XIV Всероссийская научно-техническая конференция «Наука и молодежь».
2. Фадеев, М. А.. Численные методы [Текст] : учебное пособие / М. А. Фадеев, К. А. Марков. – Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2010. – 158 с.
3. Мудров, В. И., Метод наименьших модулей [Текст] / В. И. Мудров, В. Л. Кушко // серия «Математика, кибернетика». - М., «Знание», 1971. - 64 с.

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПУТЕМ УСТАНОВКИ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В СЕТЯХ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

Латин Д.Е. - студент группы Э-41, Кузнецов И.А. - студент группы Э-43,
Компанеев Б.С. – к.т.н., доцент

Наиболее распространенной нагрузкой в электрических сетях сельской местности являются: осветительные, нагревательные приборы и выпрямительные устройства. Для этой нагрузки наиболее важным параметром является отклонение напряжения, поскольку несинусоидальность и несимметрия напряжения оказывают влияние на мощные трехфазные электрические машины, применение которых в сельских электрических менее

распространено. Для нарушения прочих показателей качества в сельских электрических сетях нет причин.

На данный момент существуют такие основные методы повышения качества электроэнергии передаваемой сельским потребителям как:

1. Повышение сечения провода ВЛ.
2. Установка более мощного трансформатора.

Нами предложен метод регулирования напряжения у потребителей, путем обратного перетока реактивной мощности. Одним из способов реализации этого метода является установка устройства регулирования перетока реактивной мощности в конце линии. Пример включения данного устройства показано на рисунке 1.

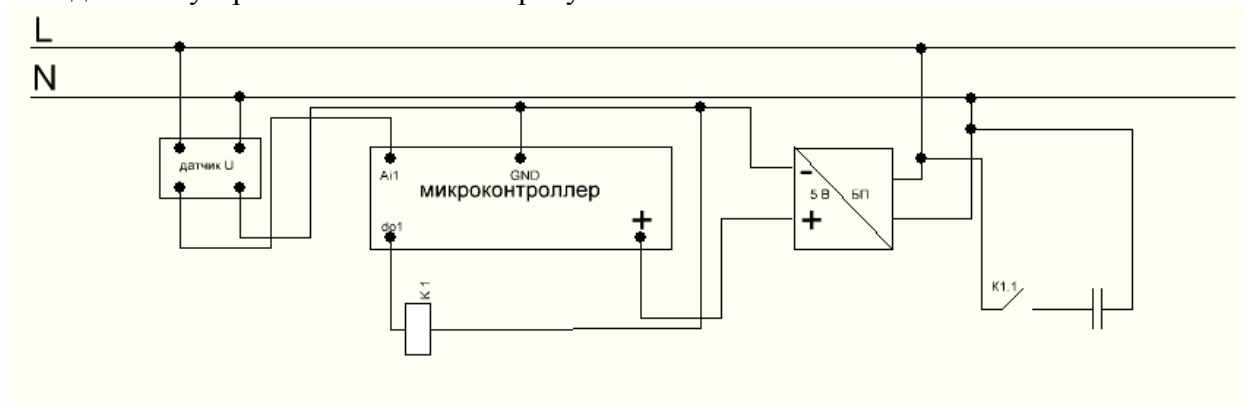


Рисунок 1- схема устройства для перетока реактивной мощности

Эффективность регулирования напряжения представлена на рисунке 2.

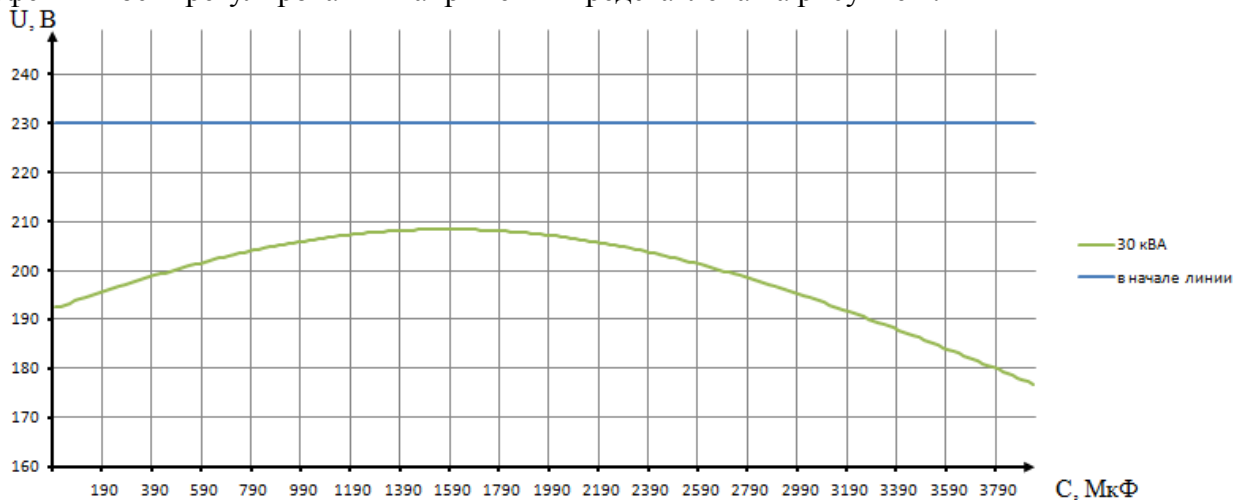


Рисунок 2 - Зависимость напряжения потребителя от емкости в точке присоединения при $S_{нагр.} = 30 \text{ кВА}$ $\cos \varphi = 0,9$

Что бы оценить экономическую целесообразность установки устройства для обратного перетока мощности, необходимо сравнить его и вышеуказанные методы по эффективности их применения и приведенным затратам. Очевидно, что установка более мощного трансформатора ведет к увеличению как капитальных вложений, так и затрат на обслуживание и потери электроэнергии, поэтому этот способ рассматриваться не будет.

При методе приведенных затрат для каждого из рассматриваемых вариантов исполнения электрической сети рассчитываются приведенные затраты по выражению:

$$З_{пр.i} = r_n K_{сети.i} + I_{сети.i} \quad (1)$$

где $З_{пр.i}$ - приведенные затраты по i-ому варианту исполнения электрической сети, тыс. руб.;

$r_n = 0,12$ - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

$K_{сети.i}$ - единовременные капиталовложения на сооружение i -ого варианта исполнения электрической сети, тыс.руб;

$I_{сети.i}$ - ежегодные эксплуатационные издержки на i -ый вариант исполнения электрической сети, тыс.руб.

После сравнения значений приведенных затрат рассматриваемых вариантов окончательно выбирают вариант исполнения электрической сети с минимальными приведенными затратами $З_{пр}$.

$$K_{сети.i} = K_d + K_m - K_{дп} + K_{мп}$$

где K_d - стоимость демонтажа провода с намоткой в бухту

K_m - стоимость монтажа провода большего сечения

$K_{дп}$ - стоимость демонтированного провода

$K_{мп}$ - стоимость монтируемого провода

Произведем расчет эффективности предложенных методов для линии выполненной проводом АС-35 и длиной 1 км и питаемой нагрузкой 30 кВА и $\cos \varphi = 0,9$ сосредоточенной в конце линии. Рассмотрим варианты замены провода на АС-50 и установку компенсирующих устройств.

По предварительным расчетам и среднерыночной стоимости можно принять затраты по замене провода на АС-50:

$K_m = 90000$ за 1 км

$K_d = 15000$ за 1 км

$K_{дп} = 100560$ за 1 км

$K_{мп} = 135640$ за 1 км

$$K_{сети.i} = 90000 + 15000 - 100560 + 135640 = 140080$$

Потери мощности в линии рассчитывали по формуле (2).

$$\Delta P = \frac{S_n^2}{U_n^2} * R_{вл} \quad (2)$$

где, ΔP - потери на нагрев

S_n - мощность нагрузки

U_n - напряжение нагрузки

$R_{вл}$ - сопротивление воздушной линии

$R_{вл}$ рассчитаем по формуле (3).

$$R_{вл} = r_0 \cdot l \quad (3)$$

где, r_0 - сопротивление линии на километр

l - длина линии.

Найдем потери на участке ВЛ по формуле (4)

$$\Delta W_{лэп i} = \Delta P * \tau \quad (4)$$

Данные о продолжительности использования максимума нагрузки быта и сферы обслуживания в сельской местности $T_{max} = 2700$ часов [1] Время наибольших потерь (τ) берется из графика $\tau = f(T_{max})$ [2] $\tau = 1300$ часов.

Теперь можно найти ежегодные эксплуатационные издержки сети

$$I_{сети.i} = \Delta W_{лэп i} * Z_3 \quad (5)$$

где, Z_3 - стоимость одного кВт*ч потери электроэнергии

$$Z_3 = 1,4 \frac{\text{руб}}{\text{кВт} * \text{ч}}$$

По данным Алтайэнерго

Рассчитаем потери аналогично расчету потерь для ВЛ. Потери будут рассчитываться для конденсаторов емкостями 300 мкФ, 450 мкФ, 1500 мкФ. Которые обеспечивают полную компенсацию реактивной мощности, выход на допустимое значение напряжения, и достижение пикового значения напряжения соответственно.

Капиталовложения будут равны сумме стоимостей основных элементов - Стоимость блока питания - 300 руб., микроконтроллера - 300 руб., реле 100А/ 12В - 300 руб., подъем на

опору - 1500 руб., конденсатора емкостью 300 мкФ – 430 руб., 450 мкФ – 530 руб., 1500 мкФ – 1580 руб.

Сведем потери, стоимость и полученный эффект повышения напряжения в одну таблицу 1.

Таблица 1 - Результат анализа экономической целесообразности регулирования напряжения путем установки компенсирующих устройств в сетях сельской местности

Способ улучшения качества электроэнергии	$\Delta W_{лэп}$, кВт/час	Исети, руб.	Зпр, руб.	Напряжение потребителя, В
Устройство перетока мощности С=300 мкФ	3660,54	5124,76	5464,36	197
Устройство перетока мощности С=500 мкФ	8071,91	11300,67	11652,27	200
Устройство перетока мощности С=1500 мкФ	80835,46	113169,64	113647,24	208,4
Замена провода АС-35 на АС-50	5237,60	7332,64	24142,24	198,8

Исходя из данных вышеприведённой таблицы можно сделать вывод, что по методу приведенных затрат установка устройства перетока мощности для достижения уровня напряжения в допустимых пределах экономически более целесообразна, чем повышение сечения провода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии [Текст] : учеб.пособие: [для вузов по направлению «Электроэнергетика»] / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов н/Д : Феникс, 2006. – 721 с.

2. Карапетян, И.Г. Справочник по проектированию электрических сетей [Электронный ресурс] / И. Г. Карапетян, Д.Л. Файбисович, И.М. Шапиро; под ред. Д.Л. Файбисовича. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2012. - 376 с. - ISBN 978-5-4248-0049-8. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38546

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В АО «УЧХОЗ «ПРИГОРОДНОЕ»

Кононова А.А. – студент гр. Э-43, Федорова И.Н. – студент гр. Э-43,

Куликова Л.В. – д.т.н., профессор

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

В настоящее время многие люди не задумываются, зачем нужно экономить энергоресурсы. Проблема нерационального использования энергосбережения существует уже с 70-х годов прошлого века, об этом свидетельствует необратимо загрязняющаяся окружающая среда, что влечет за собой негативные последствия. Кроме того, постоянный рост тарифов на электроэнергию и коммунальные услуги, все чаще вызывает беспокойство у населения, хотя можно платить меньше, если провести ряд элементарных мероприятий по энергосбережению. Но некоторые считают, что даже внедрение энергосберегающих лампочек не более чем реклама, не понимая их реальной пользы. Также использование не возобновляемых природных ресурсов (нефть, уголь, газ и др.), влечет к тому, что наши потомки могут остаться без средств, необходимых для получения энергии. Отсутствие

ГОРИЗОНТЫ ОБРАЗОВАНИЯ ВЫПУСК 20 2018

интереса к реализации мероприятий по снижению потребления энергетических ресурсов является одной из главных проблем современного общества.

Материалы и методы исследования

Целью разработки программы по повышению энергосбережения является получение конкретных мероприятий по повышению энергосбережения, которые позволят на промышленном предприятии сократить затраты топлива – энергетических ресурсов, а также повысить эффективность их использования. Программа по повышению энергосбережения подразумевает составление конкретного перечня мероприятий с их подробным описанием а также необходимых затрат для их реализации. В рамках данной программы все мероприятия должны быть технико - экономически обоснованны и экономически целесообразны.

Результаты исследования

Одной из основных причин нерационального использования электроэнергии является устаревшее оборудование, которое на данный момент эксплуатируется в «Учхозе», поэтому необходимо проводить замену неэкономичных электродвигателей на новые усовершенствованные серии, отвечающие современным требованиям энергоэффективности.

Целесообразно производить замену ламп накаливания на светодиодные лампы, ртутные светильники на натриевые (ДНаТ).

Выгодным может быть установление инфракрасных датчиков движения. Обнаружение человека по изменению теплового (инфракрасного) потока на приемной площадке чувствительного элемента (датчика), связанного с движением человека или резким изменением температуры находящихся в поле зрения датчика объектов.

Один из самых быстро окупаемых энергоэффективных мероприятий является использование частотно-регулируемого привода. ЧРП позволяет точно управлять скоростью и моментом электродвигателя по заданным параметрам. В общих чертах состоит из трехфазного электродвигателя переменного тока и инвертера, который обеспечивает плавный пуск электродвигателя без пусковых токов и ударов, его остановку, изменение скорости и направления вращения. Возможность подобного регулирования улучшает динамику работы электродвигателя, более того, позволяет внедрить автоматизацию практически любого технологического процесса [1].

Проводка находится в удовлетворительном состоянии, не требуется замена.

План мероприятий по энергосбережению предоставлен на рисунке 1.

Заключение

Замена ламп накаливания светодиодными понизит электропотребление и повысит срок эксплуатации, снизит расходы на обслуживание ламп.

Внедрение частотного преобразователя позволяет точно управлять скоростью электродвигателя, что в свою очередь позволяет осуществлять точное регулирование практически любого процесса в наиболее экономичном режиме, без тяжелых переходных процессов в технологических системах и электрических сетях.

Установка датчиков движения и присутствия позволит сократить число часов работы системы освещения.

**XV Всероссийская научно-техническая конференция студентов,
аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь»**

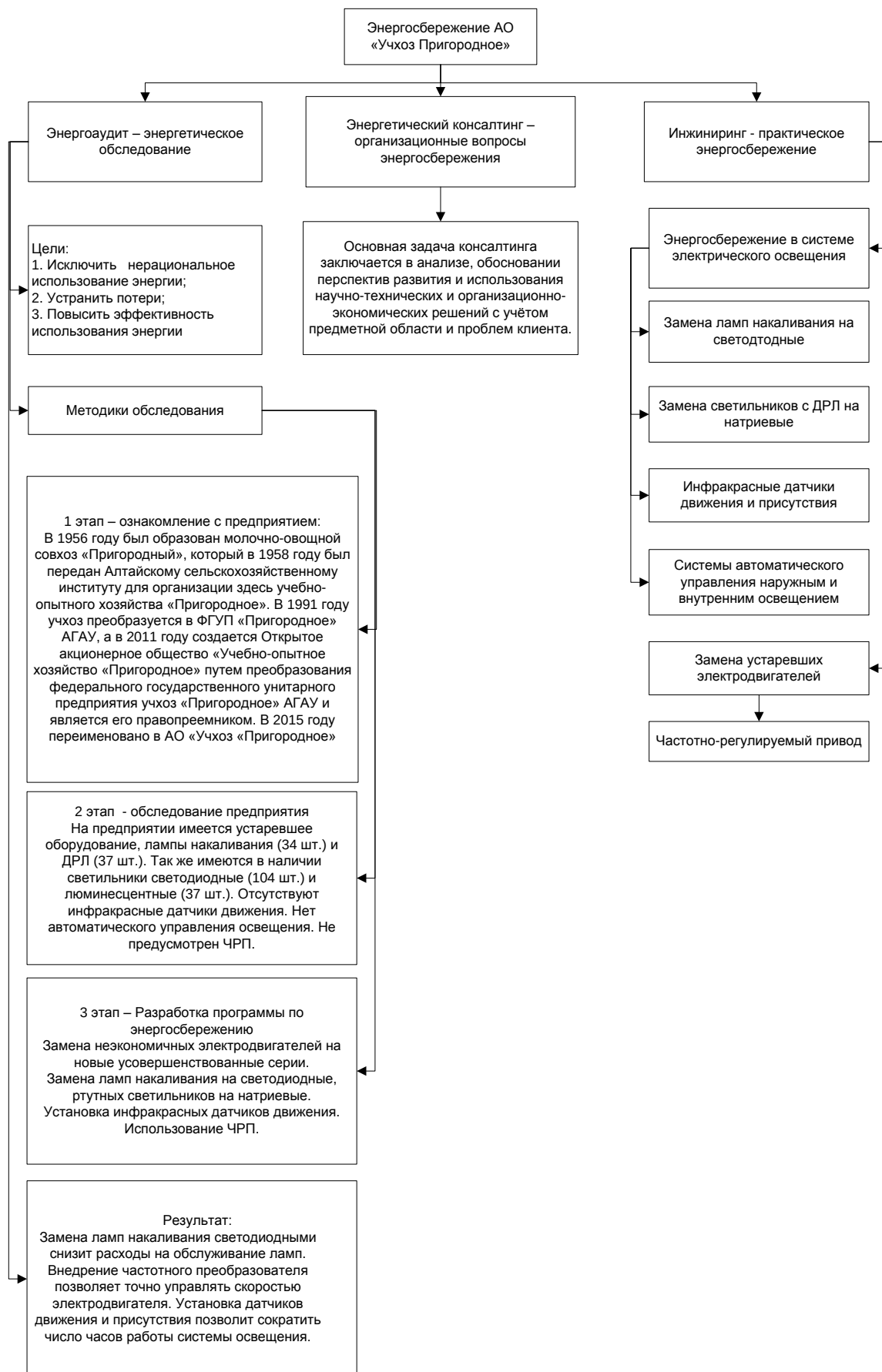


Рисунок 1 – План мероприятий по энергосбережению в АО «Учхоз «Пригородное»

Список литературы

1. Куликова, Л.В. Основы энергосбережения [Электронный ресурс]: Учебное пособие по дисциплине «Основы энергосбережения» для студентов, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» /Л.В. Куликова: Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. – 156 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ
УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОПАСНОСТИ ЭМИ

Барсуков Д.В. – магистрант, Устюгов Д.В. – магистрант, Титов Е.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время широко используются устройства, создающие электромагнитное излучение (ЭМИ) в различных диапазонах частот. Электромагнитные волны постоянно окружают нас в повседневной жизни, оказывая негативные воздействия на нервную, иммунную, эндокринную и половую системы. В связи с этим развивается множество направлений в области электромагнитной безопасности, среди которых особо выделяется разработка оптимальных устройств защитного экранирования (УЗЭ) [1].

Однако известные средства защиты [2, 3] от электромагнитных излучений обладают существенными недостатками:

- низкой эффективностью экранирования уровней электромагнитных излучений в широком диапазоне частот;
- повышенной трудоемкостью изготовления;
- высокой стоимостью.

Для устранения выявленных недостатков на базе ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» разработано простое в эксплуатации и экономически доступное устройство [4], позволяющее снижать уровни электромагнитного излучения в широком диапазоне частот, в том числе, электрических и магнитных полей промышленной частоты и радиочастотного диапазона, при пониженной трудоемкости его изготовления.

На рисунке 1 представлена схема устройства для снижения опасности электромагнитных излучений.

Для оценки эффективности экранирования разработанного экрана были проведены экспериментальные измерения параметров магнитного, электрического и электромагнитного полей (ЭМП) в широком диапазоне частот от 50 Гц до 8 ГГц. В качестве источника электромагнитного излучения использовался блок питания в сетевом фильтре.

На рисунке 2 показаны графики, позволяющие определить эффективность экранирования разработанным устройством [4] параметров магнитного и электрического полей 50 Гц.

По результатам экспериментальных измерений разработанное устройство значительно уменьшило уровни напряженности магнитного и электрического полей практически до фоновых значений. При этом заземление экрана на уровень магнитного поля существенного влияния не оказывало, а изменяло только уровень электрического поля в основном промышленной частоты. К тому же было зафиксировано, что эффективность экранирования электрического поля с заземленным экраном примерно в три раза выше, чем без заземления. Уровни электромагнитного поля на частотах от 300 МГц до 8 ГГц также успешно снижаются до фоновых значений.



Рисунок 1 – Схема устройства для снижения опасности электромагнитных излучений

Список использованных источников

1. Призыв ученых по защите от воздействия неионизирующего электромагнитного поля. Международное обращение к Генеральному Секретарю Организации Объединенных Наций Пан Ги Муну, государствам - членам ООН [Электронный ресурс] // URL: <https://www.emfscientist.org/index.php/emf-scientist-appeal> (дата обращения 14.04.2018).
2. Патент RU 2439722, МПК G12B17/02, H05K9/00, B82B1/00.
3. Патент RU 2168879, МПК⁷ H 05 K 9/00, G12B17/02, H01Q1700.
4. Патент RU 2631523, МПК⁷ H05K9/00, G2B17/02.

НЕСОВЕРШЕНСТВО ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Труфанова Н.А. – студент, Титов Е.В. – к.т.н., доцент

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

Многочисленные исследования отечественных и зарубежных авторов [1-7] свидетельствуют о негативном воздействии электромагнитных излучений (ЭМИ) на биологические объекты. При длительном воздействии ЭМИ могут возникать дегенеративные процессы центральной нервной системы, рак крови (лейкозы), опухоли мозга, гормональные заболевания и т.д. Особенно опасно излучение в период ослабления иммунитета, а также для детей, беременных, людей с заболеваниями центральной нервной, гормональной и сердечно-сосудистой системами [7].

Для снижения или полного устранения негативного влияния электромагнитных излучений учеными в разных странах разработаны подходы к стандартизации воздействий электромагнитных полей (ЭМП), запущены национальные программы по обеспечению защиты населения от их негативного влияния [1-7].

В результате анализа нормативно-правовых документов Российской Федерации в области электромагнитной безопасности [8-13] было выявлено множество проблем, среди которых обязательно нужно выделить отсутствие нормирования отдельных диапазонов частот, предельно-допустимые уровни (ПДУ) для которых не разработаны.

На основании результатов исследований российских ученых [14, 15] предлагается разработать дополнительные гигиенические нормативы для отдельной категории населения, особо чувствительного к воздействию излучений, а именно для детей, беременных, людей с хроническими заболеваниями.

Еще одной проблемой в области нормирования допустимых уровней электромагнитных полей является различие предельно-допустимых уровней в различных странах. В качестве примера ниже приведены рекомендуемые предельно-допустимые уровни ЭМП в радиочастотном диапазоне (РЧ): в России ПДУ составляет 10 мкВт/см^2 , в некоторых Европейских странах – 100 мкВт/см^2 , а в США – 1000 мкВт/см^2 . Учитывая, что человек является единым видом биологической системы, предлагается на межгосударственном уровне разработать и единый уровень допустимого излучения для однородных категорий населения [15].

Отсутствие нормативов, регламентирующих одновременное воздействие нескольких полей во всем диапазоне частот так же является серьёзным недостатком действующих СанПиНов. Поэтому предлагается контролировать не только электрические, магнитные и электромагнитные поля во всех нормируемых диапазонах частот отдельно, но и учитывать совокупное (комбинированное) воздействие ЭМИ.

Известно, что существующие гигиенические нормативы электромагнитного поля в радиочастотном диапазоне разработаны до периода интенсивного распространения подвижной радиосвязи. Поэтому они не учитывают современные условия ежедневного облучения электромагнитным полем, в том числе и от антенн мобильных телефонов. А учитывая, что действующие СанПиН обязывают проводить контроль уровней электромагнитных полей на расстоянии $10 \text{ см} / 50 \text{ см}$ [11] от источников излучения и то, что мобильный телефон в момент разговора расположен в непосредственном контакте с головным мозгом, следует изменить и требования к проведению контроля.

Выявив вышеуказанные проблемы, ситуацию с нормированием в России можно считать запущенной, а учитывая характер влияния излучений на биологические объекты, государственным органам следует немедленно принимать меры по совершенствованию национальной системы электромагнитной безопасности. Для обеспечения качества среды обитания необходимо на государственном уровне рассмотреть вопрос о создании единой системы управления электромагнитной безопасностью, учитывающей законодательные, нормативные и методические документы, а так же результаты фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ [16].

Список использованных источников

1. Новицкий, Р.А. Электрические поля в жизни рыб [Текст] / Р.А. Новицкий // Спортивное рыболовство. – Санкт-Петербург, 2004. – № 2. – С. 25-29.
2. Рубцова, Н.Б. Электромагнитные поля физиотерапевтического оборудования как источник потенциальной опасности для медицинского персонала [Текст] / Н.Б. Рубцова, Д.В. Марков, А.Н. Шеина // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – Москва, 2012. – №4. – С. 48-54.
3. Толгская, М.С. Гистологические изменения в органах белых крыс при хроническом воздействии электромагнитных полей высокой частоты [Текст] / М.С. Толгская, К.В. Никонова // О биологическом действии электромагнитных полей радиочастот. – Москва: Наука, 1964. – С. 89-98.
4. Бродовская, З.И. Влияние слабых электромагнитных полей (ЭМП) на некоторые показатели метаболизма лейкоцитов и воспроизводительную функцию самок млекопитающих [Текст] / З.И. Бродовская, В.А. Королева, Э.Г. Нелюбина // Влияние

электромагнитных полей на биологические объекты. – Харьков: Харьковский мед. институт, 1973. – №3. – С.25–30.

5. Мамчиц, Л.П. Качественная оценка воздействия низкочастотных электромагнитных излучений на донологический статус студентов [Текст] / Л.П. Мамчиц, С.В. Климович / Проблемы здоровья и экологии. – Гомель: Гомельский государственный медицинский университет, 2010. – С. 134-137.

6. Москвин, С.В. Патогенные воздействия неионизирующих излучений на организм человека [Текст]: монографиям/ С.В. Москвин, Л.В. Соколовская, Т.И. Субботина. – Москва – Тверь – Тула: ООО «Издательство Триада», 2007. – 158 с.

7. Призыв ученых по защите от воздействия неионизирующего электромагнитного поля. Международное обращение к Генеральному Секретарю Организации Объединенных Наций Пан Гн Муну, государствам - членам ООН [Электронный ресурс] // URL: <https://www.emfscientist.org/index.php/emf-scientist-appeal> (дата обращения 22.01.2018).

8. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003. – 35 с.

9. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов, 2008. – 28 с.

10. МСанПиН 001-96. Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях, 2002. – 29 с.

11. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах, 2016. – 83 с.

12. СанПиН 2.2.4.1329-03. Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей, 2004. – 28 с.

13. МУК 4.3.679-97. Определение уровней магнитного поля в местах размещения передающих средств радиовещания и радиосвязи кило-, гекто- и декаметрового диапазонов, 1998. – 30 с.

14. Дети и мобильные телефоны: под угрозой здоровье будущих поколений. Решение РНКЗНИ, 14 апреля 2008. – В кн.: Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений. – Москва, 2008: 116–7.

15. Григорьев, Ю.Г. Сотовая связь и здоровье. Электромагнитная обстановка. Радиобиологические и гигиенические проблемы. Прогноз опасности [Текст] / Ю.Г. Григорьев, О.А. Григорьев. – Москва : Экономика, 2013 г. – 567 с.

16. Пластинина, Ю.В. Административно-правовое управление электромагнитной безопасностью в Российской Федерации [Текст] / Ю.В. Пластинина // Вестник Поволжского института управления, 2016. – № 4 (49). – С. 14–21.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОГО ПИТАНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Подколзин П.И. – студент, Титов Е.В. – к.т.н., доцент

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

В настоящее время развиваются технологии беспроводной передачи энергии. В работах [1, 2] описаны научные разработки, направленные на возбуждение электрического поля в одной точке пространства с последующей регистрацией его параметров в другой точке пространства. Однако некоторыми учеными были предприняты попытки беспроводной передачи электроэнергии не только на высокочувствительные датчики при регистрации поля, но и к электропотребителям.

Учитывая, что уже сейчас большая часть населения планеты использует беспроводные устройства (рисунок 1), не менее актуальным является вопрос о беспроводной передаче электроэнергии на расстояние, в том числе для электроснабжения отдельных потребителей и осветительных устройств вблизи воздушных линий электропередачи (ВЛЭП).

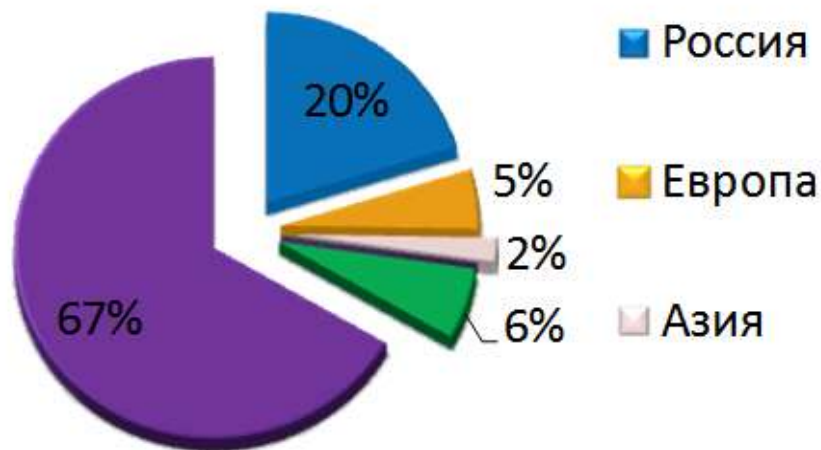


Рисунок 1 – Динамика развития беспроводных технологий

Одним из вариантов для беспроводного питания осветительных устройств вблизи ВЛЭП является использование системы с беспроводным электромагнитным приемником (рисунок 2) [1], содержащей источник переменного магнитного поля и приемник, включающий в себя соответственно устройство, чувствительное к электромагнитному полю (ЭМП) и, устройство, выполненное с возможностью преобразования механической энергии в электрическую. Конструктивно чувствительное к электромагнитному полю устройство в приемнике представляет собой цельный твердотельный механический резонатор, выполненный из магнитострикционного материала, а второе устройство – индуктивный преобразователь механической энергии колебаний указанного резонатора в электрическую энергию. При этом исключается механический контакт резонатора с преобразователем [1].

Среди основных недостатков данной системы можно выделить:

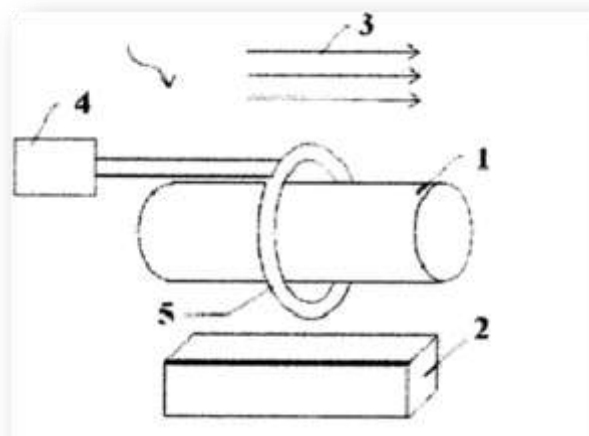
- сложность изготовления магнитострикционного резонатора;
- высокую стоимость резонатора;
- высокую чувствительность к воздействиям внешних ЭМП.

Также известно устройство (рисунок 3) [2] для индуктивной зарядки электронных приборов, принцип работы которого заключается в следующем. Первичная цепь трансформатора передает электромагнитную энергию на высокой частоте через контактную поверхность, которая включает в себя первичную обмотку трансформатора. Вторичная обмотка трансформатора является приемным контуром электронного прибора, принимает эту энергию и генерирует вторичное переменное напряжение высокой частоты, которое затем выпрямляется соответствующим выпрямителем и используется в качестве источника энергии для питания электронного прибора или передачи электрической энергии по проводам [2].

Однако данное устройство для передачи электромагнитной энергии (рисунок 3) имеет и существенные недостатки:

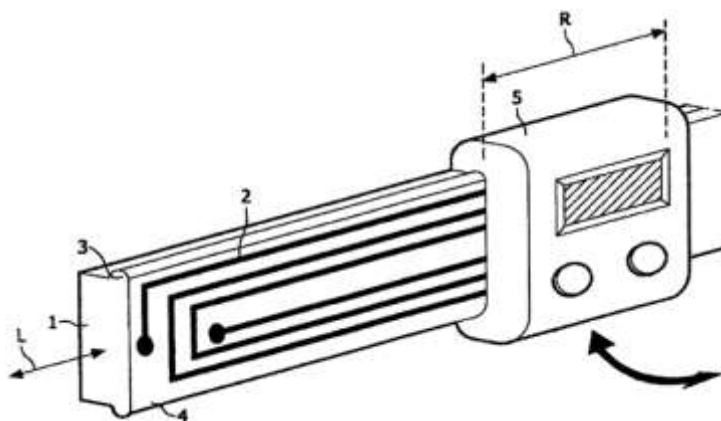
- слабая защищенность устройства от воздействий окружающей среды;
- обязательное использование аккумуляторных батарей;
- сложная система фильтрации электромагнитных сигналов.

В процессе устранения недостатков рассмотренных изобретений на базе ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» разрабатывается устройство для беспроводного электроснабжения осветительной нагрузки вблизи ВЛЭП любого класса напряжения. Разрабатываемый аппарат является экономически доступным в результате отсутствия в нем первичной обмотки возбуждения. При этом предполагается использовать данное устройство для обеспечения процесса электропитания



- 1 - магнитострикционный резонатор;
2 - постоянный магнит; 3 - возбуждающее магнитное поле;
4 - нагрузка; 5 - катушка

Рисунок 2 – Система беспроводной передачи электромагнитной энергии



- 1 - зарядный элемент; 2 - генераторная спираль;
3 - выступ зарядного элемента; 4 - контактная поверхность;
5 - электронный прибор

Рисунок 3 – Устройство для передачи электромагнитной энергии

мобильных телефонов и планшетных компьютеров; внедрения в производственное оборудование; освещения автомобильных дорог, улиц и дворов (при установке на опорах воздушных линий электропередачи).

Список использованных источников

1. Патент RU 2481689, Н 02J 17/00, 2006.01.
2. Патент RU 2447530; Н 01F 38/14, 2006.01; Н 01F 27/28, 2006.01; Н 01J 17/00, 2006.01.

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ

Кобаков А.С. – магистрант, Титов Е.В. – к.т.н., доцент

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

На сегодняшний день в повседневной жизни повсюду используются электроприборы, являющиеся опасными источниками электромагнитного излучения (ЭМИ). В связи с этим более насущным становится вопрос, связанный с обеспечением электромагнитной безопасности. Одним из основных направлений в данной области исследования является разработка экранирующих материалов, которые способны снижать величину электромагнитного поля до безопасного уровня. Но в данной области имеются существенные проблемы, связанные с измерением степени эффективности экранирования источников электромагнитного излучения при использовании нестандартных материалов. Эта проблема связана с тем, что используемые на сегодняшний день приборы для измерений эффективности экранирования либо не могут обеспечить требуемый уровень исследований, либо относятся к высокой ценовой категории. По этим причинам повышается длительность исследований эффективности экранирования электромагнитного излучения, и следовательно, снижается надежность защиты [1].

Для изучения указанной проблемы проведен глубокий анализ устройств, используемых для оценки эффективности экранирования ЭМИ. Одним из таких устройств является прибор [2], используемый для контроля защиты от электромагнитного поля, состоящий из источника электропитания, усилителя, генератора, блока индикации и антенного датчика. Выход блока усилителя подключен к блоку индикации, который отображает значения уровней электромагнитного сигнала. В качестве блока индикации используют стрелочный или цифровой прибор с током полного отклонения 200-500 мкА [2].

Основными недостатками такого прибора являются отсутствие возможности для записи результатов спектрального анализа и вывода полученных данных на персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ), что снижает эффективность устройства в процессе оценки экранирования электромагнитных сигналов на отдельно контролируемых частотах.

Другое известное устройство для измерения эффективности экранирования [3] состоит из генератора синусоидальных сигналов, усилителя мощности, передающей антенны, приемной антенны, измерительного приемника, ПЭВМ, генератора сложного сигнала, модулятора и устройства оптимальной обработки сложного сигнала [3].

Данный прибор можно использовать при исследовании эффективности экранирования электромагнитного сигнала на определенных частотах. Кроме этого он позволяет выводить результаты измерений на ПЭВМ для дальнейшей обработки [3]. Однако основным недостатком устройства является его низкий технико-экономический показатель, в соответствии с которым использование его для постоянных исследований является затруднительным.

При устранении указанных недостатков был разработан прибор для измерения эффективности экранирования электромагнитного сигнала, состоящий из источника электропитания, делителя напряжения, датчика электромагнитного сигнала, усилителя и портативного персонального компьютера.

Использование ПЭВМ в период проведения измерений позволяет сохранять определенные параметры исследуемых сигналов для их дальнейшего спектрального анализа и выводить полученные результаты на персональный компьютер в графической форме. Также за счет использования в данном устройстве оптимальных компонентов повышается его технико-экономические показатели.

Оценка эффективности защитного экранирования на практике с помощью разработанного устройства осуществляется следующим способом. В измерительную цепь датчика поступает исследуемый сигнал, который в дальнейшем усиливается и поступает на

вход ПЭВМ, где с помощью аналогового АЦП преобразуется в цифровой сигнал. Затем с помощью специальной программы Audacity [4] цифровой сигнал записывается в память ПЭВМ для формирования спектральной картины электромагнитных колебаний.

В современных цифровых системах для анализа спектра применяются специальные математические алгоритмы. В разработанном анализаторе применяется одним из таких алгоритмов под названием «дискретное преобразование Фурье», с помощью которого можно определить амплитуду каждой частоты, зафиксированной в исследуемом сигнале [1].

После проведения анализа спектра электромагнитных колебаний, возможно оценить эффективность экранирования уровней электромагнитного излучения в виде определения коэффициента экранирования ЭМИ.

Алгоритм определения коэффициента экранирования ЭМИ можно представить в последовательном выполнении следующих этапов:

- а) измерение сигнала с экраном (dB_s);
- б) измерение сигнала без экрана (dB_0);
- в) вычисление коэффициента экранирования (K_s).

В результате исследований были достигнуты поставленные задачи по разработке устройства с высокой технико-экономической эффективностью и способностью формирования спектральной картины электромагнитных колебаний, что позволит при дальнейшей модернизации принципов контроля повысить качественные и количественные показатели в исследованиях уровня электромагнитной безопасности.

Список использованных источников

1. Экспериментальное исследование показателей электромагнитной безопасности с помощью спектральных картин электромагнитного поля [Электронный ресурс] // URL: <http://new.elib.altstu.ru> (дата обращения 10.04.2018).
2. Патент RU 2254584, G 01R 29/08, 2005.06.
3. Патент RU 136183, G 01R 29/00, 2006.01.
4. Патент RU 170772, G 01R 29/08, 2006.01

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДОПОЛНЕНИЮ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ

Журавский Н.С. – студент, Гизбрехт А.А. – студент, Титов Е.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В результате научно-технического прогресса в настоящее время обострилась электромагнитная обстановка (ЭМО). В результате многочисленных исследований было выявлено негативное влияние электромагнитного излучения (ЭМИ) на биологические объекты, в том числе на организм человека [1].

Для обеспечения электромагнитной безопасности предлагается контролировать электромагнитную обстановку с помощью совместного использования аппаратно-программных инструментов в рамках реализации способа обеспечения электромагнитной безопасности.

Вопрос о приборах для контроля параметров электромагнитных полей является одним из принципиальных в решении проблем, связанных с обеспечением электромагнитной безопасности и, требует внимательного изучения. Неверный выбор средств контроля может привести к ошибочным результатам измерений, необъективной оценке безопасности рабочих мест по условиям труда [1]. В таблице 1 представлен перечень контролируемых нами параметров электрического, магнитного и электромагнитного полей, а также приборов для их измерения.

Таблица 1 – Измерительные приборы для оценки электромагнитной обстановки

Диапазон частот	Контролируемые величины	Наименования приборов	Погрешность измерения
электростатическое поле	Е, кВ/м	СТ-01	$\pm 15\%$
постоянное магнитное поле	Н, А/м	МТМ-01	0,5-3 А/м $\pm 20\%$
			3 -200 А/м $\pm 10\%$
48-52 Гц	Е, кВ/м; Н, А/м	ПЗ-50	$\pm [15 + 0,2 (A_{\text{п}}/A_{\text{изм}})], \%$
		ВЕ-метр-АТ-004	$\pm 15\%$
0,01 – 50 МГц	Н, А/м	ПЗ-41	$\pm 2,4$ дБ
		ВЕ-метр-АТ-004	$\pm 15\%$
0,01 – 300 МГц	Е, В/м	ПЗ-41	$\pm 2,4$ дБ
		ВЕ-метр-АТ-004	$\pm 15\%$
3 – 2000 МГц	мощность сигнала, дБ	АКС-1201	± 5 дБ
0,3 – 40 ГГц	ППЭ, мкВт/см ²	ПЗ-41 с антенной АП-1	$\pm 2,4$ дБ

В рамках реализации способа в АлтГТУ разработано программное обеспечение для: автоматизации измерений параметров ЭМП; построения трёхмерной модели помещения с источниками ЭМИ; моделирования параметров ЭМП с применением средств моделирования openEMS и МЕЕР; анализа результатов моделирования; построения точечных и цилиндрических картин опасности и выполнения других вспомогательных операций.

Однако при исследовании электромагнитной обстановки в соответствии с разработанным способом были выявлены определенные трудности. Поэтому для расширения функциональных возможностей аппаратно-программных инструментов контроля предлагается дополнительно использовать:

1) измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-42 с диапазоном контролируемых частот от 10 кГц до 95 ГГц и основной погрешностью измерений ± 3 дБ [2];

2) тахеометр, позволяющий проводить любые угломерные замеры в помещении с основной погрешностью измерений ± 1 мм [3];

3) программу «MagicPlan» [4] для определения геометрических размеров помещения. В качестве ее основных недостатков следует выделить наличие платных функций; обязательное наличие гироскопа, магнитного датчика и датчика ориентации в пространстве; отсутствие русифицированной версии. Однако существенными преимуществами этой программы являются: проста в использовании и возможность измерения с помощью смартфона или планшетного компьютера [4];

4) мобильное приложение «Magnetfeld & DC Strom Detektor» [5] для измерения параметров магнитных полей и определения наибольшего превышения уровня поля. Из недостатков программы следует выделить обязательное наличие магнитного датчика в смартфоне, отсутствие русифицированной версии и измерение только постоянного магнитного поля. При этом процесс измерения характеризуется высокой точностью, составляя $\pm 0,15$ мкТл [5];

5) программу «ELCUT» [6] для компьютерного моделирования. Среди достоинств этой программы можно выделить: локализованность программы, простоту интерфейса, быстроту расчетов, автоматизированное построение модели и анализ результатов.

Список использованных источников

1. Безопасность жизнедеятельности Ч.2. Охрана труда на железнодорожном транспорте [Текст]: Учебник для вузов железнодорожного транспорта / К. Б. Кузнецов, В. И. Бекасов, В. К. Васин, А. П. Мезенцев, Ю. П. Чепульский; под ред. К. Б. Кузнецова. – М.: Маршрут, 2006. – 536 с.
2. ПЗ-42 Измеритель уровней электромагнитных излучений [Электронный ресурс] // URL: <http://ntm.ru/products/44/8332> (дата обращения 22.02.2018).
3. Мир тахеометров [Электронный ресурс] // URL : <http://taheometr.com> (дата обращения 22.02.2018).
4. MagicPlan - программа для лёгкого составления плана помещений с применением камеры [Электронный ресурс] // URL : http://helpix.ru/appinion/201403/663-magicplan-pochti_volshebnaia_programma_dlja_ljogkogo_sostavlenija_plana.html (дата обращения 25.02.2018).
5. Детектор постоянного тока [Электронный ресурс] // URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=smf.detector&hl=ru> (дата обращения 22.02.2018).
6. ELCUT – программа для моделирования ЭМП [Электронный ресурс] // URL: <https://elcut.ru> (дата обращения 27.02.2018).

ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ОТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В СЕТЯХ ДО 1000 В

Цуканов А.В.- студент, Чернов А.В.- студент, Сошников А.А. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Участившиеся в последнее время пожары от коротких замыканий (КЗ) в сетях низкого напряжения с тяжелыми последствиями актуализируют проблему повышения противопожарной эффективности электрической защиты и, в частности, автоматических выключателей.

До выхода 7 издания ПУЭ [1] надежность срабатывания защиты оценивалась по кратности токов КЗ. Однако недопустимо высокое время срабатывания при малых токах, характерных, в частности, для сельских сетей, привело к необходимости изменения подхода к проверке чувствительности защиты в методиках выбора параметров срабатывания. Нормирование минимально необходимой кратности аварийных токов [2] заменено на установление максимально допустимого времени срабатывания защиты. В 7-м издании ПУЭ [1] это время регламентировано значениями 0,4 с для внутренних радиальных и 5 с для внешних сетей. В то же время в соответствии с действующими Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей [3] оценки чувствительности защиты по кратности токов КЗ по-прежнему производится.

При этом обе методики выбора электрической защиты не учитывают воздействие электрической дуги, часто возникающей в процессе КЗ, на электропроводку. Возникающая при КЗ электрическая дуга, температура которой достигает нескольких тысяч градусов, может воспламенить изоляцию или другие горючие материалы, что вместе с действием искр и расплавленных частиц металла часто приводит к развитию пожара [4]. Действуя, как дуга электросварочного аппарата, дуга КЗ может пережечь электропроводку быстрее, чем сработает защита, что эквивалентно ее отсутствию и неконтролируемому протеканию пожароопасных процессов.

В Алтайском государственном техническом университете разработана методика оценки противопожарной эффективности электрической защиты по количественным показателям

пожарной опасности КЗ [4], к которым относятся коэффициент незащищенности сети для однофазных, двухфазных и трехфазных КЗ и интегральный показатель пожарной опасности (далее - критерии пережога). Коэффициент незащищенности по каждому из перечисленных видов КЗ на участке сети определяется отношением длины части участка, для которой время срабатывания защиты меньше времени пережога проводов электрической дугой КЗ, к длине всего участка. Его значение находится в диапазоне от 0 до 1. Нулевая величина этого показателя соответствует отсутствию опасности пережога на участке сети (и, как следствие, значительно меньшей опасности пожара, так как процесс развития КЗ ограничен электрической защитой), а равная единице – полной незащищенности участка сети.

Интегральный показатель пожарной опасности численно равен значению вероятности пожара на объекте от однофазных, двухфазных и трехфазных КЗ в течение года при допущении, что пережог электропроводки до срабатываний защиты обязательно приводит к пожару.

Рассмотрим результаты оценки эффективности защиты по перечисленным критериям для схемы электроснабжения сельскохозяйственного объекта, приведенной на рисунке 1.

Результаты расчета токов однофазного КЗ по участкам сети и времени срабатывания защиты при КЗ в конце линии и установке на головном участке сети автоматического выключателя ВА57Ф-3134 с номинальным током теплового расцепителя 100 А и током срабатывания электромагнитного расцепителя 400 А, а в начале участков 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 - выключателей ВА 61F29 – 3C10; ВА 61F29 – 3C16; ВА 61F29 – 3C25; ВА 61F29 – 3C50 – соответственно, приведены в таблице 1.

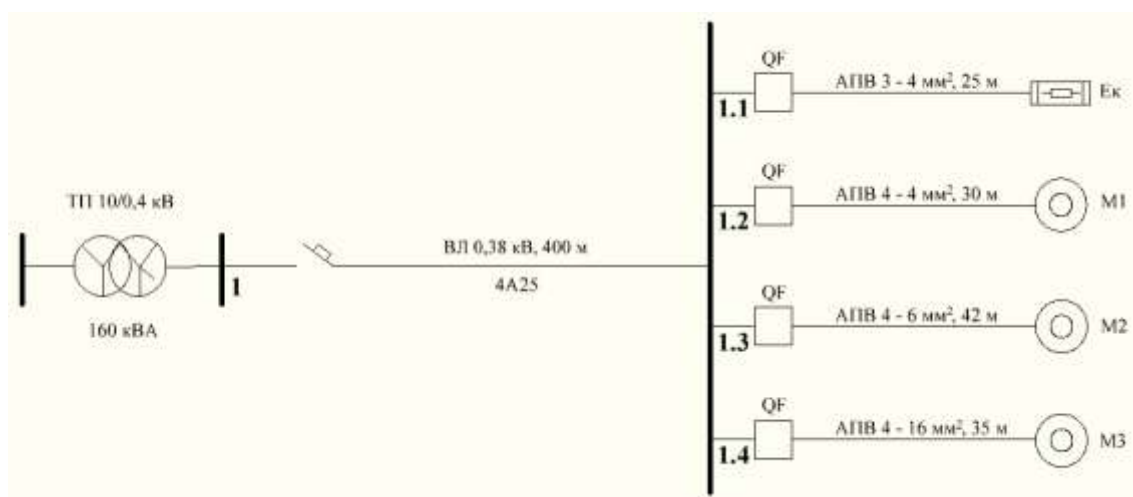


Рисунок 1 – Расчетная схема электроснабжения

Таблица 1 – Значения токов однофазного КЗ и времени срабатывания защиты

Номер участка	Значения токов однофазного КЗ, А / время срабатывания защиты, с	
1	1118	133/9999
1.1	133	105/0,01
1.2	133	101/3,16
1.3	133	103/6,75
1.4	133	122/47,1

Результаты оценки соответствия параметров защиты критериям кратности тока и времени срабатывания, отмеченные знаком «+» и «-» и значения коэффициентов незащищенности по участкам сети представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Соответствие параметров защиты критериям оценки эффективности

Критерий	Для участков с номерами				
	1	1.1	1.2	1.3	1.4
Кратность тока	–	+	+	–	–
Время срабатывания	–	+	–	–	–
Коэффициент незащищенности	Не оценивается	0	0,58	1	Не оценивается

На участках 1 и 1.4 коэффициенты незащищенности не приведены, так как провода воздушной линии не пережигаются током КЗ, а для алюминиевой электропроводки сечением 16 мм² диапазон значений токов (133 А - 122 А) лежит ниже нижней границы тока (200 А), при котором возможен перегор.

Анализ таблицы 2 показывает, что результаты оценки эффективности защиты по различным критериям не всегда совпадают. Так, проверенная по критерию кратности тока КЗ защита на участке 1.2 не соответствует критерию времени срабатывания и только частично соответствует критерию перегор. Проведенные расчеты позволяют сделать следующие выводы о выборе критериев для оценки противопожарной эффективности электрической защиты.

1. Соответствие защиты только критерию кратности тока допускает возможность длительного существования аварийного режима (иногда до десятков секунд), что повышает вероятность пожара, поэтому использование этого критерия нецелесообразно.

2. Соответствие защиты критерию времени срабатывания существенно снижает время аварийного режима (до 5 с во внешних и внутренних магистральных сетях и до 0,4 с во внутренних радиальных сетях). При этом пожарная опасность коротких замыканий не исключается полностью, так как это время превышает время перегор электропроводки током дугowego КЗ (от 10 до 100 мс). Поэтому этот критерий целесообразно использовать только для участков внешней сети и непережигаемых участков электропроводки (при токах КЗ менее 100 – 300 А, в зависимости от сечения проводов).

3. Пожарная опасность коротких замыканий исключается с высокой вероятностью при соответствии защиты критерию перегор. При этом автоматически обеспечивается соответствие критерию времени срабатывания.

Таким образом, для снижения пожарной опасности КЗ необходимо проверять соответствие параметров защиты критериям перегор электропроводки.

Литература

1. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 176 с.
2. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб.и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
3. Правила устройства, эксплуатация и безопасность электроустановок: нормативно-технический сборник/ О.К. Никольский, А.А. Сошников, О.Н. Дробязко, В.С. Германенко и др. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004. – 840 с.
4. Володина Н.А. Основы электромагнитной совместимости: учебник для вузов / Н.А.Володина, Р.Н. Карякин, Л.В. Куликова, О.К. Никольский, А.А. Сошников, А.Л. Андронов, В.С. Германенко, П.И. Семичевский; под ред. Р.Н. Карякина; Алт. гос. тех. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: ОАО «Алтайский полиграфический комбинат», 2007. – 480 с. ISBN 978-5-903387-07-6.

ОЦЕНКА ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СЕТЯХ 10 кВ С КОМПЕНСИРОВАННОЙ И РЕЗИСТИВНО ЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Сопов А.С. – студент, Сошников А.А. – д.т.н., профессор

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

Однофазные замыкания на землю в сетях 6-35 кВ могут вызывать опасные последствия из-за повышения напряжений по отношению к земле на неповрежденных фазах до линейного, хотя симметрия линейных напряжений при этом не нарушается.

Величина тока, протекающего в месте замыкания, находится в прямой зависимости от приложенного напряжения и величины емкости сети, которая зависит от ее протяженности и разветвленности. Этот ток имеет небольшие значения, однако опасность заключается в периодическом зажигании электрической дуги, что может приводить к возникновению перенапряжений и создает условия для перехода однофазного замыкания в междофазные.

Одним из способов уменьшения емкостных токов при замыканиях на землю и снижения перенапряжений является включение в нейтраль трансформатора дугогасящего реактора [1]. При резонансной настройке ток замыкания на землю минимален и перенапряжения в сети не превышают 2,7 Уф. С точки зрения гашения дуги резонансная настройка является достаточно эффективной. Однако это мероприятие является дорогостоящим и сложным в реализации.

Поэтому в настоящее время в России все большее внимание уделяется резистивному заземлению нейтрали [2]. При этом ограничение перенапряжений и снижение напряжения на нейтрали обеспечивается за счет снижения постоянной времени разряда емкости здоровых фаз во время бестоковой паузы из-за уменьшения активного сопротивления в цепи протекания тока нулевой последовательности.

Для исследования перенапряжений при однофазном замыкании на землю в программном пакете Mathlab создана модель участка сети 10 кВ одной из подстанций г. Бийска [3] (Рисунок 1).

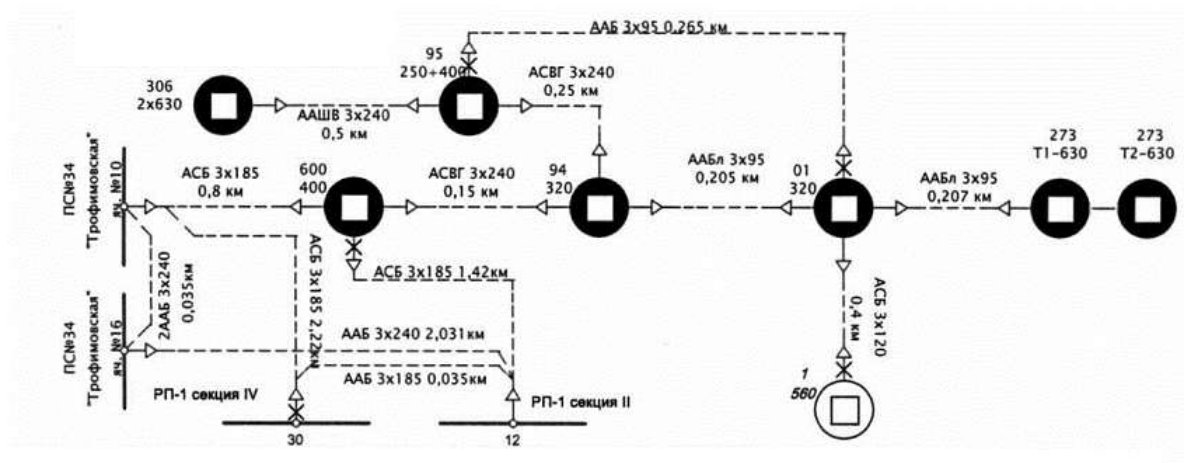


Рисунок 1 – Схема исследуемого участка сети

Принципиальная схема модели исследуемого участка приведена на рисунке 2.

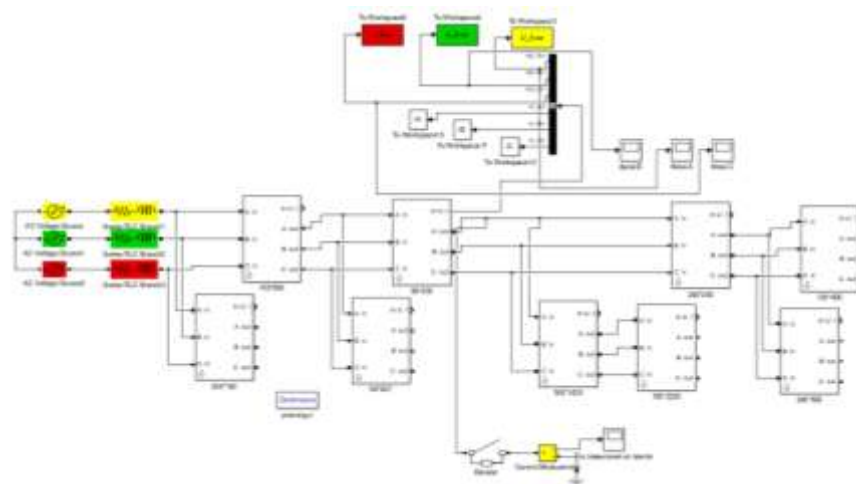


Рисунок 2 – Принципиальная схема модели исследуемого участка сети

Результаты исследования перенапряжений в зависимости от длительности замыкания на землю для режимов изолированной, компенсированной и резистивно заземленной нейтрали приведены на рисунке 3.

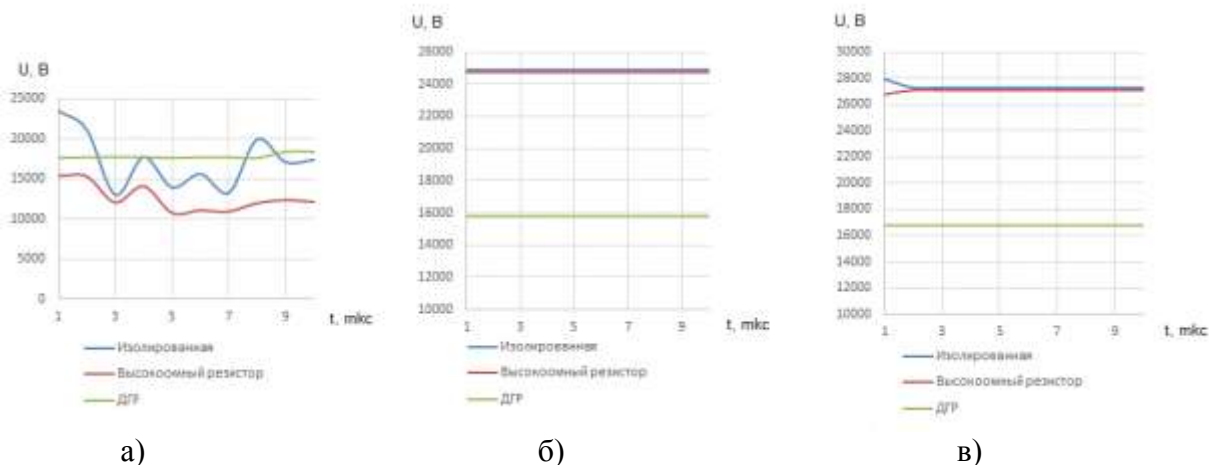


Рисунок 3 – Перенапряжения в фазах А (а), В (б) и С (в) в зависимости от длительности замыкания при различных режимах нейтрали

Анализ полученных результатов показывает перспективность резистивного заземления нейтрали для снижения перенапряжений при замыканиях на землю.

Литература

1. Вайнштейн Р.А. Режимы работы нейтрали в электрических системах. Учебное пособие. / Вайнштейн Р.А., Головки С.И., Коломиец Н.В. / – Томск, изд. ТПИ им. С.М. Кирова, 1981.
2. Назаров В.В. Сравнение режимов заземления нейтрали // Новости Электротехники. 2013. № 5(83).
3. Лазарев Ю.Ф. Начала программирования в среде MatLAB: Учебное пособие. - К.: НТУУ "КПИ", 2003. - 424 с.

ПРОБЛЕМЫ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКОВ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ОБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Анисимов А.В. – студент группы 8Э-72, Коркин Н.А. – студент группы 8Э-72,

Боярков Д.А. – инженер-магистр, Компанеев Б.С. – к.т.н., доцент

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

Техническое состояние сельских электрических сетей в настоящее время остается достаточно неудовлетворительным. К примеру, в Алтайском крае около половины воздушных линий электропередачи являются ветхими (износ более 60%) и в любой момент могут выйти из строя. Примерно такая же доля трансформаторных подстанций находится в эксплуатации более 35 лет и, соответственно, выработали свой как физический, так и моральный ресурс. Большинство таких подстанций не имеют специальных устройств по регулированию напряжения, поэтому возникает возможность снижения качества передаваемой электроэнергии [1, 2].

В связи с таким состоянием электрических сетей значительно увеличивается аварийность в них, что приводит к перерыву электроснабжения и, в связи с этим, к значительным ущербам как сельским потребителям, так и электросетевым организациям. Так за период 2013-2017 г. г. вследствие возникновения аварий в сельских сетях Алтайского края было недопоставлено примерно 532 тыс. МВт·час электроэнергии, а прямой экономический ущерб при этом составил около 14 млн. руб. [1].

Для минимизации таких негативных явлений необходимо своевременно производить определенные управляющие воздействия на электрооборудование: реконструкцию (усиление), модернизацию и техническое перевооружение сети, либо полный вывод из работы и замена на новое, современное оборудование [3]. Но, к сожалению, одномоментно произвести все необходимые воздействия практически невозможно с экономической точки зрения, поскольку все затраты на такие обновления входят в тариф за электроэнергию, который в этом случае увеличится до крайне непозволительной с социальной точки зрения величины.

Таким образом, в условиях ограниченных финансовых ресурсов для уменьшения количества аварийных режимов и возникающих вследствие их проявления последствий перед электросетевыми компаниями ставится важнейшая задача – идентификация оборудования, находящегося в наиболее неудовлетворительном состоянии, а также оборудование, выход из строя которого приведет к наиболее тяжким последствиям [3]. Или, иначе говоря, необходимо определить приоритизацию какого-либо из вышеперечисленных управляющих воздействий на такое оборудование. Для этих целей необходим грамотный подход к оценке состояния электрооборудования в процессе его осмотра и технической диагностики.

Хорошо известно, что чаще всего техническое состояние электросетевого оборудования определяется персоналом, обслуживающим его, опираясь на свои знания и профессиональный опыт. Но около 60% таких работников имеют только среднее либо непрофильное образование, поэтому такие специалисты, очевидно, не способны в полной мере оценить техническое состояние оборудования, а также в силу недостаточности знаний и необходимых компетенций им свойственно совершать ошибки при проведении его осмотра, выявлении различных дефектов и неисправностей. Как видно, при данном подходе к оценке технического состояния электрооборудования роль «человеческого фактора» очень велика, поэтому он не может приниматься как основной.

Для минимизации роли человека при оценке технического состояния электрических сетей имеется практика определять его на основании результатов, полученных в процессе его технической диагностики и испытания с последующим сравнением этих показателей с пороговыми нормативными значениями, приведенными в [4, 5]. При этом наблюдается тенденция производить диагностические исследования дистанционно под рабочим напряжением с помощью современных автоматизированной системы мониторинга и

технического диагностирования (АСМТД) электрических сетей без какого-либо вмешательства человека в данный процесс. Данная автоматизированная система выходит в состав так называемых «Умных сетей» (Smart Grid), а ее обобщенная структурная схема приведена на рисунке 1 [6].

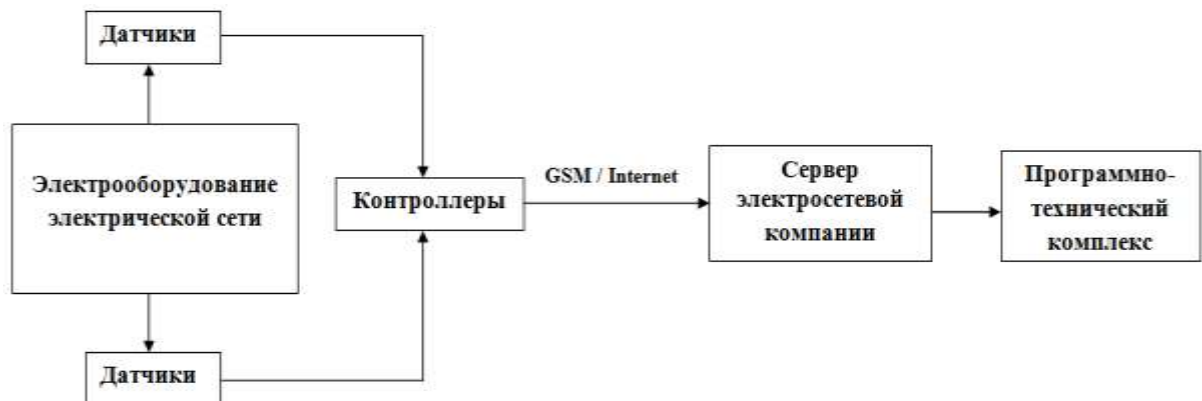


Рисунок 1 – Обобщенная схема АСМТД

Однако и такой подход к оценке состояния электрооборудования также нельзя считать корректным. Так, например, согласно [4, 5], сопротивление изоляции силовых кабельных линий напряжением до 1 кВ в процессе диагностики должно быть не менее 0,5 МОм, в противном случае ее нельзя эксплуатировать. Но достоверно известно, что даже при уменьшении сопротивления изоляции ниже вышеуказанного значения, кабельная линия с малой вероятностью может выйти из строя. Возможна и обратная ситуация, когда то или иное электрооборудование может выйти из строя будучи еще относительно новым при наличии в нем дефектов, а также при неблагоприятных внешних факторах за сравнительно небольшой промежуток времени, при этом измеряемые показатели не достигли своих пороговых нормативных значений. Это вызвано особенностями протекания процесса развития самого дефекта, что не учитывается при подходе оценки технического состояния оборудования, основанном на пороговых значениях показателей. Таким образом, весьма целесообразно перейти от данного подхода к оценке технического состояния электрооборудования к оценке с помощью некоторого обобщенного показателя за некоторый период времени T .

В качестве такого показателя предлагается использовать вероятность выхода оборудования из строя (либо индекс технического состояния оборудования (ИТС)), который также позволяет упрощать процесс ранжирования электросетевого оборудования от наиболее потенциально аварийного до наименее аварийного. При этом данная вероятность должна определяться также по результатам проведенных диагностических обследований оборудования, а ее математическая модель содержать в себе те параметры (показатели), которые были получены в процессе испытаний согласно [4, 5].

Но возможны случаи, когда разные виды оборудования, имеющие примерно равные вероятности выхода из строя, могут инициировать различные ущербы от возникновения аварии. Поэтому определение только вероятности выхода из строя не является достаточным условием для принятия решения о приоритизации того или иного управляющего воздействия на него. Помимо этого, необходимо произвести оценку возможных ущербов в денежном эквиваленте, который может возникнуть при проявлении аварийного режима.

Сочетание вероятности возникновения аварийного режима P и ущерба, который был получен при его возникновении Y , образует комплексную величину – риск (R). Именно по показателю риска, как полагается, необходимо определять приоритет воздействия на оборудование электрических сетей в условиях ограниченных финансовых ресурсов.

$$R = P \times Y . \quad (1)$$

На сегодняшний день существует несколько автоматизированных систем по оценке и управлению рисками выхода из строя оборудования электрических сетей, которые в практических целях мало используются. Дело в том, что данные системы имеют ряд существенных недостатков, которые не позволяют их применять повсеместно во всех (или по крайней мере в большинстве) электросетевых организациях. Поскольку данная проблематика является крайне актуальной для рассматриваемой отрасли, Министерство энергетики РФ выявило и сформулировало основные и наиболее общие недостатки таких систем, которые должны быть устранены в самой ближайшей перспективе [3]:

- отсутствует единая методология определения вероятности выхода из строя отдельных групп оборудования и объектов электросетевого хозяйства в целом исходя из реальных данных о электрооборудовании и интенсивности его эксплуатации;

- долгосрочное планирование в сфере управления рисками выхода оборудования электрических сетей из строя проводится без учета ограничений финансовых ресурсов и прогнозов ущерба от возникающих аварий;

- отсутствует системная оценка технического состояния электрооборудования на основе данных технической диагностики, статистики дефектов и отказов с целью прогнозирования уровня износа оборудования и вероятности наступления отказов;

- не формируются возможные сценарии технических воздействий на оборудование: дальнейшая эксплуатация, проведение ремонтов, вывод из работы и замена, техническое перевооружение или реконструкция.

Учитывая все вышесказанное считаем, что проблема совершенствования систем по оценке и управлению рисками выхода из строя оборудования сельских электрических сетей является крайне актуальной.

Список использованных источников

1. Сведения о техническом состоянии электрических сетей ПАО «МРСК Сибири» [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа: http://www.mrsk-sib.ru/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=1033&Itemid=2379&lang=ru22&mod=tech_set – Загл. с экрана (дата обращения 01.04.2017).

2. МРСК Сибири. Годовой отчет 2016 [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа: http://www.mrsk-sib.ru/index.php?option=com_content&view=featured&Itemid=2527&lang=ru22 – Загл. с экрана (дата обращения 01.04.2017).

3. Россети переходят на ремонт «по состоянию» [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://digitalsubstation.com/blog/2017/01/31/rosseti-perehodyat-na-remont-po-sostoyaniyu/> – Загл. с экрана (дата обращения 01.04.2017).

4. Правила устройства электроустановок [Текст] : все действующие разделы ПУЭ-7 по состоянию на 1 января 2006 г. – 7-е изд. – Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2006. – 512 с. : ил. – ISBN 5-94087-5475.

5. Алексеев, Б. А. Объем и нормы испытаний электрооборудования [Текст] / под общ. ред. Б. А. Алексеева, Ф. Л. Когана, Л. Г. Мамиконянца. – 6-е изд., с изм. и доп. – Москва : Изд-во НИЦ ЭНАС, 2004. – 267 с.

6. Положение ОАО «РОССЕТИ» о единой технической политике в электросетевом комплексе, утвержденное 22.02.2017 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/tehpolitika.pdf> – Загл. с экрана (дата обращения 01.04.2017).

ПРОБЛЕМЫ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКОВ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ОБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Анисимов А.В. – студент группы 8Э-72, Коркин Н.А. – студент группы 8Э-72,

Боярков Д.А. – инженер-магистр, Компанеев Б.С. – к.т.н., доцент

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

Техническое состояние сельских электрических сетей в настоящее время остается достаточно неудовлетворительным. К примеру, в Алтайском крае около половины воздушных линий электропередачи являются ветхими (износ более 60%) и в любой момент могут выйти из строя. Примерно такая же доля трансформаторных подстанций находится в эксплуатации более 35 лет и, соответственно, выработали свой как физический, так и моральный ресурс. Большинство таких подстанций не имеют специальных устройств по регулированию напряжения, поэтому возникает возможность снижения качества передаваемой электроэнергии [1, 2].

В связи с таким состоянием электрических сетей значительно увеличивается аварийность в них, что приводит к перерыву электроснабжения и, в связи с этим, к значительным ущербам как сельским потребителям, так и электросетевым организациям. Так за период 2013-2017 г. г. вследствие возникновения аварий в сельских сетях Алтайского края было недопоставлено примерно 532 тыс. МВт·час электроэнергии, а прямой экономический ущерб при этом составил около 14 млн. руб. [1].

Для минимизации таких негативных явлений необходимо своевременно производить определенные управляющие воздействия на электрооборудование: реконструкцию (усиление), модернизацию и техническое перевооружение сети, либо полный вывод из работы и замена на новое, современное оборудование [3]. Но, к сожалению, одномоментно произвести все необходимые воздействия практически невозможно с экономической точки зрения, поскольку все затраты на такие обновления входят в тариф за электроэнергию, который в этом случае увеличится до крайне непозволительной с социальной точки зрения величины.

Таким образом, в условиях ограниченных финансовых ресурсов для уменьшения количества аварийных режимов и возникающих вследствие их проявления последствий перед электросетевыми компаниями ставится важнейшая задача – идентификация оборудования, находящегося в наиболее неудовлетворительном состоянии, а также оборудование, выход из строя которого приведет к наиболее тяжким последствиям [3]. Или, иначе говоря, необходимо определить приоритизацию какого-либо из вышеперечисленных управляющих воздействий на такое оборудование. Для этих целей необходим грамотный подход к оценке состояния электрооборудования в процессе его осмотра и технической диагностики.

Хорошо известно, что чаще всего техническое состояние электросетевого оборудования определяется персоналом, обслуживающим его, опираясь на свои знания и профессиональный опыт. Но около 60% таких работников имеют только среднее либо непрофильное образование, поэтому такие специалисты, очевидно, не способны в полной мере оценить техническое состояние оборудования, а также в силу недостаточности знаний и необходимых компетенций им свойственно совершать ошибки при проведении его осмотра, выявлении различных дефектов и неисправностей. Как видно, при данном подходе к оценке технического состояния электрооборудования роль «человеческого фактора» очень велика, поэтому он не может приниматься как основной.

Для минимизации роли человека при оценке технического состояния электрических сетей имеется практика определять его на основании результатов, полученных в процессе его технической диагностики и испытания с последующим сравнением этих показателей с пороговыми нормативными значениями, приведенными в [4, 5]. При этом наблюдается тенденция производить диагностические исследования дистанционно под рабочим напряжением с помощью современных автоматизированной системы мониторинга и

технического диагностирования (АСМТД) электрических сетей без какого-либо вмешательства человека в данный процесс. Данная автоматизированная система выходит в состав так называемых «Умных сетей» (Smart Grid), а ее обобщенная структурная схема приведена на рисунке 1 [6].

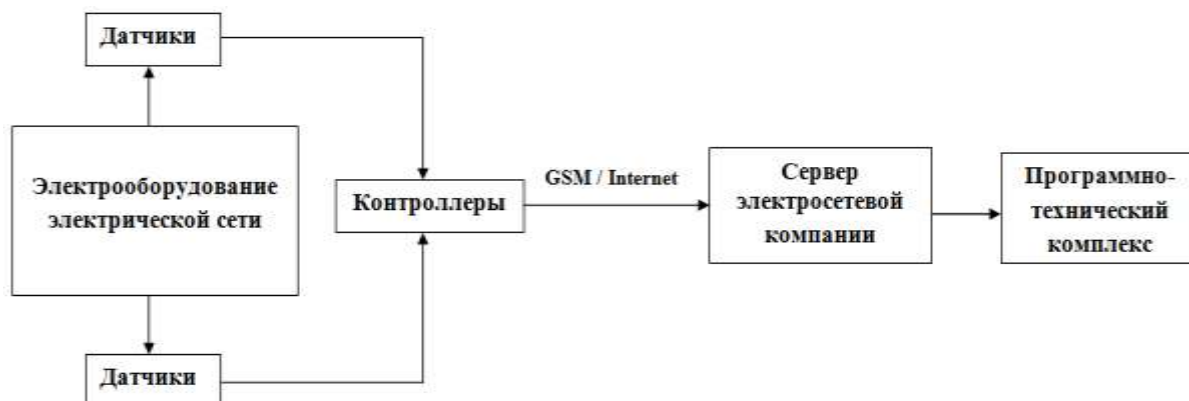


Рисунок 1 – Обобщенная схема АСМТД

Однако и такой подход к оценке состояния электрооборудования также нельзя считать корректным. Так, например, согласно [4, 5], сопротивление изоляции силовых кабельных линий напряжением до 1 кВ в процессе диагностики должно быть не менее 0,5 МОм, в противном случае ее нельзя эксплуатировать. Но достоверно известно, что даже при уменьшении сопротивления изоляции ниже вышеуказанного значения, кабельная линия с малой вероятностью может выйти из строя. Возможна и обратная ситуация, когда то или иное электрооборудование может выйти из строя будучи еще относительно новым при наличии в нем дефектов, а также при неблагоприятных внешних факторах за сравнительно небольшой промежуток времени, при этом измеряемые показатели не достигли своих пороговых нормативных значений. Это вызвано особенностями протекания процесса развития самого дефекта, что не учитывается при подходе оценки технического состояния оборудования, основанном на пороговых значениях показателей. Таким образом, весьма целесообразно перейти от данного подхода к оценке технического состояния электрооборудования к оценке с помощью некоторого обобщенного показателя за некоторый период времени T .

В качестве такого показателя предлагается использовать вероятность выхода оборудования из строя (либо индекс технического состояния оборудования (ИТС)), который также позволяет упрощать процесс ранжирования электросетевого оборудования от наиболее потенциально аварийного до наименее аварийного. При этом данная вероятность должна определяться также по результатам проведенных диагностических обследований оборудования, а ее математическая модель содержать в себе те параметры (показатели), которые были получены в процессе испытаний согласно [4, 5].

Но возможны случаи, когда разные виды оборудования, имеющие примерно равные вероятности выхода из строя, могут инициировать различные ущербы от возникновения аварии. Поэтому определение только вероятности выхода из строя не является достаточным условием для принятия решения о приоритизации того или иного управляющего воздействия на него. Помимо этого, необходимо произвести оценку возможных ущербов в денежном эквиваленте, который может возникнуть при проявлении аварийного режима.

Сочетание вероятности возникновения аварийного режима P и ущерба, который был получен при его возникновении Y , образует комплексную величину – риск (R). Именно по показателю риска, как полагается, необходимо определять приоритет воздействия на оборудование электрических сетей в условиях ограниченных финансовых ресурсов.

$$R = P \times Y . \quad (1)$$

На сегодняшний день существует несколько автоматизированных систем по оценке и управлению рисками выхода из строя оборудования электрических сетей, которые в практических целях мало используются. Дело в том, что данные системы имеют ряд существенных недостатков, которые не позволяют их применять повсеместно во всех (или по крайней мере в большинстве) электросетевых организациях. Поскольку данная проблематика является крайне актуальной для рассматриваемой отрасли, Министерство энергетики РФ выявило и сформулировало основные и наиболее общие недостатки таких систем, которые должны быть устранены в самой ближайшей перспективе [3]:

- отсутствует единая методология определения вероятности выхода из строя отдельных групп оборудования и объектов электросетевого хозяйства в целом исходя из реальных данных о электрооборудовании и интенсивности его эксплуатации;

- долгосрочное планирование в сфере управления рисками выхода оборудования электрических сетей из строя проводится без учета ограничений финансовых ресурсов и прогнозов ущерба от возникающих аварий;

- отсутствует системная оценка технического состояния электрооборудования на основе данных технической диагностики, статистики дефектов и отказов с целью прогнозирования уровня износа оборудования и вероятности наступления отказов;

- не формируются возможные сценарии технических воздействий на оборудование: дальнейшая эксплуатация, проведение ремонтов, вывод из работы и замена, техническое перевооружение или реконструкция.

Учитывая все вышесказанное считаем, что проблема совершенствования систем по оценке и управлению рисками выхода из строя оборудования сельских электрических сетей является крайне актуальной.

Список использованных источников

1. Сведения о техническом состоянии электрических сетей ПАО «МРСК Сибири» [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа: http://www.mrsk-sib.ru/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=1033&Itemid=2379&lang=ru22&mod=tech_set – Загл. с экрана (дата обращения 01.04.2017).

2. МРСК Сибири. Годовой отчет 2016 [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа: http://www.mrsk-sib.ru/index.php?option=com_content&view=featured&Itemid=2527&lang=ru22 – Загл. с экрана (дата обращения 01.04.2017).

3. Россети переходят на ремонт «по состоянию» [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://digitalsubstation.com/blog/2017/01/31/rosseti-perehodyat-na-remont-po-sostoyaniyu/> – Загл. с экрана (дата обращения 01.04.2017).

4. Правила устройства электроустановок [Текст] : все действующие разделы ПУЭ-7 по состоянию на 1 января 2006 г. – 7-е изд. – Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2006. – 512 с. : ил. – ISBN 5-94087-5475.

5. Алексеев, Б. А. Объем и нормы испытаний электрооборудования [Текст] / под общ. ред. Б. А. Алексеева, Ф. Л. Когана, Л. Г. Мамиконянца. – 6-е изд., с изм. и доп. – Москва : Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 267 с.

6. Положение ОАО «РОССЕТИ» о единой технической политике в электросетевом комплексе, утвержденное 22.02.2017 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/tehpolitika.pdf> – Загл. с экрана (дата обращения 01.04.2017).

МОДЕРНИЗАЦИЯ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

Смородина А. А. – студент гр. 8Э-62, Воробьев Н. П. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Изоляция электрической проводки 0,4 кВ зданий и сооружений, которая эксплуатируется уже длительное время, постоянно подвергается внешним воздействиям, приводящих к постепенному старению. К факторам, приводящим к старению изоляции, относятся: механические повреждения, химическое воздействие агрессивных веществ, увлажнение изоляции, тепловое влияние и возникновение частичных разрядов при приложении напряжения.

В рамках научно-исследовательской работы для мониторинга состояния объекта исследования осуществляется разработка программного комплекса для определения остаточного ресурса электрической проводки. Это связано с тем, что в мире современных технологий существует необходимость постоянного улучшения качества обработки данных о техническом состоянии объектов.

Обзор уже имеющихся научных разработок, выявление и устранение их недостатков являлся задачей данного этапа исследования.

Был проведен анализ, зарегистрированных федеральным органом исполнительной власти по интеллектуальной собственности, патентов. Соответствующий теме научно-исследовательской работы - патент №2556299 «Способ определения остаточного ресурса электропроводки». [1]

В ходе рассмотрения патента №2556299 «Способ определения остаточного ресурса электропроводки» были обнаружены недостатки в обосновании учета влияющих факторов на остаточный ресурс электрической проводки.

При устранении недостатков патента необходимо не упустить из внимания тот факт, что разработка используется на территории с системой заземления типа TN, в которой для подключения рабочего и защитных проводников используется нейтраль понижающего трансформатора или генератора. При этом все электропроводящие корпуса подключают к общему нулевому проводнику, соединенному с этой нейтралью.

Для измерения полного сопротивления изоляции цепи «фаза – нуль», «фаза – фаза», «фаза – защитный проводник» в сетях до 1000 В с глухозаземленной нейтралью необходимо применять метод падения напряжения, который рекомендует ГОСТ Р 50571.16-2007. [2]

Для этого нужно измерить напряжение без нагрузки, после - с кратковременной нагрузкой. Сопротивление рассчитывается по формуле (1).

$$Z_S = \frac{U_1 - U_2}{I_R}, \quad (1)$$

где Z_S – сопротивление петли;

I_R – напряжение, измеренное при отключенной нагрузке;

U_1 – напряжение, измеренное при отключенной нагрузке;

U_2 – напряжение, измеренное при включенной нагрузке.

Обеспечить измерение полного сопротивления изоляции по данному методу может измеритель MZC-304 от компании-производителя Sonel. Измеритель MZC-304 производит замеры в линиях, без отключения источника питания и срабатывания устройства защитного отключения, так как коммутация эталонного резистора происходит через тиристорный блок на период всего лишь 10 мс. После проведенных замеров можно судить о состоянии изоляции. [3]

Ещё один фактор, оказывающий влияние на остаточный ресурс электрической проводки, это дифференциальный ток утечки на землю $I_{\Delta n}$. Номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$ – это значение отключающего дифференциального тока, при котором устройство защитного отключения срабатывает в определенных условиях. В

отечественной электротехнической практике применяется термин «уставка». Применительно к УЗО номинальный отключающий дифференциальный ток и есть уставка.

В нормативной документации регламентируется значение дифференциального тока. В соответствии с п. 7.1.83 ПУЭ «Суммарный ток утечки сети с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должен превосходить $1/3$ номинального тока УЗО». В случае, когда значение превышает $1/3$ номинального тока УЗО, необходимо определить место повреждения изоляции, путём последовательного отключения электроприёмников. [4]

Измерение дифференциального тока утечки на землю производят при помощи прибора АСТРО ИД, который предназначен для измерения тока утечки на землю в цепях переменного тока под номинальным напряжением. Для проведения замеров необходимо отключить цепь нагрузки, в том числе и нулевой рабочий проводник, далее подключить магазин сопротивлений. Схема измерения дифференциального отключающего тока УЗО представлена на рисунке 1.

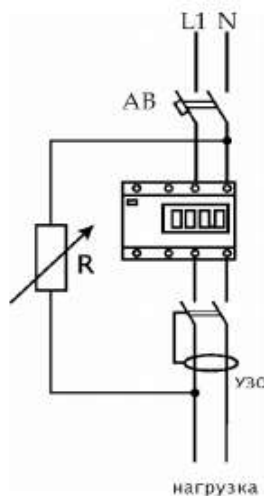


Рисунок 1 – Схема измерения дифференциального тока

При помощи уменьшения сопротивления резистора R, увеличивается дифференциальный ток, в момент срабатывания УЗО фиксируются параметры АСТРО ИД. Это значение тока является отключающим дифференциальным током для данного экземпляра УЗО, которое согласно ГОСТ Р 50807-95 должен находиться в диапазоне (0,5.. 1) ИД. Измерение дифференциального тока утечки дает возможность оценить качество электромонтажных работ, проанализировать состояние изоляции электрической проводки, а так же обнаружить дефектную цепь с недопустимо низким сопротивлением изоляции.

Необходимо контролировать полное сопротивление линии и контура, которое так же дает возможность судить о состоянии изоляции электропроводки.

В соответствии с ГОСТ Р 54127-3-2011, полное сопротивление линии и контура – это сумма полных сопротивлений контура тока, который включает в себя полное сопротивление источника, а так же полное сопротивление проводника от одного зажима источника до точки измерения и полное сопротивление обратного проводника от точки измерения до другого зажима источника.

Полное сопротивление линии и контура дает возможность оценить измеритель MI 3122, производителем которого является компания METREL. Прибор измеряет полное сопротивление контура, вычисляет ток короткого замыкания и напряжение прикосновения. Измерения проводятся в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ ИЕС 61557-3-2013. Подключение прибора при измерении полного сопротивления контура и линии представлено на рисунках 2 и 3 соответственно.

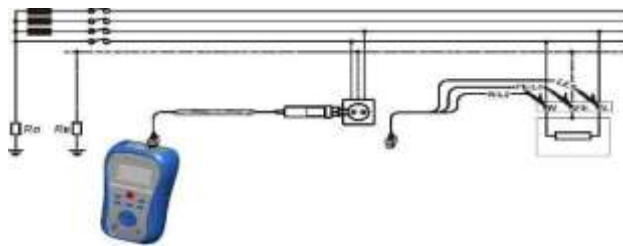


Рисунок 2 – Измерение полного сопротивления контура

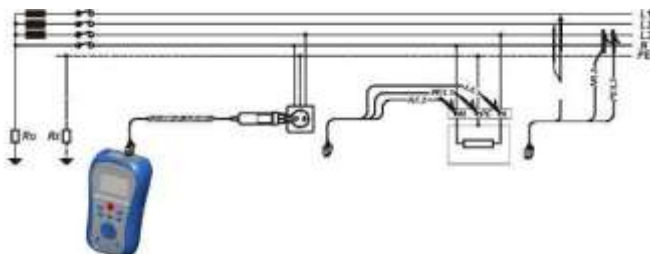


Рисунок 3 – Измерение полного сопротивления линии

Важным фактором, который оказывает влияние на остаточный ресурс электропроводки, является сопротивление заземляющих устройств. Его так же называют сопротивлением растекания электрического тока – это величина, которая прямо пропорциональна напряжению на заземляющем устройстве, и обратно пропорциональна току растекания в землю. Если сопротивление заземляющих устройств в здании не соответствует его категории, то это повышает риск электротравматизма людей и повреждения изоляции электроустановок. Проверка сопротивлений заземлителей и заземляющих устройств проводится согласно п. 1.7.101 ПУЭ. [5].

Определение сопротивления заземляющих устройств проводят при помощи измерителя MRU-200. Измерение сопротивления заземляющих устройств проводятся зимой или летом, когда сопротивление земли принимает максимальную величину и делается вывод о состоянии электрической проводки.

После проведенного анализа патента были определены некоторые проблемы и предложены способы их устранения. Полученные итоги работы по данному этапу научно-исследовательской работы будут учтены в программе на основе Scilab, результатом которой будет определение остаточного ресурса электропроводки в годах.

Список литературы

1. Пат. № 2556299 Российская Федерация, МПК G01R29/08 (2006.01). Способ определения остаточного ресурса электропроводки [Текст] / Воробьев Н.П., Воробьева С.Н., Гончаренко Г.А., Никольский О.К.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Алт. гос. техн. ун-т. им. И.И. Ползунова (АлтГТУ). – № 20141048/28; заявл. 04.02.2014; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 19. – 28 с.
2. ГОСТ Р 50571.16-2007. Электроустановки низковольтные. Часть 6. Испытания [Текст]. – Взамен ГОСТ Р 50571.16-99; введ. 27.12.07. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 32 с.
3. Измерение параметров петли «фаза-нуль» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва, [2018]. – Режим доступа: http://www.sonel.ru/ru/biblio/measurement/measurement_loop, – Загл. с экрана.
4. Правила устройства электроустановок [Текст]. – Москва: НИ ЭНАС, 2015. – 560 с. ISBN 978-5-4248-0031-3.
5. Электроизмерительная лаборатория [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва, [2018]. – Режим доступа: <http://www.sonel.ru/ru/electrical-type-laboratory/printable.php>, – Загл. с экрана.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Мигалёв И. Е. – аспирант,

Сальников А. В. – студент гр. 8Э-62, Караваев А. Г. – студент гр. 8Э-62

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

В соответствии с Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2018 – 2025 годы, перспективным направлением является индустриализация АПК, в том числе, с применением современных электротехнологий в земледелии, кормопроизводстве, животноводстве и переработке сельхозпродукции, во многих случаях связанных с использованием источников электромагнитного излучения (ЭМИ), создающими электромагнитные поля (ЭМП), иногда с существенным превышением предельно допустимых уровней. При этом опасность ЭМИ часто недооценивается, а необходимая защита применяется не всегда, несмотря на то, что соответствующие технологии обычно требуют постоянного присутствия персонала.

Целью работы явилось создание мобильной системы автоматизированного контроля и оценки опасности электромагнитных излучений, используемых в технологиях АПК, для обоснованного выбора защитных мероприятий.

В процессе испытаний технологического модуля при исследовании параметров электромагнитного поля, создаваемого источниками СВЧ-излучения, подтверждена адекватность моделирования методом конечных разностей во временной области и правомерность использования реализуемых компьютерных моделей, проверена возможность формирования точечных и цилиндрических картин опасности при раздельном и комбинированном воздействии электромагнитных излучений и подтверждено повышение степени опасности при комбинированном воздействии [1].

Аппаратная часть технологического модуля (рисунок 1) состоит из комплекса измерительных устройств, подключенных к ПК.

Автоматизация измерений и централизованная обработка данных позволяют по результатам компьютерного моделирования визуализировать пространственное распределение электромагнитного поля на частотах до 300 ГГц и сформировать картины опасности ЭМИ при раздельном и совокупном влиянии [2, 3].

Программное обеспечение включает пакеты специализированных программ для: автоматизации измерений параметров ЭМП; построения трёхмерной модели помещения с источниками ЭМИ; моделирования параметров ЭМП с применением средств моделирования openEMS и MEER; анализа результатов моделирования и построения точечных и цилиндрических картин опасности.

Программа моделирования параметров ЭМП, разработанная в составе технологического модуля, использует известные программные пакеты для выполнения расчётов методом конечных разностей во временной области: openEMS и MEER, которые являются взаимозаменяемыми. Для этого разработаны средства интеграции технологического модуля с обоими пакетами моделирования. Выходными данными моделирования являются мгновенные значения напряжённости электрического и/или магнитного полей в различных точках объёма помещения с шагом в 0,05 м. Эти данные используются для построения точечных и цилиндрических картин опасности с помощью разработанной программы.

Оценка состояния электромагнитной обстановки может производиться с помощью картин опасности в виде карты допустимого времени пребывания человека в различных зонах исследуемого пространства [4], полученных по результатам ограниченного числа измерений и моделирования электромагнитного поля с учётом возможности одновременного влияния и усиления результирующего действия нескольких источников электромагнитного излучения.

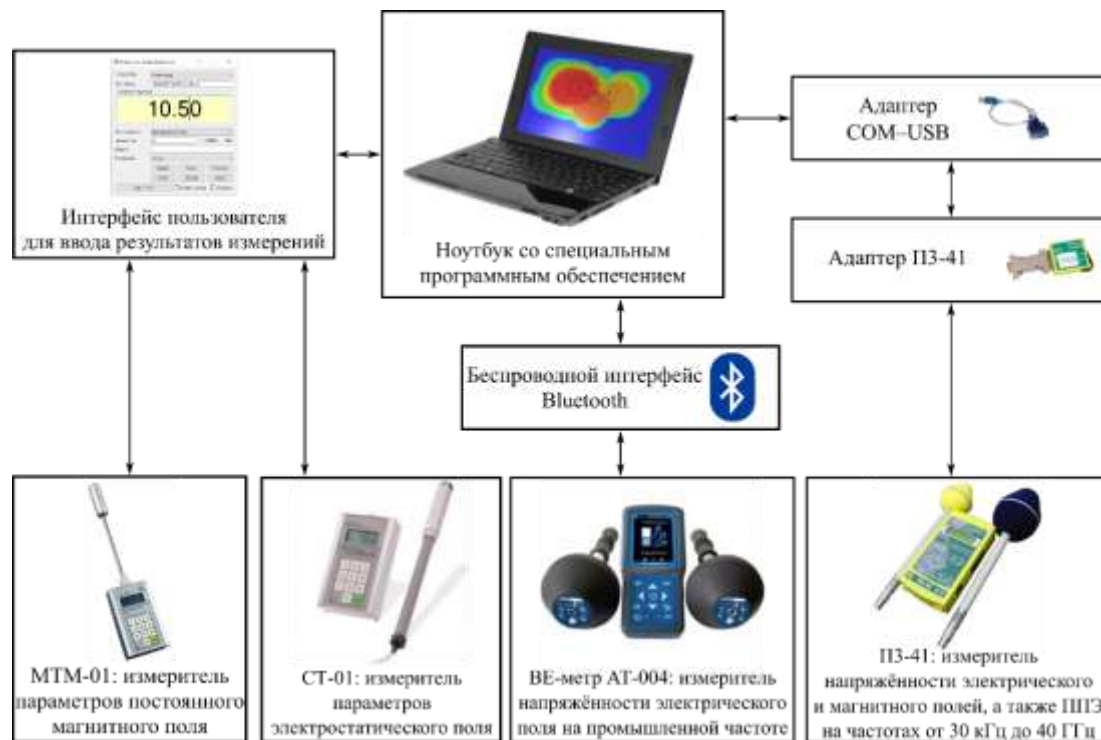


Рисунок 1 — Базовая модификация технологического модуля

Для многочастотного моделирования электромагнитного поля целесообразно использовать метод конечных разностей во временной области, позволяющий учитывать раздельное и совокупное влияние электромагнитных излучений при построении картин их опасности.

Формирование карты допустимого времени пребывания человека в различных зонах исследуемого пространства производится с использованием разработанных принципов построения точечных, цилиндрических, а также учитывающих усиление результирующего действия электромагнитных излучений комбинированных картин опасности.

Преобразование картин распределения параметров электрических, магнитных полей и плотности потока энергии, полученных в результате моделирования, в картины опасности может быть произведено по результатам выполненной систематизации методов определения допустимого времени пребывания в зоне действия электромагнитных излучений с учётом составляющих электромагнитного поля.

Техническую реализацию рассмотренных принципов оценки состояния электромагнитной обстановки представляет переносной технологический модуль, включающий взаимодействующую совокупность измерительных приборов (СТ-01, МТМ-01, ПЗ-41, ВЕ-метр-АТ-004) для контроля составляющих электромагнитного поля, объединённых с помощью аппаратных адаптеров в единую информационно-измерительную систему с выходом на персональный компьютер.

Функционирование технологического модуля обеспечивается пакетом разработанных специализированных программ по автоматизации измерений, построению трёхмерных моделей помещений с источниками электромагнитных излучений, моделированию электромагнитного поля, анализу результатов моделирования и формированию картин опасности.

Автоматизация измерений и централизованная обработка данных позволяют по результатам компьютерного моделирования оперативно визуализировать пространственное распределение электромагнитного поля на частотах 0 Гц, 50 Гц и в диапазоне 30 кГц...300 ГГц и формировать картины опасности электромагнитных излучений при раздельном и совокупном влиянии.

В процессе апробации технологического модуля подтверждена адекватность моделирования методом конечных разностей во временной области [5] с применением средств моделирования openEMS и МЕЕР и правомерность использования реализуемых компьютерных моделей, проверена возможность формирования точечных и цилиндрических картин опасности при раздельном и комбинированном воздействии электромагнитных излучений и подтверждено повышение степени опасности при комбинированном воздействии. В частности, допустимое время пребывания возле опытной СВЧ-установки в условиях воздействия электрического поля частотой 30 кГц и 2450 МГц при раздельном учёте составившее, соответственно, 30 мин и 44 мин, снижается до 21 мин за счет совокупного влияния.

Выбор мероприятий по обеспечению электромагнитной безопасности и оценка их эффективности производится по разработанной методике контроля с помощью технологического модуля.

Перспективные направления дальнейших научных разработок по данной тематике включают развитие программного обеспечения для уменьшения времени моделирования, а также оснащение технологического модуля измерительной аппаратурой повышенной точности.

Список использованных источников

1. Мигалёв, И. Е. Практическое применение метода конечных разностей во временной области к моделированию электромагнитного поля / И. Е. Мигалёв // Ползуновский вестник. — 2012. — № 4. — С. 33 – 35.
2. Сошников, А. А. Мониторинг электромагнитных излучений на объектах АПК / А. А. Сошников, Е. В. Титов, И. Е. Мигалёв // Инновации в сельском хозяйстве: теоретический и научно-практический журнал Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства. — 2016. — № 2 (17). — С. 82 – 87.
3. Сошников, А. А. Оценка опасности электромагнитных излучений в технологических процессах АПК с учетом возможности комбинированного воздействия / А. А. Сошников, Е. В. Титов, И. Е. Мигалёв // Достижения науки и техники АПК. — 2017. — № 3 (31). — С. 72 – 75.
4. Титов, Е. В. Повышение безопасности электротехнологий АПК на основе интегрированного контроля электромагнитных излучений: дис. ... канд. техн. наук / Е. В. Титов. — Барнаул, 2013. — 125 с.
5. Мигалёв, И. Е. Проверка точности моделирования электромагнитного поля методом конечных разностей / И. Е. Мигалёв, Е. В. Титов, А. В. Сальников, А. Г. Караваев // Наука и молодежь-2016: Сборник материалов XIII-ой Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. — Секция «Электроэнергетика», подсекция «Электрификация производства и быта». — Барнаул, АлтГТУ, 2016. — С. 9 – 11. URL: http://edu.secna.ru/media/f/epb_tez_2016.pdf.

ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ НЕДООТПУЩЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В МЕЖРАЙОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Богатырев А.И. – студент группы 8Э-62, Воробьев Н.П. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Межрайонные электрические сети в Алтайском крае характеризуются большой протяженностью линий, разветвленностью, дефицитом информации о режимах нагрузок. Необходимо совершенствовать методы оптимизации их параметров. При этом целесообразно применять главные показатели функционирования сетей: аварийность ЛЭП, экономичность, электротравматизм и качество электрической энергии.[1] Упомянутые

показатели наряду со средней недоотпущенной электроэнергией используются при оценке риска функционирования электрических сетей.

Произведем оценку средней недоотпущенной электроэнергии применительно к Славгородским межрайонным электрическим сетям. [2]

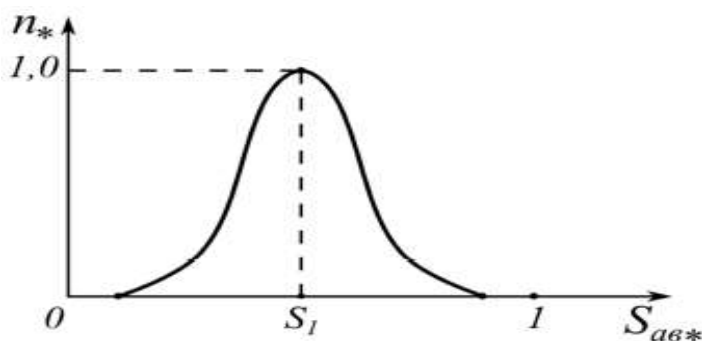
Представим, что в номинальной мощности $S_{\text{ном}}$ системы электроснабжения уже учитываются аварии, возникающие в Славгородских сетях, а значит, максимальная потребляемая мощность $S_{\text{мах}}$ этих сетей, включает в себя недопоставки аварийной мощности $S_{\text{авар}}$

$$S_{\text{ном}} = S_{\text{мах}} - S_{\text{авар}} . \quad (1)$$

Отсюда

$$S_{\text{авар}} = S_{\text{мах}} - S_{\text{ном}} , \quad (2)$$

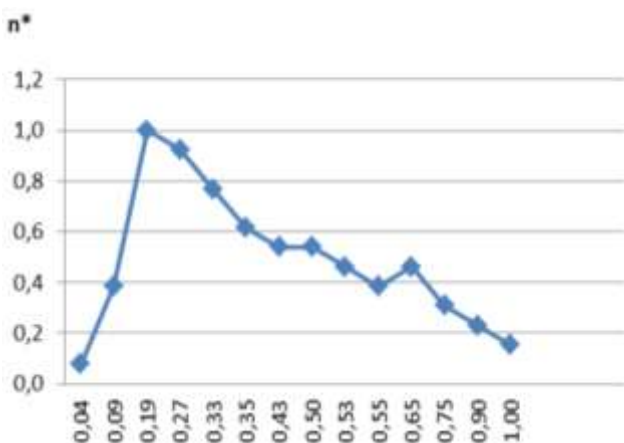
то, относительная частота аварийно недоотпущенной мощности, представляет собой примерный график (рисунок 1). [3]



$S_{\text{ав}}^* = S_{\text{ав}} / S_{\text{авмах}}$, S_1 — наиболее часто встречающееся значение мощности $S_{\text{ав}}$

Рисунок 1 - Относительная частота n^* аварийно недоотпущенной мощности $S_{\text{ав}}^*$

На основе длительности прекращения передачи электрической энергии (час) и суммарного объема фактической нагрузки (мощности, кВт) Славгородских межрайонных сетей сформирована длительность перерыва электроснабжения t^* , отн. ед. и частота длительности перерыва электроснабжения n^* , отн. ед. (рисунок 2).



n^* — относительная частота длительности перерыва электроснабжения в относительных единицах, t^* — длительность перерыва электроснабжения в относительных единицах

Рисунок 2 — Относительная частота длительности перерыва электроснабжения n^* в зависимости от относительной длительности t^* аварийного перерыва электроснабжения в Славгородских сетях

Построение графика зависимости вероятности частоты длительности перерыва электроснабжения от длительности аварийного перерыва электроснабжения приведено на рисунке 3 в Matlab.

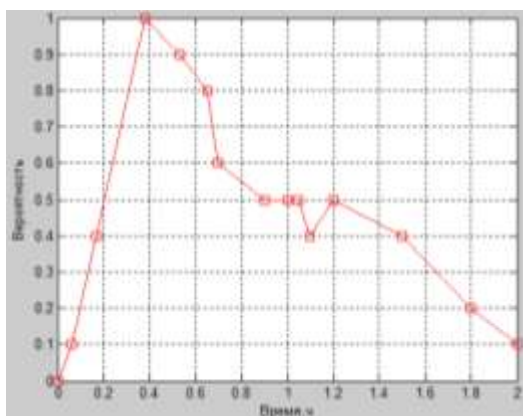


Рисунок 3 — Вероятность частоты длительности перерыва электроснабжения в зависимости от длительности аварийного перерыва электроснабжения, построенная в Matlab

Аппроксимируем график (рисунок 3), в результате получаем рисунок 4.

Рисунок 4 – Результат аппроксимации вероятности частоты длительности перерыва электроснабжения в зависимости от длительности аварийного перерыва электроснабжения

Находим коэффициенты, полученных при аппроксимации, сохраняем их в рабочее пространство Matlab, на их основе строим график вероятности частоты длительности аварийного перерыва электроснабжения в зависимости от длительности перерыва электроснабжения (рисунок 5).

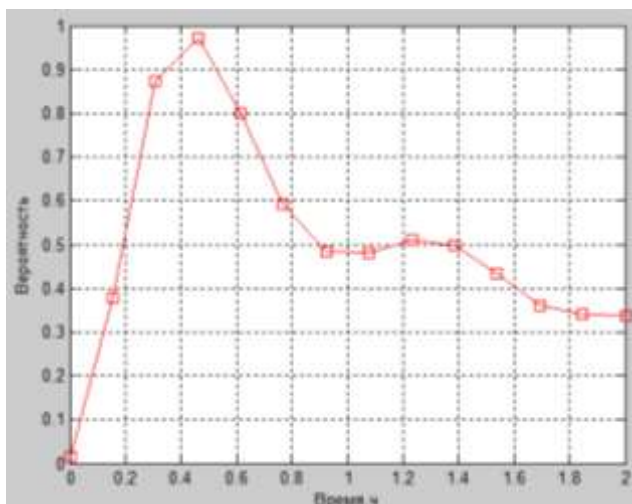
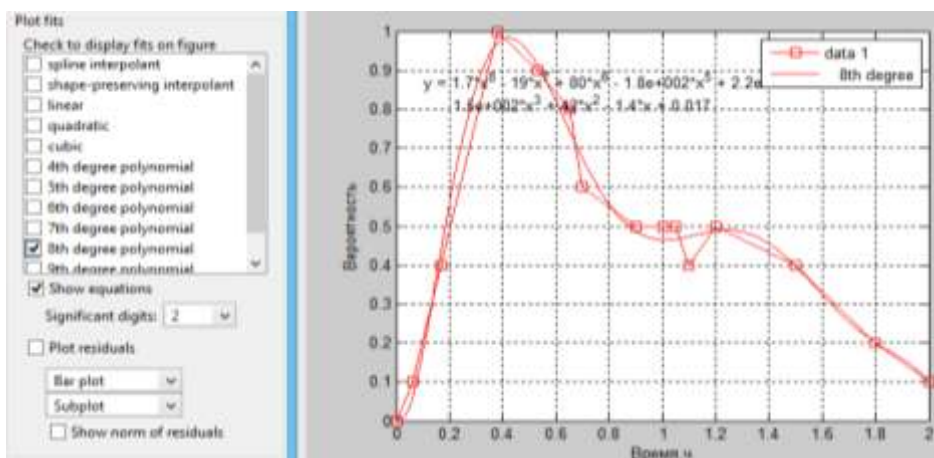
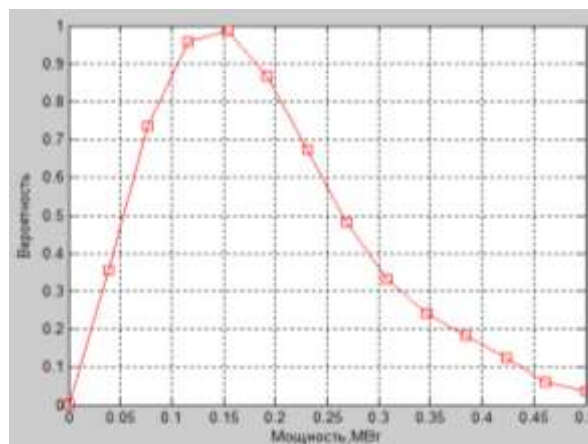


Рисунок 5 - Вероятность частоты длительности перерыва электроснабжения в зависимости от длительности аварийного перерыва электроснабжения, построенная по коэффициентам аппроксимации

Аналогично строим график вероятности частоты недоотпущенной мощности в зависимости от недоотпущенной мощности по коэффициентам аппроксимации (рисунок 6).

Рисунок 6 — Вероятность частоты недоотпущенной мощности в зависимости от недоотпущенной мощности, построенная по коэффициентам аппроксимации

Среднее значение недоотпущенной электроэнергии в Славгородских межрайонных сетях получено путем перемножения данных по рисунку 5 на данные по рисунку 6 в Matlab (рисунок 7).



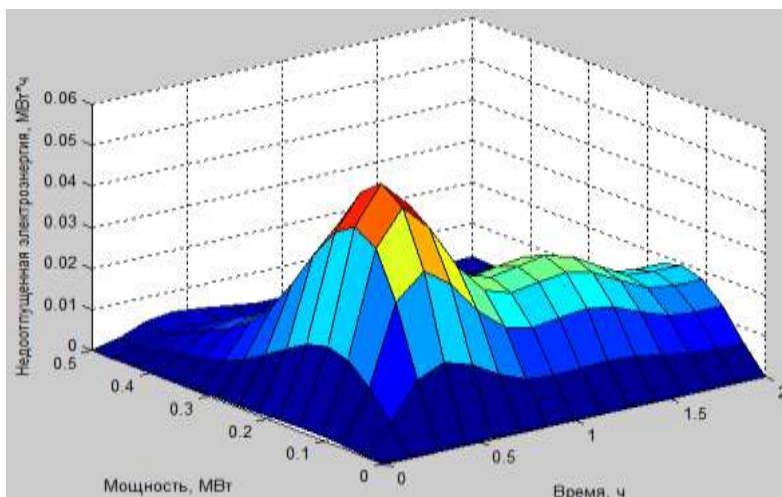


Рисунок 7 – К вычислению средней недоотпущенной электроэнергии в Славгородских межрайонных электрических сетях

Для этого поделим объем недоотпущенной электроэнергии по рисунку 7 на 15 сечений по оси времени, найдем средние значения для каждого полученного сечения, а затем вычислим среднее значение от всех 15-ти средних сечений.

В результате в «Excel» и находим их среднее значение, соответствующее значению средней недоотпущенной электроэнергии в Славгородских межрайонных сетях (0,01331 МВт*ч).

Вывод

Предложена методика оценки средней недоотпущенной электроэнергии в межрайонных электрических сетях в Алтайском крае на примере Славгородских межрайонных электрических сетей, которая может быть использована при оценке риска функционирования электрических сетей. Методика позволяет оценивать качество электроснабжения и сравнивать между собой различные межрайонные сети.

Список литературы

1. Воробьев, Н. П. Методические указания к определению риска опасной техногенной ситуации в системах сельского электроснабжения / Н.П. Воробьев, Н.И. Черкасова, А.Ф. Костюков. - Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. - 121 с.
2. Постановка задачи управления надежностью в энергосистемах [Электронный ресурс]. – Электрон. дан.[2014] – Режим доступа: <http://электротехнический-портал.рф/nadegnost-electroenergetich-sistem/159-postanovka-zadachi-upravlenya-nadegnosty.html>– Загл. с экрана.
3. Мусин, А. Х. Количественная оценка риска электроснабжения городов / А. Х. Мусин, С. А. Худорожко // Проблемы энергетики. – 2012. – № 1-2. – С. 95-101.

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Борисов И. С. – студент группы 8Э-62, Компанеец Б.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

На современном этапе развития электроэнергетики в связи с ограниченностью ископаемых топливных ресурсов все большее распространение получают различные возобновляемые источники энергии, которые имеют ряд недостатков, таких как высокая стоимость установок, ограниченность области их применения, рассеянность энергии в пространстве и, как следствие, высокую себестоимость получаемой электроэнергии, в связи с чем такие установки не способны конкурировать с традиционными источниками электроснабжения. Их применение оправдано в том случае, когда невозможно или нецелесообразно обеспечить доступ к традиционным источникам (отдаленные и малонаселенные районы, горные участки местности и так далее) где затраты на сооружение линий электропередачи будут чрезмерно высоки и не соответствуют планируемым объемам потребления электроэнергии. Но актуальность повсеместного применения таких источников

постепенно возрастает, так как продолжается тенденция роста стоимости электрической энергии для населения. Это особенно актуально для юридических лиц, так как тариф на электроэнергию для них существенно выше и при подключении к сети они оплачивают мощность присоединения.

Рассмотрим конструкцию маломощного нетрадиционного источника электроэнергии более подробно на примере ветроустановки. Применяемые конструкции ветровых электроустановок, как правило, содержат асинхронный генератор, устройства регулирования и защиты, выпрямитель, батарею аккумуляторов и инвертор. Лопасти ветрогенератора под воздействием ветра вращаются и вращают ротор асинхронного генератора переменного тока либо генератора на постоянных магнитах, которые нашли широкое применение в связи с распространением постоянных редкоземельных магнитов. В обеих конструкциях генераторов вращающееся магнитное поле, пересекая обмотки, наводит в них переменное напряжение. Переменный ток, полученный с генератора, выпрямляется по двум причинам. Во-первых, ввиду непостоянства скорости ветра, лопасти турбины генератора вращаются с переменной скоростью, и генератор вырабатывает переменный ток непостоянной частоты, использование которого недопустимо для большинства электроустановок. Во-вторых, электроэнергию выпрямленного напряжения можно накапливать на аккумуляторах, что так же компенсирует несовпадение по времени потребления и выработки электроэнергии. Большинство электроприемников рассчитаны на переменный ток напряжением 220В и частотой 50Гц, поэтому используются электронные инверторы для обеспечения возможности выдачи избыточной мощности в электрическую сеть.

В связи с тем, что внутри электроустановки происходит несколько ступеней преобразования энергии, каждое из которых сопровождается существенными потерями, снижается коэффициент полезного действия (к.п.д.) всей электроустановки, и он будет равен произведению к.п.д. каждого из элементов, входящих в неё.

Предлагается отказаться от многократного преобразования энергии в установке, за счет этого уменьшить и упростить конструкцию и снизить стоимость. Для решения этой задачи предлагается в качестве генератора применить однофазный коллекторный генератор переменного тока. Изменение типа электрической машины обосновано одним существенным отличием – частота напряжения на выходе такого генератора не будет зависеть от скорости вала первичного привода и на выходе генератора наводится напряжение той формы, какой мы подаем на обмотку возбуждения генератора. Конструктивно однофазный коллекторный генератор схож с генератором постоянного тока, обмотка возбуждения которого запитана от сети переменного тока.

Так как щетки закреплены на статоре, на котором находятся обмотки возбуждения переменного тока, то магнитное поле пульсирует относительно щеток с той же частотой, что у напряжения, подаваемого на возбуждение машины. То есть, при подаче на статор тока частотой 50 Гц, на щетках также будет возникать напряжение этой частоты. Величина этого напряжения будет зависеть от скорости вращения ротора, поэтому, при усилении ветра напряжение на выходе генератора будет возрастать, а при ослаблении – уменьшаться.

Существенный недостаток такого генератора – смещение выходного напряжения по фазе относительно напряжения, подаваемого на возбуждение машины. Этот эффект связан с тем, что синусоидальный магнитный поток изменяется по величине согласно с током возбуждения, который становится почти чисто реактивным в виду большого индуктивного сопротивления обмотки возбуждения. Как было доказано опытным путем, для устранения эффекта смещения напряжений достаточно, чтобы ток в обмотке возбуждения совпадал по фазе с напряжением, создающим его, то есть был активным. Включение конденсатора последовательно с обмоткой возбуждения генератора позволяет не только синхронизировать напряжения на выходе и входе генератора, но также компенсировать реактивную мощность, потребляемую генератором и снизить потери в нем и питающей сети.

При изменении скорости вращения ротора генератора пропорционально изменяется скорость движения обмоток в магнитном поле. По закону электромагнитной индукции,

электродвижущая сила, наводимая в проводящем контуре, перемещающемся в магнитном поле, прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока. Поэтому, при уменьшении силы, вращающей ротор генератора и, соответственно, уменьшении скорости вращения ротора, необходимо увеличивать ток возбуждения машины, что приведет к возрастанию скорости изменения магнитного потока и увеличению э.д.с. генератора. При увеличении скорости ветра нужно ослаблять магнитное поле машины, чтобы оставить напряжение на выходе генератора неизменным по амплитуде.

На данный момент разработаны два различных метода регулирования возбуждения. Первый из них - использовать устройство регулирования возбуждения, которое изменяет количество витков обмотки возбуждения. Так же, как в трансформаторе, при переключении отпаяк напряжение питания возбуждения подается на различное количество витков катушки, от чего изменяется величина создаваемого магнитного потока. Переключение отпаяк производится при помощи твердотельных реле на основе симисторов, управляемых микропроцессором, на который подаются сигналы от устройств, измеряющих скорость вращения ротора и напряжения сети. Схема включения первого метода показана на рисунке 1, а.

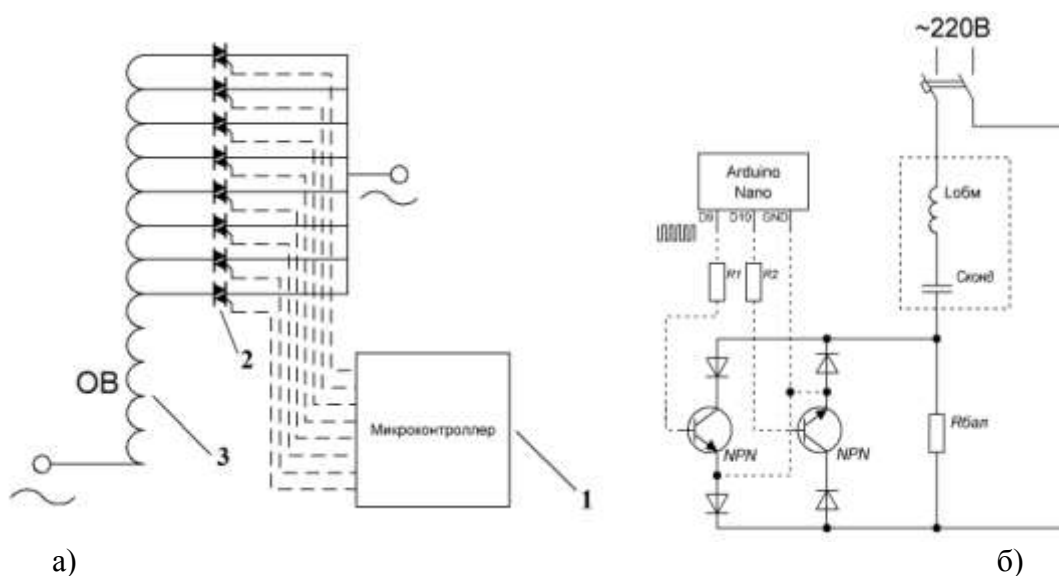


Рисунок 1 – Схемы регулирования магнитного потока генератора

возбуждения и выходе генератора.

Второй метод регулирования магнитного потока генератора – использование широтно-импульсной модуляции (ШИМ) переменного тока. Сущность метода заключается в использовании биполярных транзисторов, работающих в ключевом режиме в силовой цепи обмотки возбуждения. Принципиальная схема включения транзисторов по второму методу показана на рисунке 1, б.

Последовательно с обмоткой возбуждения и конденсатором включается балластное активное сопротивление (например, обогрев оборудования) для создания дополнительного падения напряжения в питающей сети. Параллельно с балластной нагрузкой включены два NPN-транзистора, предназначенные для шунтирования балласта с регулируемой скважностью ШИМ. В зависимости от скважности сигнала, подаваемого контроллером на базы транзисторов, балластная нагрузка создает падение напряжения в цепи от 0В в случае полностью открытых транзисторов до полного падения напряжения на балласте при последовательном подключении с обмоткой возбуждения. При этом напряжение на обмотке возбуждения принимает вид синусоиды с уменьшенной амплитудой, причем действующее напряжение на обмотке возбуждения может регулироваться в диапазоне от падения при последовательном включении с балластной нагрузкой до полного напряжения сети. То есть, в зависимости от отношения сопротивлений обмотки возбуждения и балласта регулирование напряжения может осуществляться в широких диапазонах, что достаточно для управления

возбуждением ветрогенератора. Достоинства данного метода заключаются в отсутствии искажения формы напряжения сети без дополнительного ее преобразования; простоте и дешевизне схемы управления; установке регулирующей схемы без усложнения обмотки генератора.

При использовании генераторов описанных типов получится ветроэлектростанция, которая может питать нагрузку электроэнергией с необходимыми параметрами, не нуждаясь в выпрямлении тока и последующем его преобразовании. Поэтому для использования такого источника возобновляемой энергии не нужны выпрямители, аккумуляторные батареи и инверторы, следовательно, такая конструкция будет существенно дешевле, занимать заметно меньше места и его к.п.д. при этом должен быть выше.

Также коллекторный генератор с описанными устройствами регулирования напряжения может быть использован для выработки электроэнергии из других источников, у которых скорость вращения вала генератора непостоянна, например, для микро-ГЭС [1]. Таким образом, обеспечивается постоянство частоты и напряжения на выходе генератора микро-ГЭС, даже при отсутствии гидротехнических сооружений, предназначенных для стабилизации скорости водного потока и уровня воды. Благодаря этому, возможно использование данной конструкции для универсальных микро-ГЭС и пико-ГЭС, которые можно установить на реки с любой скоростью течения. Кроме того, изменение уровня воды в результате паводков, дождей или других факторов, не влияет на частоту и напряжение получаемой электроэнергии.

Список использованных источников

1. Пат. 2637305 Российская Федерация, МПК H02K 27/28, H02P 9/14, H02P 9/30. Электростанция для микро-ГЭС [Текст] / Б. С. Компанец, И. С. Борисов (РФ) ; патентообладатель Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова" (АлтГТУ) (RU) ; заявл. 20.06.2016 ; опубл. 04.12.2017, Бюл. № 34. – 1 с. : ил.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТА И МЕСТА ПРИСОЕДИНЕНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Казымов И. М. – студент группы 8Э-62, Компанец Б. С. – к. т. н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Неучтённое (самовольное) технологическое подключение физических или юридических лиц к распределительной сети низкого напряжения неизбежно приводит к безучётному и бездоговорному потреблению электрической энергии, иначе – хищению, что, в свою очередь, увеличивает величину общих потерь в сети. Так как эти потери относятся к коммерческим, то их можно существенно снизить применением различных организационных мер, не имеющих отношения к технической составляющей электроснабжения участка. В данной работе описываются способы выделения коммерческих потерь из общей массы в наиболее распространённых конфигурациях распределительных сетей бытового сектора.

Борьба с «коммерческими» потерями (потреблённая, но не оплаченная электроэнергия) в распределительных сетях является одним из важнейших направлений работы по повышению эффективности и рентабельности электросетевого комплекса. Для оценки актуальности данной проблемы был проведён анализ состояния данной проблемы в компаниях группы "Россети". В целом в 2014 году ущерб электросетевых компаний группы «Россети» составил почти 5 млрд. руб. При этом доля возмещённых потерь колеблется, но в основном составляет менее 20%. В частности по "МРСК Сибири" доля возмещённого ущерба составляет 16,2%.

Так же самовольное технологическое подключение к сети является одним из факторов риска нарушения электроснабжения, так как такие подключения по большей части выполняются без соблюдения утверждённых в этой области правил и норм, повышает риск

возникновения нарушений работы сети, а также может быть причиной аварии или ухудшения показателей качества электроэнергии, к примеру, выход отклонения напряжения за установленные ГОСТ 32144-2013 рамки. Очевидно, что своевременное выявление и устранение самовольных подключений снизит издержки электросетевых компаний, повысит надёжность сети, а так же благоприятно скажется на уровне потерь, что в условиях требований к постоянному их снижению является очень актуальной темой.

Для проверки сети на наличие рассматриваемых подключений необходимо, чтобы учёт в данной сети осуществлялся по системе АИИСКУЭ, для возможности передачи показаний с каждого из приборов учёта на анализ в единый центр обработки данных. Количество необходимых приборов учёта для полной оценки наличия неучтённых технологических подключений к сети разнится в зависимости от её конфигурации, что будет рассмотрено ниже, однако в общем случае точность анализа повышается при увеличении используемых в нём приборов учёта. Сеть может быть рассмотрена полностью, а так же для анализа может быть взята отдельный её фрагмент. Так же может быть организован интервальный контроль за сетью, когда передача показаний на проверку происходит автоматизировано с заданной периодичностью, что позволит увеличить точность обработки путём увеличения количества итерации и исключить решающее влияние погрешностей при измерении или других случайных событий в сети, которые могут повлиять на результат.

Требования к снятым показаниям:

- одновременность измерения параметров сети;
- полнота данных;
- нахождение погрешности измерений в установленных рамках.

Задание сети производится по участкам (ветвям). В общем случае участком называется часть сети или её фрагмента, заключённая между двумя приборами учёта и не имеющая ветвлений на всём протяжении.

Параметры участка, необходимые для полного его задания:

- марка и сечение провода, которым выполнен этот участок;
- данные о сопротивлении проводника (активного и реактивного);
- длина участка;
- показания приборов учёта, установленных в начале (конце) участка.

О наличии в рассматриваемой электрической сети незаконных подключений говорит факт небаланса электроэнергии, «отпущенной» потребителям с питающей подстанции, и суммой потреблённой электроэнергии. Однако такой метод обладает весьма низкой точностью, поскольку отсутствует возможность выделить технологические потери, зависящие от уровня нагрузки ввиду нелинейной зависимости потерь от передаваемой мощности. В связи с этим, возникает необходимость в определении дополнительных параметров – величины протекающего через прибор учёта тока, напряжения в месте его подключения и активной мощности, потребляемой через него. Разница между величиной силы тока в отходящей линии и суммой токов у потребителей возникает вследствие наличия токов утечки на землю через повреждённые изолятор (в данной работе не рассматривается) и/или неучтённого потребления электроэнергии. Важным моментом является тот факт, что подразумевается разница между силой тока, отдаваемого подстанцией и геометрической суммой токов потребителей. Применение геометрической суммы обосновано тем, что коэффициент мощности каждого потребителя в общем случае индивидуален. Так как в сетях низкого напряжения существованием токов утечки на землю можно пренебречь, факт превышения разницей отдаваемых и потребляемых токов, за вычетом тока утечки, суммарной погрешности приборов является свидетельством неучтённого потребления электроэнергии на участке.

Использование небаланса токов в качестве критерия наличия в сети неучтённых подключений позволяет с большой долей вероятности определять «подозрительные» сети и усиленно их изучать, а так же снижает количество ошибок при проведении анализа сети.

Определение места неучтённого технологического подключения осуществляется на основе данных о падении напряжения на участках сети. Зная конфигурацию сети, а также показания приборов учёта на подстанции и у потребителей, можно определить дополнительное падение напряжения ΔU_d и ток небаланса ΔI . При помощи полученных данных определяется расстояние Δl от начала участка (началом участка считается его край со стороны питающей подстанции) до точки незаконного подключения.

Наиболее удобным способом представления конфигурации сети является таблица, примером такой таблицы является таблица 1.

Таблица 1 – Пример таблицы с исходными данными

№ участка	Марка провода	Сечение провода, мм ²	Длина, км	R участка, Ом	X участка, Ом	Напряжение нач., В	Напряжение кон., В	Ток, А	Мощность Р, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	АС-70/11	79,3	100	0,0306	0,04	230	-	150	27,6
1.1	АС-70/11	79,3	100	0,0306	0,04	-	220	130	22,88

В общем случае, имея в сети N участков ($N > 1$), необходимо определить участки, падения напряжения ΔU_d на которых превышают установленную величину. В идеальном случае порог этой величины должен составлять 0, однако необходимо учитывать местные условия (например, наличие соединений провода на участке, что приводит к увеличенному падению напряжения на нём из-за увеличения сопротивления проводника) и устанавливать порог, который бы отсекал ошибочное определение наличия на этом участке самовольного подключения.

В том случае, если в схеме находится несколько участков, содержащих точки неучтённого потребления или участки с увеличенным сопротивлением, становится невозможным однозначно определить утечку при использовании методики для общего случая. Поэтому точность расчёта снижается до уровня определения участка с неучтённым технологическим присоединением к сети без получения данных о токе, протекающем через это подключение и о его конкретном месте. Такое снижение точности оправдано, поскольку протяжённость участков в рассматриваемых сетях в основном не превышает ста метров, что позволяет в краткие сроки произвести визуальный осмотр и обнаружить место незаконного подключения на основе данных, полученных в результате расчёта.

Однако очень часто в реальных сетях применяется не сложно-разветвлённая схема, а схема с определённой конфигурацией, когда, например, сеть является магистральной с подключением каждого потребителя к магистрали в точке, обеспеченной прибором учёта, или разветвлённой, но с наличием прибора учёта в каждой из точек ветвления сети. В случае анализа такой сети становится возможным найти точный результат практически в любой ситуации.

Применение СИП, которые не позволяют простыми способами присоединиться к сети вне предусмотренных для этого мест накладывает свои ограничения на нахождение точек самовольного подключения, зачастую снижая круг поисков до непосредственной близости к установленному прибору учёта. Применение специальной методики для сетей с применением СИП так же позволяет наиболее точно определить место неучтённого технологического подключения.

Ввиду того, что СИП набирает всё большее распространение в настоящее время, стали появляться сети с магистральной конфигурацией, выполненные с применением СИП. Использование особенностей этой сети позволило создать методику, позволяющую не только точно определить место подключения и величину неучтённого тока через него, но так же и просигнализировать о наличии в исходных данных ошибки при задании одного или

нескольких участков в сети, что, в свою очередь, позволит не только выявлять нарушения, связанные с неправомерным технологическим присоединением к сети, но и обнаруживать приборы учёта, стабильно отправляющие на обработку искажённые данные о параметрах электрической сети в точке их установки.

На данном этапе разработано и протестировано четыре различных программы для ЭВМ, предназначенных для расчёта определённых конфигураций сетей:

- сложная разветвлённая сеть общего случая;
- магистральная сеть (сеть с ветвлениями в точке, обеспеченной учётом);
- сеть с применением СИП (конкретная конфигурация не имеет значения);
- магистральная сеть, выполненная с применением СИП.

Таким образом, применение узкоспециализированной методички и автоматизация процесса расчёта таких систем уравнений позволяет получить точный результат (погрешность менее 0,5%) за разумное время (время расчёта сети, подобной представленной на рисунке 2 занимает не более тысячных долей секунды).

В дальнейшем планируется разработка программного обеспечения для определения в сети участков с увеличенным сопротивлением, а так же практические испытания на базе электрических сетей низкого напряжения филиала МРСК Сибири АО «Алтайэнерго».

Список использованных источников

1. Казымов, И. М. Методика определения места незаконных подключений в магистральных распределительных сетях низкого напряжения [Текст] / И. М. Казымов, Б. С. Компанец // Горизонты образования. – 2017, №19 – с. 17 – 20.
2. Казымов, И. М. Математическая модель методики определения незаконных подключений в распределительной сети [Текст] / И. М. Казымов, Б. С. Компанец // Горизонты образования. – 2016, №18 – с. 32 –34.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕТЕВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В СФЕРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ

Мельников В. А. – студент гр. 8Э-62, Куликова Л. В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

В условиях постоянно роста спроса на технологическое присоединение энергопринимающих устройств к электрическим сетям вопрос регулирования деятельности сетевых организаций в данной сфере приобретает особую актуальность.

В данной работе рассмотрены принципы регулирования деятельности сетевых организаций в области технологического присоединения энергопринимающих устройств к электрическим сетям, а также подходы к видению регулируемыми органами данной сферы деятельности сетевых организаций, в том числе и в Российской Федерации.

Современные подходы регулирования деятельности сетевых организаций в сфере технологического присоединения энергопринимающих устройств к электрическим сетям направлены на наиболее эффективное функционирование сетевых организаций и опираются на два основных принципа:

- а) политика государственного регулирования естественно-монопольных отраслей должна основываться на создании для субъектов естественных монополий условий, максимально приближенных к конкурентным, что в результате позволит стимулировать сетевые организации к оптимизации своих инвестиционных программ, сокращению издержек и повышению эффективности использования (загрузки) объектов инфраструктуры;
- б) необходимость уменьшения рисков нарушения прав интересов поставщиков или потребителей услуг, имеющихся на естественно-монопольных рынках. Основным методом для выявления подобных нарушений, используемым регулируемыми органами, является

сравнительный анализ всех видов деятельности субъектов естественно-монопольных рынков с аналогичными взаимоотношениями хозяйствующих субъектов на конкурентных рынках.



Рисунок 1 – Виды нарушения прав в сфере технологического присоединения к электрическим сетям

При регулировании деятельности сетевых организаций в сфере технологического присоединения к электрическим сетям следует обращать внимание на два основных вида нарушений прав, которые представлены на рисунке 1.

Так, нарушение прав потребителей заключается в

первую очередь в наличии платы за технологическое присоединение, а именно в безвозмездном финансировании потребителем инфраструктуры сетевой организации, связанной с оказанием услуг по передаче электрической энергии, при отсутствии каких-либо прав на финансируемые им объекты электросетевого хозяйства.

В условиях конкурентных рынков такое безвозмездное финансирование какой-либо сетевой организации невозможно.

В свою очередь нарушение прав сетевых организаций заключается в обязанности последних предоставлять недискриминационный доступ к электрическим сетям всем потребителям, запрашивающим технологическое присоединение, даже когда целесообразность и окупаемость такого технологического присоединения вызывает сомнения. Так, в случае, если заявитель, для подключения которого сетевая организация произвела масштабную реконструкцию (строительство) объектов электросетевого хозяйства, откажется от дальнейшего использования своих энергопринимающих устройств, возрастут риски, связанные с ущемлением прав других подключенных потребителей электроэнергии по причине роста тарифов на услуги по передаче электрической энергии, обоснованного необходимостью последующего содержания неостребованных объектов электросетевого хозяйства.

С целью снижения неблагоприятных последствий данного нарушения прав регулирующие органы применяют следующие меры:

- обязательное заключение заявителем договора на передачу электрической энергии с момента выполнения сетевой организацией мероприятий по технологическому присоединению. При этом размер платы за передачу электроэнергии должен определяться на основе присоединенной, а не фактически используемой мощности;

- значительные штрафы, взимаемые с потребителя в пользу сетевой организации, в случае расторжения договора на передачу электрической энергии в размере, компенсирующем расходы сетевой организации на подключение потребителя и содержание соответствующей инфраструктуры;

- развитие местных рынков купли-продажи присоединенной мощности между потребителями, где потребители с избыточной присоединенной мощностью, обязанные компенсировать сетевой организации расходы на ее содержание (плата за присоединенную мощность), могут перераспределить избыточную мощность без ущерба для интересов сетевых организаций и потребителей.

Кроме того, следует отметить, что регулирование деятельности сетевых организаций в сфере технологического присоединения в различных странах осуществляется по-разному с учетом индивидуальных особенностей. Однако можно выделить несколько основных подходов к видению регулируемыми органами деятельности сетевых организаций в сфере технологического присоединения к электрическим сетям.

В мировой практике существует два основных подхода к видению регулируемыми органами деятельности сетевых организаций в сфере технологического присоединения к электрическим сетям (рисунок 2).



Рисунок 2 – Подходы к видению регулируемыми органами деятельности сетевых организаций в сфере технологического присоединения к электрическим сетям

Так, в первом подходе регулирующий орган рассматривает технологическое присоединение энергопринимающих устройств к электрическим сетям как отдельный вид деятельности (наравне с передачей и распределением электроэнергии).

В этом случае услуги по технологическому присоединению к электрическим сетям оказываются потребителю за определенную плату, компенсирующую все расходы сетевой организации, необходимые для выполнения мероприятий по технологическому присоединению. Недостаток данного подхода заключается в том, что заявитель безвозмездно финансирует развитие инфраструктуры сетевой организации, не имея никаких прав на финансируемые им объекты электросетевого хозяйства. При этом сетевая организация получает необоснованное преимущество перед конкурирующими организациями (другими сетевыми организациями).

При применении второго подхода регулирующий орган не рассматривает технологическое присоединение энергопринимающих устройств к электрическим сетям как отдельный вид деятельности (основные виды деятельности сетевой организации – передача и распределение электроэнергии). То есть технологическое присоединение энергопринимающих устройств к электрической сети осуществляется без взимания платы, либо за минимальную плату («плата за чернила»), включающую расходы на составление документации и действия по подключению энергопринимающих устройств заявителя, из-за чего сетевая организация должна самостоятельно искать источники финансирования для развития своей инфраструктуры, необходимой для осуществления технологического присоединения заявителей.

В таком случае окупаемость расходов на технологическое присоединение, связанных с развитием инфраструктуры сетевых организаций, производится за счет оказания услуг по передаче и распределению электроэнергии.

Недостаток данного подхода видения регулируемыми органами деятельности сетевых организаций в сфере технологического присоединения заключается в том, что заявитель имеет возможность подключить избыточную мощность, которую он не будет использовать в полном объеме. В этом случае сетевая организация не сможет полностью окупить инвестиции на строительство объектов электросетевого хозяйства и расходы на содержание электрических сетей [1].

В Российской Федерации регулируемыми органами используется первый подход регулирования деятельности сетевых организаций в сфере технологического присоединения к электрическим сетям, то есть оказание услуг по технологическому присоединению к электрическим сетям рассматривается как отдельный вид деятельности наравне с услугами по передаче и распределению электроэнергии и осуществляется за определенную плату, компенсирующую расходы сетевой организации, в том числе и на строительство объектов электросетевого хозяйства.

Однако для заявителей, подключающих энергопринимающие устройства мощностью не более 150 кВт включительно, применяется другой подход регулирования (начиная с 1 октября 2017 г.): заявитель осуществляет плату только за составление документации и

действия по подключению («плата за чернила») [2, 3], а строительство объектов электросетевого хозяйства производится за счет средств сетевой организации.

Таким образом, регулирующие органы могут рассматривать деятельность сетевых организаций в сфере технологического присоединения как отдельный вид деятельности, так и сопутствующий основным видам – передаче и распределению электроэнергии, но при всем при этом регулирование деятельности сетевых организаций направлено на оптимизацию их инвестиционных программ, сокращение издержек, повышение эффективности использования (загрузки) объектов инфраструктуры и снижение рисков нарушения прав интересов поставщиков и потребителей услуг.

Список использованных источников

1. Репетюк, С. В. Регулирование деятельности по технологическому присоединению потребителей к электрическим сетям: российский и мировой опыт [Текст] / С. В. Репетюк, О. О. Мозговая, Б. И. Файн // Экономическая политика. - 2016. - № 1. - С. 61-78.
2. О внесении изменений в основы ценообразования в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике [Электронный ресурс] / постановление Правительства Российской Федерации от 29.10.2014 г. №1116 - Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_170421, свободный - Загл. с экрана.
3. О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике [Электронный ресурс] / постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2011 г. №1178 - Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125116, свободный - Загл. с экрана.

ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Нурбатырова Л.Н. – студент гр. 8Э-62, Куликова Л. В.- д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им.И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Потери электроэнергии в электрических сетях и оборудовании вычисляются путем вычитания всей отпущенной электроэнергии из всей поступившей электроэнергии в сеть электроустановки, подстанции, группы подстанций, региона и т.д., определяемой по данным системы учета электроэнергии.

Для анализа, нормирования и удобства расчета фактические потери можно разделить на три категории:

1) Технические потери – потери, возникающие в процессе передачи электроэнергии, в элементах электрической сети, вследствие происходящих в них физических процессов, необходимых для передачи электроэнергии.

2) Расход на собственные нужды подстанций – электроэнергия, потребляемая вспомогательным оборудованием, которое поддерживает работу основного оборудования процесса выработки, преобразования и распределения электрической энергии, а также расходуемая для поддержания нормальных условий жизнедеятельности обслуживающего персонала подстанций.

3) Потери электроэнергии, возникающие в связи с наличием погрешности при выполнении измерений, которая выражается как суммарный небаланс электроэнергии, зависящий от технических характеристик, режимов работы измерительных комплексов учета принятой и отпущенной электроэнергии [2].

Нагрузочные потери электроэнергии

Нагрузочными потерями электроэнергии называются потери в электрооборудовании и на линиях электропередач, а также на иных элементах электрической сети, которые зависят от величины нагрузки.

В составе нагрузочных потерь электроэнергии основные элементы:

- провода ЛЭП, силовые автотрансформаторы и трансформаторы.

В зависимости от полученной информации о схемах сетей и о нагрузках возможно применение пяти методов расчета нагрузочных потерь:

- использование оперативных расчетов;
- применение расчетных суток;
- использование средних нагрузок;
- учет количества часов с наибольшими потерями мощности;
- оценка потерь по суммарной информации о схемах и нагрузках сети.

Все описанные методы приведены в «Методике расчета технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям в базовом периоде», которая описана в Приложении 1 к Инструкции по организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям [2].

Условно-постоянные потери электроэнергии

К условно-постоянным потерям электроэнергии относятся потери, возникающие в подключенном к сети оборудовании при нормальной его эксплуатации.

К условно-постоянным потерям электроэнергии относятся [3]:

- в силовом оборудовании сети – это потери холостого хода (в трансформаторах, автотрансформаторах, дугогасящих реакторах);
- потери в регулируемых устройствах компенсации реактивной мощности;
- потери на оборудовании, которое имеет постоянные параметры, имеющие постоянное значение при различной нагрузке в электрической сети. К ним относятся нерегулируемые компенсирующие устройства, разрядники вентильные (РВ), ограничители перенапряжений (ОПН), измерительные трансформаторы напряжения (ТН), в том числе их вторичные цепи, а также устройства присоединения ВЧ-связи (УПВЧ), электрические счетчики 0,22–0,66 кВ и изоляция силовых кабелей [2].

Климатические потери электроэнергии

Потери, которые обусловлены погодными условиями называются климатическими потерями электроэнергии. Их следует учитывать для линий электропередач с напряжением 110кВ и выше для потерь на корону и от 6кВ для потерь от токов утечки по изоляторам.

Климатические потери электроэнергии включают в себя [3]:

- в воздушных ЛЭП 110кВ и выше – потери на корону;
- по изоляторам воздушных ЛЭП – потери от токов утечки;
- затраты электрической энергии на плавку гололеда.

Перечисленные потери вычисляют на основании данных об удельных потерях мощности [3].

Собственные нужды подстанций

Расходование электрической энергии на собственные нужды подстанции идет на питание вспомогательного оборудования, поддерживающего бесперебойную работу основного оборудования, обеспечивающего процессы выработки электроэнергии, ее преобразования и распределения.

Состав потребителей собственных нужд

- оборудование систем охлаждения силовых трансформаторов и электродвигатели вентиляторов;
- освещение, обогрев и вентиляция помещений (ЗРУ ОВБ, ОПУ, компрессорной, аккумуляторной, зданий вспомогательных устройств синхронных компенсаторов)
- освещение территории подстанции;
- прочие устройства: дренажные насосные, РПН, дистилляторы, мелкие станки и приспособления и др.

Потери электроэнергии от погрешности учета

Величину потерь электрической энергии от погрешности учета вычисляют методом расчета, основываясь на данных метрологических характеристик и режимов работы приборов учета, таких как счетчики электроэнергии, трансформаторы тока и напряжения.

В случае отсутствия таких данных потери электрической энергии, вызванные погрешностями систем учета энергии, определяют на основании данных о классах точности элементов измерительных комплексов (трансформаторы тока и напряжения, счетчики электрической энергии). [3].

Электрическая энергия, передаваемая по электрическим сетям, для своего перемещения расходует часть собственной энергии. Часть выработанной электроэнергии расходуется в электрических сетях на создание электрических и магнитных полей и является необходимым технологическим расходом на ее передачу. Для выявления очагов максимальных потерь, а также проведения необходимых мероприятий по их снижению необходимо проанализировать структурные составляющие потерь электроэнергии. Наибольшее значение в настоящее время имеют технические потери, т.к. именно они являются основой для расчета планируемых нормативов потерь электроэнергии.

Список использованных источников

- 1 ГОСТ 7746-2015 Трансформаторы тока. Общие технические условия – Москва: Стандартинформ. 2016
- 2 Инструкция по организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям [электронный ресурс] – Справочно-правовая система Гарант
- 3 Правила устройства электроустановок (ПУЭ) (6-е издание) [электронный ресурс] – Справочно-правовая система Гарант