

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В СИСТЕМАХ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Большаков А.С. – студент, Воробьева С.Н. – инженер, Воробьев Н.П. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Системы сельского электроснабжения (ССЭ) представляют собой большие системы. Они характеризуются большой протяженностью линий, разветвленностью, дефицитом информации о режимах нагрузок [1]. Даже небольшой выигрыш для сети одной районной подстанции в масштабах страны даст значительный экономический эффект. Для повышения экономического эффекта от оптимизации параметров ССЭ необходимо совершенствовать методы выбора лучшего варианта сети. При этом целесообразно применять главные показатели функционирования ССЭ: надежность, экономичность, безопасность, состояние нормативной базы, качество электроэнергии, пожароопасность ССЭ, электропатологию животных и производить минимизацию рисков.

В результате анализа одной из работ в области оценки рисков в системах электроснабжения [2] нами выявлены следующие недостатки изложенной в ней методики количественной оценки риска электроснабжения, а именно, описанные в ней вычисления чрезвычайно трудоемки, занимают много времени и сил и для реальных систем электроснабжения практически не реализуемы. Упомянутая работа к тому же посвящена оценке рисков электроснабжения городов, а работ по оценке рисков в системах сельского электроснабжения нами не выявлено.

С целью решения упомянутых проблем на основе [2] нами получены графики вероятностной частоты длительности аварийного перерыва электроснабжения и вероятностной частоты средней недоотпущенной мощности (рисунок 1 и рисунок 2).

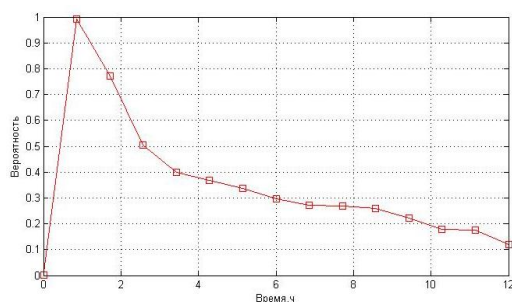


Рисунок 1 — Вероятностная частота длительности аварийного перерыва электроснабжения, построенная по коэффициентам аппроксимации

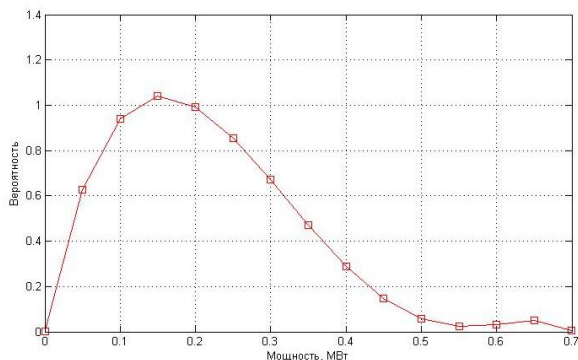


Рисунок 2 — Вероятностная частота средней недоотпущенной мощности, построенная по коэффициентам аппроксимации

Вероятностная недоотпущенная электроэнергия в ССЭ может быть получена путем перемножения данных по рисунку 1 на данные по рисунку 2 в Matlab (рисунок 3).

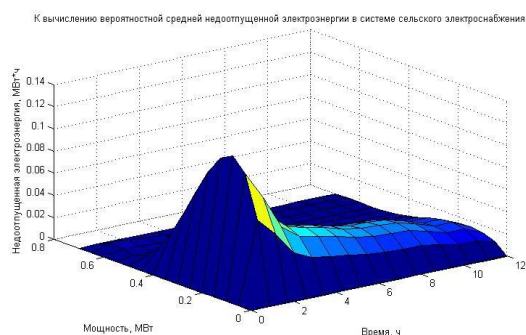


Рисунок 3 — К вычислению вероятностной средней недоотпущенной электроэнергии в ССЭ

Найдем среднее значение недоотпущенной электроэнергии в ССЭ по рисунку 3. Для этого поделим объем недоотпущенной электроэнергии в ССЭ по рисунку 3 на 15 сечений по оси времени, найдем средние значения для каждого полученного сечения, а затем вычислим среднее значение от всех 15-ти средних сечений. Для этого по рисунку 4 находим среднее значение («mean») для каждой из 15-ти кривых (рисунок 5).

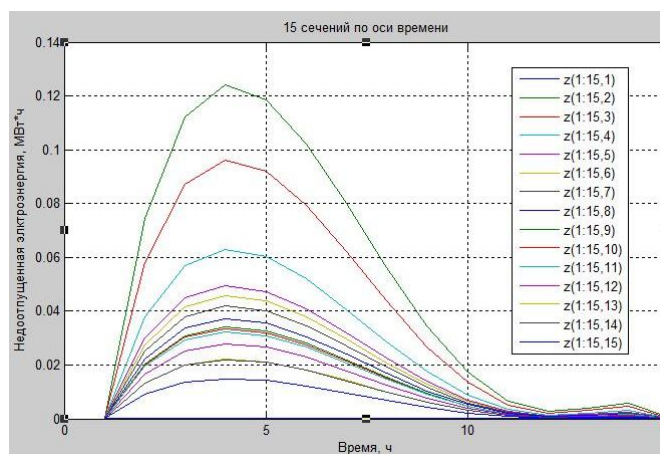


Рисунок 4 — 15 сечений по оси времени по рисунку 3

Переносим полученные средние значения для каждой из 15-ти кривых в «Excel» и находим их среднее значение (рисунок 5), соответствующее значению вероятностной средней недоотпущенной электроэнергии в ССЭ. То есть для рассматриваемого случая вероятностная средняя недоотпущенная электроэнергия в ССЭ по рисунку 6 равна 0,018305 МВт*ч.

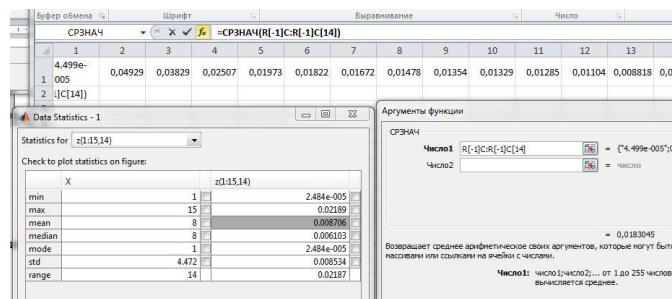
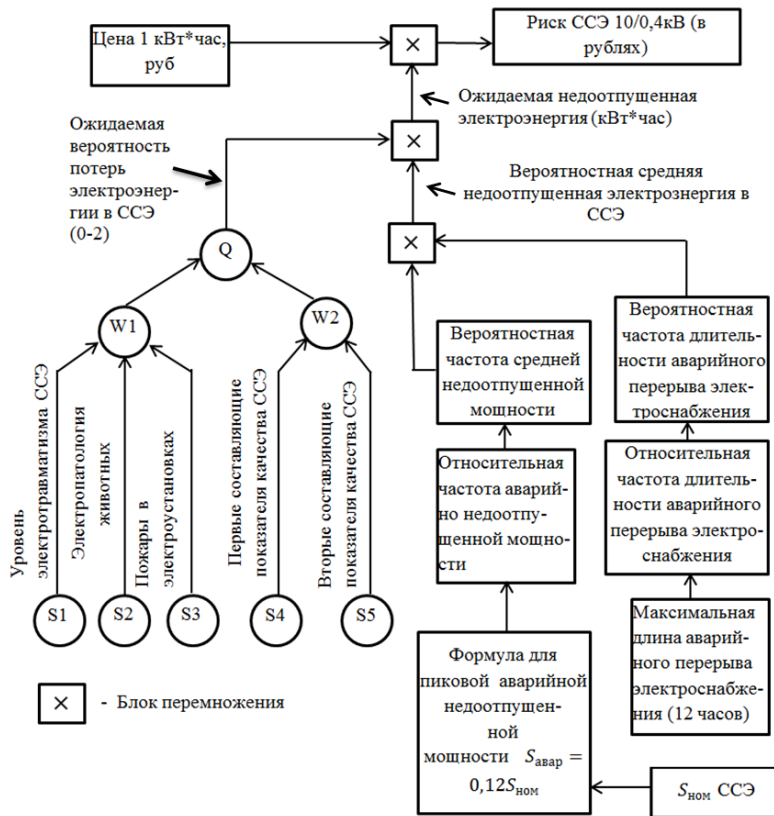


Рисунок 5 — Нахождение среднего значения для всех 15-ти кривых по рисунку 4 в «Excel»

	1	2	3	4	5
	4,499e-				
1	005	0,04929	0,03829	0,02507	0,015
2	0,018305				
3					
4					

Рисунок 6 — Вероятностная средняя недоотпущенная электроэнергия в ССЭ

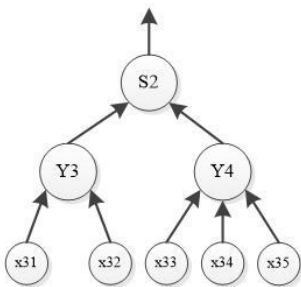
В процессе обоснования рисков сформирована структурная схема системы оценки риска ССЭ 10/0,4кВ (рисунок 7).



Q – ожидаемая вероятность потерь электроэнергии в системе сельского электроснабжения; W1 – оценка опасной техногенной ситуации в ССЭ; W2 – оценка качества электроэнергии в ССЭ; $S_{ном}$ – номинальная мощность; $S_{авар}$ – недопоставки аварийной мощности

Рисунок 7 — Структурная схема системы оценки риска ССЭ 10/0,4кВ

На рисунке 8 для примера представлена разработанная структурная схема уровня электропатологии животных в ССЭ, которая поясняется таблицей 1.



S2 – Уровень электропатологии животных в ССЭ

Рисунок 8— Уровень электропатологии животных в ССЭ

Таблица 1 – Уровень электропатологии животных в ССЭ

Обозначение промежуточных логических сверток	Наименование промежуточных логических сверток	Обозначение влияющих факторов	Наименование графиков функций принадлежности нечетких термов влияющих факторов
У3	Потенциалы в сети 0,4 кВ	x31 потенциал	н – 0 в с – 10 в в – 20 в н – есть
		x32 выравнивание потенциалов	выравнивание с – нет данных в – нет выравнивания н – есть
		x33 Разделение N, PEN проводников	разделение с – нет данных в – нет разделения н – установлено
У4	Свойства сети 0,4 кВ	x34 УЗО	с – нет данных в – не установлено н – установлена
		x35 Двойная изоляция	с – нет данных в – не установлена

Примечание: в термах нечеткой логики - н – низкий; с – средний; в – высокий.

Результаты модельных экспериментов по определению ожидаемой вероятности потерь электроэнергии в ССЭ свидетельствуют о работоспособности системы оценки риска ССЭ 10/0,4кВ, ее высокой линейности и точности по отношению к влияющим факторам, что позволяет оценить риск любой конкретной ССЭ 10/0,4кВ, а также произвести сравнение различных ССЭ по этому показателю и управлять рисками путем целенаправленного изменения влияющих факторов в системе.

Список использованных источников

1. Лещинская Т.Б. Методы многокритериальной оптимизации систем электроснабжения сельских районов в условиях неопределенности исходной информации / Т.Б. Лещинская - М.: Агроконсалт, 1998. - 148 с.
2. Мусин, А. Х. Количественная оценка риска электроснабжения городов/ А. Х. Мусин, С. А. Худорожко // Проблемы энергетики. – 2012. – № 1-2. – С. 95-101.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЗДАНИЙ

Колесников В.С. – студент, Мельман Д.Ю. – студент, Никольский О.К. – д.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На сегодняшний день возгорание электроустановок является одной из главных проблем при обеспечении пожарной безопасности электрической сети.

Особенно стоит обратить внимание на состояние электропроводки, которая в свою очередь является ключевым элементом в возникновении возгораний и возможных последующих пожаров.

Электропроводка является пожароопасным видом электроустановки, требующим к себе повышенного внимания. Основной причиной нагрева токоведущих частей и корпусов электрооборудования является большой ток, а также повышение сопротивления в цепях.

Большой ток может быть вызван перегрузками по причине возникновения аварийных режимов.

При долговременном протекании тока короткого замыкания возможно перегорание токоведущих частей внутри аппарата, что способствует появлению межфазных замыканий и замыкания на корпус, что в свою очередь, может привести к достаточному для возгорания нагреву корпуса электроустановки.

По данным департамента надзорной деятельности МЧС России, за 2013 год, причиной 40% пожаров связанных с электрооборудованием и электроустройствами, являлась возгорание электропроводки. [1].

Для борьбы с пожарами, возникающими по причине возгорания электропроводки, первоочередной задачей является четкое определение причин способствующих неблагоприятной статистике пожаров. Выделено восемь основных причин:

Первая причина: Неудовлетворительное состояние электрических коммуникаций по причине окончания срока эксплуатации электропроводки.

Каждая электрическая нагрузка, определяемая количеством и качеством подключенных к электросети приборов, нуждается в правильно подобранном сечении электропровода.

Неправильно выбранное сечение электропровода не соответствующее величине нагрузки, будет приводить к нагреву электропроводки. Нагрузка на электросети в настоящее время на порядок увеличилась, при этом электропроводка осталась старой, а порой и ветхой. Основная часть российского жилого фонда - это дома, которые были построены в советское время, следовательно, срок их эксплуатации превышен, им уже третий десяток лет, а то и больше. Электропроводка таких домов мало того что устарела, она была рассчитана на определенное, ограниченное потребление электроэнергии – до 1,5 кВт. И на сегодняшний день не соответствует объему потребляемой энергии. На момент возведения жилого фонда количество потребителей электроэнергии этих домов было ограничено, стандартно это были - телевизор, холодильник, радиоприемник, несколько лампочек освещения. В настоящее время, в этих же квартирах расположено несколько телевизоров - почти в каждой комнате, помимо этого, кондиционеры, СВЧ-печи, стиральные машины, музыкальные центры и другие блага научно-технического прогресса, которых сейчас в изобилии.

Вторая причина: Нарушение требований к монтажу электрических сетей и оборудования. При величине нагрузки свыше допустимой, срабатывает автомат отключения или перегорает плавкая вставка в пробочном предохранителе. Последствия в половине случаев предсказуемы - вместо калиброванной плавкой вставки пробочного предохранителя «смышленные потребители» используют всевозможные «жучки». Время от времени меняют автомат отключения на более мощный, ток срабатывания которого не соответствует состоянию проводки. При такой эксплуатации, электропроводка работает в перегруженном режиме – начинает нагреваться, изоляция плавиться, два уже оголенных проводника касаются друг друга, вследствие чего и происходит короткое замыкание (КЗ). Причиной возникновения КЗ в электропроводах чаще всего является нарушение изоляции токоведущих частей вследствие ее старения, механического повреждения или воздействия влаги и агрессивных сред. [2].

Третья причина: Человеческий фактор. Низкий уровень знаний при монтаже электрооборудования. На сегодняшний день рынок услуг переполнен объявлениями об установке электрооборудования, но неизвестно, кто будет заниматься этим самым монтажом, высококвалифицированный специалист или кто-то без должного образования и опыта. Не каждый человек знает, что существуют такие виды соединения проводов как: пайка, резьбовое соединение, с помощью заклепки, с помощью клемм и т.д., то же обстоит и со способами укладки электропроводки. Поэтому и используется «универсальный» способ соединения – метод скрутки, зачастую не подходящий для соединения проводов. Именно из-

за незнания основ монтажа электрооборудования возможно образование пожара, влекущее серьезные последствия.

Четвертая причина: Нарушение условий эксплуатации электрических сетей и различного по назначению электрооборудования. Искрение в местах соединения электрических цепей, на клеммах электроприборов, вследствие неплотного электрического контакта. Особенно, из-за неплотного контакта вилок в гнездах штепсельной розетки происходит значительный нагрев, в последующем приводящий к оплавлению розетки.

Пятая причина: Низкий уровень обслуживания электрических сетей и различного по назначению электрооборудования. Зачастую проверка электропроводки носит визуальный характер, что в свою очередь не достаточно для нормальной эксплуатации электропроводки и обнаружения в дальнейшем неисправностей электрической системы.

Шестая причина: Невозможность своевременного контроля состояния электропроводки, по причине не досягаемости. Алтайский край является одним из крупнейших аграрных регионов Российской Федерации, что в свою очередь говорит о том, что достаточно большая часть населения края, проживает в селах и деревнях где преобладают частные дома и хозяйственные постройки. Потребители частных домов, производя ремонт, не задумываются о должном местонахождении электропроводки и размещают ее для своего удобства – под большим слоем штукатурки, на большой глубине в подвале или же в каких либо местах где затруднен её контроль. В последующем это сказывается на ее обнаружении, дальнейшем контроле и эксплуатации. Пожары в таких домах сопровождаются быстрым распространением огня и уничтожением рядом находящихся построек и представляют собой высокую угрозу пожаробезопасности.

Седьмая причина: Низкий уровень пожарной профилактики эксплуатируемых объектов. На сегодняшний день уровень пожарной профилактики эксплуатируемых электроустановок зданий весьма невысок. Основными методами профилактики являются осмотры сетей, аппаратов защиты, включая проверку их калибровки, других элементов электрической сети. Следовательно, снижение пожарной опасности электрических сетей является одной из основных задач в профилактике пожаров. Возникновение аварийных режимов в электроустановках не является разовым событием, а образуется и усиливается постепенно изо дня в день. Однако, даже на начальном этапе, аварийный режим уже возможно диагностировать, т.к. в местах их «зарождения» начинает возникать противоестественный нагрев. Сначала это единицы градусов, далее – десятки, достигая нагрева на температурном участке 100-200 градусов по Цельсию начинается процесс, который необратимо приведет к возгоранию изоляции проводов с последующим возникновением и развитием пожаров. [3].

Восьмая причина: Неспособность обеспечения специалистов соответствующим оборудованием для высококачественного обслуживания электрической сети. Важным является то обстоятельство, что специалисты-электрики не оснащены современными аппаратами диагностики электрических сетей, что в свою очередь сказывается на эффективности контроля электропроводки.

Каждая из отдельных причин является фактором способствующим возникновению возгорания, а в совокупности, они представляют угрозу пожарной безопасности в целом.

Таким образом, для снижения числа пожаров по причине возгорания электропроводки, необходимо более внимательно отнестись к решению каждой из представленных проблем. А так же следует разработать новые методы для обеспечения контроля над состоянием электрических сетей.

Список использованных источников

1. Департамент надзорной деятельности МЧС РФ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru/folder/687920> - Загл. с экрана.
2. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок/ Научно техническое издание/ Под ред. Е.Н. Гусева. – Москва: – 2009. – с. 32.

3. Главное управление МЧС РФ по ХМАО-Югре. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.86.mchs.gov.ru/news/detail.php?news=20168&print=Y> - Загл. с экрана.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ

Мигалёв И.Е. – аспирант, Титов Е.В. – к.т.н., Кокорин И.А. – студент,
Минченко В.В. – студент

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

Существующий рост интенсивности электромагнитного излучения (ЭМИ), обусловленный резким увеличением информационно-технологического оборудования (ИТО), как на производстве, так и в быту, вызывает необходимость принятия защитных мер для обеспечения безопасности жизнедеятельности людей.

Контроль электромагнитной обстановки в зонах влияния электромагнитных излучений является одной из актуальных современных проблем, обусловленной, в частности, развитием электротехнологий при возрастающем дефиците площадей для размещения информационно-технологического оборудования и повышением концентрации электронных и электросиловых устройств в непосредственной близости от рабочих мест.

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова разработана методика комплексной оценки электромагнитной обстановки [1 – 5] с помощью группы приборов, включающих универсальный измеритель напряженности и потенциала электростатического поля СТ-01, измеритель напряжённости поля промышленной частоты ПЗ-50, измеритель уровней электромагнитных излучений ПЗ-41. Однако практическая реализация этой методики сопряжена с необходимостью решения ряда технических проблем.

Существующая измерительная аппаратура (в том числе, перечисленная выше), имеет достаточно ограниченные функциональные возможности. В частности, измерительные преобразователи, предназначенные для работы на разных частотах, имеют конструктивные различия [6], поэтому невозможно использовать одну антенну для проведения всех видов измерений, и приборы оснащаются набором сменных антенн, например, ПЗ-41 или ПЗ-70/1 [7]. Кроме того, даже современная измерительная аппаратура не позволяет выполнять автоматизированный анализ и обработку всей совокупности контролируемых параметров. В работе [2] предлагается с этой целью использовать аналитические средства программного комплекса COMSOL, однако они не учитывают в достаточной мере многочастотную природу измерений, а также не предлагают автоматизированной привязки результатов аппаратных измерений к компьютерной модели.

Указанные недостатки могут быть преодолены путём создания на основе существующей аппаратной базы интегрирующей платформы, представляющей собой единый открытый программный интерфейс для централизованной обработки измеренных параметров при помощи ЭВМ.

Автоматизация измерений и их централизованная обработка позволяют получить качественно новые научные результаты за счет компьютерного моделирования с использованием всего спектра контролируемых параметров.

Структурная схема технологической платформы приведена на рисунке 1.

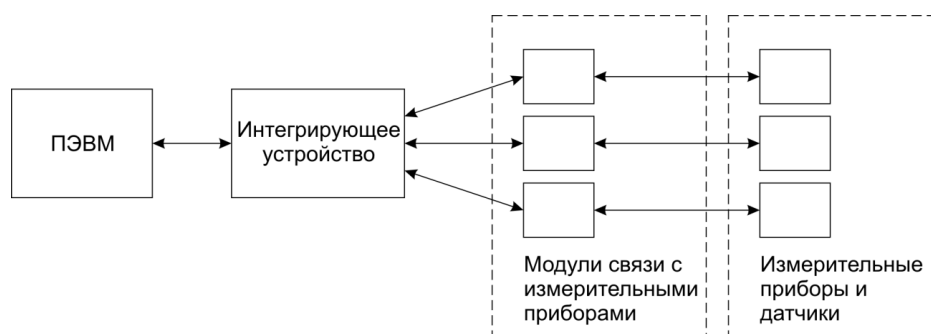


Рисунок 1 – Структурная схема технологической платформы

Описанный подход позволяет существенно повысить эффективность интегрированного контроля параметров электромагнитной обстановки.

Список использованных источников

1. Пат. 2476894 Российская Федерация, МПК7 G 01 R 29/08. Способ контроля электромагнитной безопасности [Текст] / Н.П. Воробьев, О.К. Никольский, А.А. Сошников, Е.В. Титов ; патентообладатель ФГБОУ ВПО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – № 2011113569/28(020098) ; заявл. 07.04.2011 ; опубл. 27.02.2013.
2. Воробьев, Н.П. Оценка состояния электромагнитной обстановки в помещениях [Текст] / Н.П. Воробьев, Е.В. Титов, И.Е. Мигалев // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2013. – № 1. – С. 134 - 138.
3. Сошников, А.А. Развитие методов инструментального контроля состояния электромагнитной безопасности [Текст] / А.А. Сошников, Е.В. Титов // Международный научный журнал. - 2010.- № 4.- С. 97 – 99.
4. Сошников, А.А. Контроль электромагнитной обстановки на объектах с источниками электромагнитных излучений [Текст] / А.А. Сошников, Н.П. Воробьев, Е.В. Титов // Ползуновский вестник. - 2012, № 4.- С. 64 – 68.
5. Сошников, А.А. Обеспечение безопасности процесса обработки семян в СВЧ-поле [Текст] / А.А. Сошников, Е.В. Титов // Ползуновский вестник. - 2012, № 4.- С. 69 – 74.
6. Байда, Л.И. Электрические измерения [Текст]: учебник для вузов / Л.И. Байда, Н.С. Добротворский, Е.М. Душин – 5-е изд., пере-раб. и доп. – Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. – 392 с., ил.
7. Карякин, Р. Н. Основы электромагнитной совместимости [Текст]: учебник для вузов / Р.Н. Карякин, Л.В. Куликова, О.К. Никольский, А.А. Сошников, Н.Т. Герцен, Т.В. Еремина, А.А. Зайцев; под ред. Р.Н. Карякина; Алт. гос. тех. ун-т им. И.И. Ползунова. – Изд. 2-е, перераб. – Барнаул: ОАО «Алтайский дом печати», 2009. – 470 с.

МОДЕЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ

Мигалёв И.Е. – аспирант, Титов Е.В. – к.т.н., Польшгалов В.Ю. – студент,

Присекин А.В. – студент

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

Опасность, создаваемая электромагнитным излучением в местах пребывания людей, возрастает вместе с количеством его источников, которое наблюдается с каждым годом. Поэтому возникает необходимость измерения и нормирования уровня электромагнитного излучения в рабочей зоне. Чтобы упростить анализ, результаты измерений должны быть представлены в наглядной форме, позволяющей определять опасные зоны помещений и обоснованно выбирать мероприятия по улучшению электромагнитной обстановки. Отсюда

следует необходимость правильного представления картины опасности электромагнитного поля.

Построение адекватной картины опасности сопряжено со следующими сложностями [1]:

1. Необходимость создания трёхмерной модели обследуемого помещения.
2. Необходимость привязки экспериментальных данных к модели помещения.
3. Проведение более тщательных исследований отдельных зон помещения (например, мест большого скопления людей или особо опасного электрооборудования).
4. Построение модели электромагнитной обстановки.

Для организации сбора данных и оперативного реагирования на изменения измеряемых величин предлагается использование информационной модели, схема которой приведена на рисунке 1.

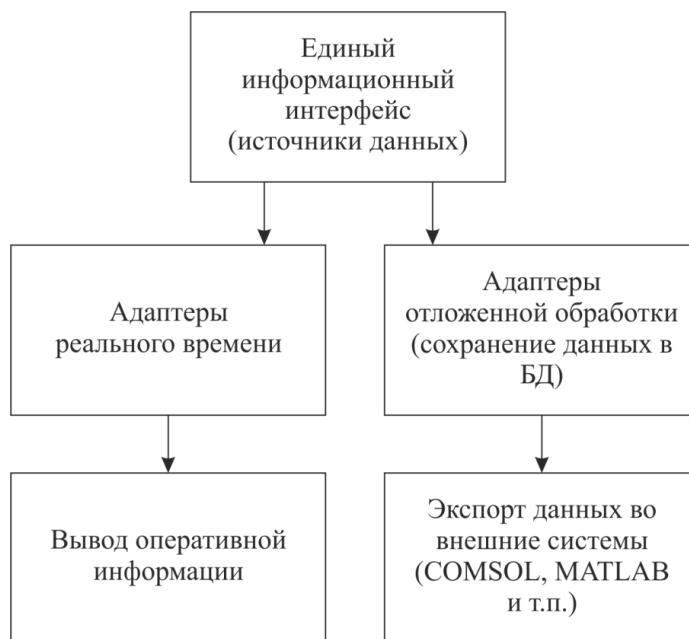


Рисунок 1 – Схема информационной модели

Аппаратная часть должна реализовать единый информационный интерфейс доступа к данным, которые фиксируются измерительным оборудованием. В дальнейшем проводится оперативный анализ данных в реальном времени, которые сохраняются для проведения более подробного анализа. Для этой цели в информационную модель вводятся две группы адаптеров: реального времени и отложенной обработки.

Адаптеры реального времени – это программы, которые проводят экспресс-анализ поступающей с приборов информации. Как правило, подобные адаптеры входят в состав программного обеспечения, поставляемого вместе с измерительными приборами. Данная группа программ отвечает за вывод мгновенных значений измеряемых параметров, а также за вывод производной информации (например, времени допустимого пребывания человека, рассчитанного по мгновенному значению). Ввиду временного ограничения эти программы осуществляют только простые вычисления. Время вычисления одной операции должно быть меньше времени между двумя измерениями, осуществляемыми измерительным прибором (типичное время между двумя измерениями в современных измерительных средствах промышленного образца – 1 секунда). Возможны и более сложные вычисления, однако это вносит задержку в обработку данных. Например, если вычисление занимает 2 секунды, а время между двумя измерениями – 1 секунда, то можно повторять вычисление один раз на каждые два значения измерительных данных (либо усредняя данные, либо отбрасывая лишние). В типичном случае (исследование электромагнитной обстановки в офисном или

промышленном объекте) такие задержки можно считать допустимыми, если адаптеры реального времени предоставляют при этом ценную информацию.

Адаптеры отложенной обработки данных отвечают за сохранение результатов измерений в базе данных (или, в простом случае, в текстовом файле). Может использоваться как база данных, встроенная в программное обеспечение, так и находящаяся под управлением выделенной системы управления. Данные в этой базе хранятся в течение продолжительного периода времени (как минимум – до окончания анализа результата измерений) в едином формате, не зависящем от использованных измерительных средств. Это позволяет использовать базу для экспорта данных в специализированные системы анализа (COMSOL, MATLAB, Mathematica и др.). Преимуществом такого сценария работы является унификация режима доступа к измерительным данным. Фактически необходимо иметь по одному модулю экспорта для каждой системы анализа данных (для сравнения, при использовании различных измерительных приборов без технологической платформы потребовались бы модули для связи каждого прибора с каждым блоком анализа данных, что увеличило бы трудозатраты в десятки раз).

В целом описанная модель информационных потоков позволяет дорабатывать средства обработки информации (представленные адаптерами) без изменения ядра системы (единого информационного интерфейса), т.е. реализовать локальность изменений, что является признаком устойчивости информационной системы. Модульность платформы позволяет независимо разрабатывать аппаратные и программные модули, реализующие подключение к платформе новых аппаратных и программных комплексов. В роли аппаратных комплексов могут служить новые измерительные приборы и датчики, а в роли программных комплексов – дополнительные внешние системы анализа и визуализации состояния электромагнитного поля (например, OpenFOAM). Следует учесть также возможность стандартизировать способы представления информации по результатам анализа.

Список использованных источников

1. Пат. 2476894 Российская Федерация, МПК7 G 01 R 29/08. Способ контроля электромагнитной безопасности [Текст] / Н.П. Воробьев, О.К. Никольский, А.А. Сошников, Е.В. Титов; патентообладатель ФГБОУ ВПО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – № 2011113569/28(020098); заявл. 07.04.2011 ; опубл. 27.02.2013.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ИНТЕГРАЛЬНОГО РИСКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

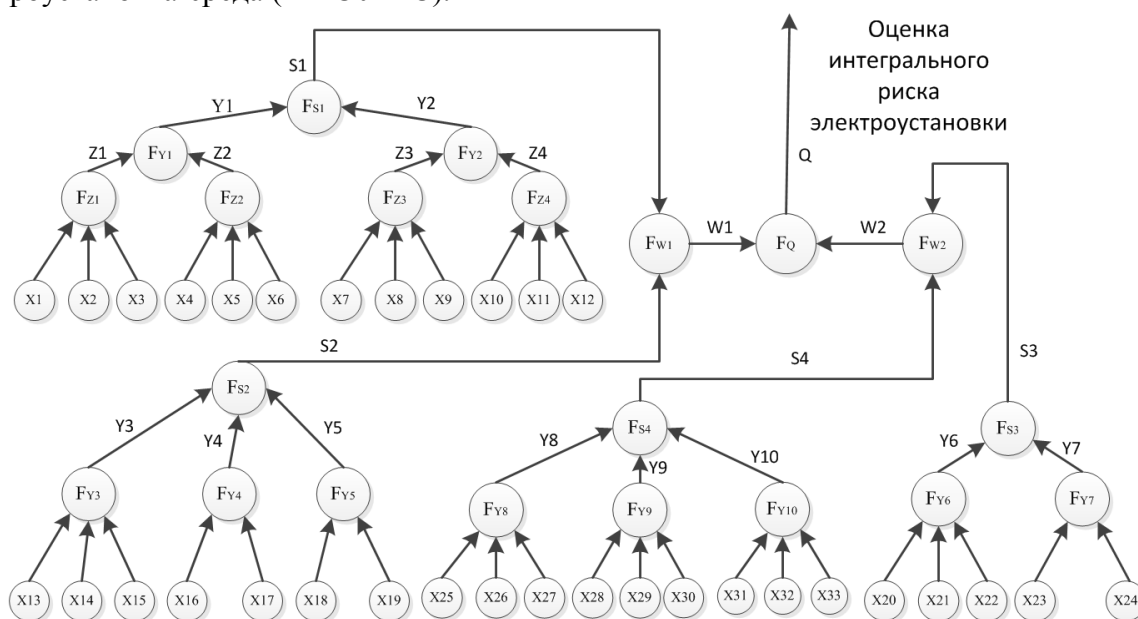
Овчинников Е.Н. – студент, Воробьева С.Н. – инженер, Воробьев Н.П. – д.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Система электроснабжения сельских населенных пунктов (СЭС) являются частью электрохозяйства агропромышленного комплекса, которое подвержено рискам техногенного характера: пожарам, электропоражениям людей и животных, аварийным отключениям электроснабжения и т.п. Управление техногенной безопасностью электрохозяйства агропромышленного комплекса может быть произведено на основе оценки и прогнозирования интегрального риска электроустановки (ИРЭ). С этой целью нами введена лингвистическая шкала оценки интегрального риска R_{Σ} (таблица 1) с интервальными значениями согласно нормативно-технической документации [1], [2], [3].

Таблица 1 - Лингвистическая шкала оценки интегрального риска электроустановки

Вид интегрального риска R_{Σ}	Характеристика риска [частота событий в год]
Очень малый	Пренебрежительный – ($10^{-7} - 10^{-9}$)
Малый	Приемлемый - ($10^{-5} - 10^{-7}$)
Средний	Допустимый – ($10^{-3} - 10^{-5}$)
Высокий	Неприемлемый – ($10^{-2} - 10^{-3}$)
Очень высокий	Катастрофический - [$>10^{-2}$]

На рисунке 1 изображена разработанная структурная схема оценки ИРЭ в Matlab FuzzyLogic. Структурная схема оценки ИРЭ по рисунку 1 поясняется таблицей 2. В таблице 2 частично представлены рискообразующие факторы (РФ) системы человек-электроустановка-среда (Ч – ЭУ – С).



$X1 - X33$ – рискообразующие факторы; $Y1 - Y7, Z1 - Z4, S4, W1 - W2$ – промежуточные переменные, $F_{Y1}, F_{S1}, F_{S2}, F_{Z1}, F_{W1}, F_{W2}, F_Q \dots$ – свертки РФ, осуществляемые посредством логического вывода по нечетким базам знаний - нетерминальные вершины, то есть связь между входными и промежуточными переменными; $S1, S2, S3, Y8, Y9, Y10$ – промежуточные переменные формирования РФ влияния, соответственно, человека, электроустановки, среды, законодательной и нормативной базы, макроэкономических показателей и инновационных показателей на систему (Ч – ЭУ – С); Q – выходная переменная – интегральный риск электроустановки

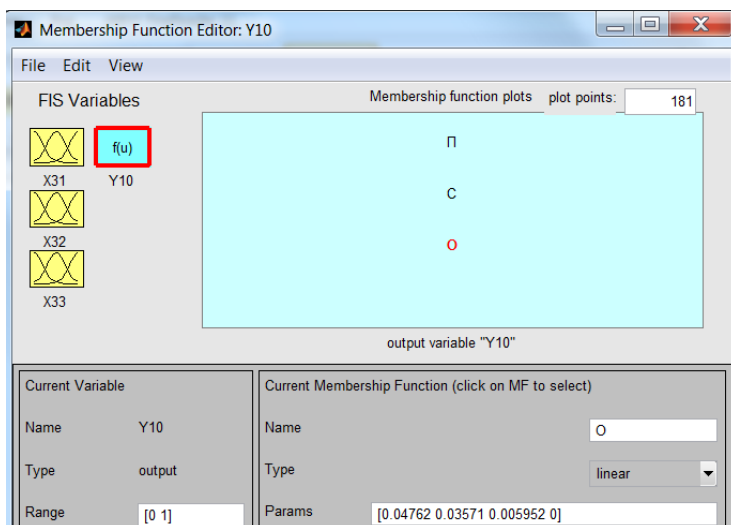
Рисунок 1 – Структурная схема оценки ИРЭ

Таблица 2

Компонент системы	Обозначение РФ	Наименование РФ	ДПВР	ДПВР*	Лингвистическая оценка ИРЭ
Электроустановка (ЭУ)	X13	Возможность отказа (неназванных) мер электрической защиты	0,084 ($0,5/0,084 = 5.95238$)	0,084*5,95238 = 0.5	низкая
					средняя
	X14	Длительность воздействия опасных и вредодействующих	0,072	0.428571	малая
					средняя
					большая

		факторов			
X15	Степень физического износа электропроводки и электрооборудования	0,068	0.404762	низкая	
				средняя	
				высокая	
X16	Наличие (укомплектованность) мер безопасности электроустановки	0,054	0.321428	неудовлет.	
				удовлет.	
				хорошее	
X17	Степень морального износа узлов электроустановки	0,047	0.279762	низкая	
				средняя	
				высокая	
X18	Уровень воздействия в системе источников опасных и вреднодействующих факторов	0,041	0.244048	низкий	
				средний	
				высокий	
X19	Надежность (безотказность) узлов и конструкций электроустановки	0,039	0.232143	низкая	
				средняя	
				высокая	

В таблице 2 ДПВР - доля (вес) в совокупности причин возникновения рисков. ДПВР* - то же самое, но после приведения $X_{13}=0,084$ как наибольшего по величине РФ в системе к 0,5 (0,5 – значение параметра в окне Params по рисунку 2, обеспечивающее линейность описания поверхности в системе нечеткой логики оценки ИРЭ).



В окне Params введены ДПВР* для влияющих факторов X31, X32, X33
 Рисунок 2 – Окно формирования системы Сугено нечеткой системы Y10.fis с учетом ДПВР*

Компонент системы «Человек» характеризуется РФ X1 – X12. Они с помощью промежуточных сверток Z1, Z2, Z3, Z4, Y1, Y2, S1 позволяют получить оценку влияния человека на оценку ИРЭ, которая формируется на выходе S1. Аналогично, с помощью

РФ характеризуются компоненты системы «Электроустановка», «Среда», «Законодательная и нормативная база», «Макроэкономические показатели», «Инновационные показатели». На выходе Q формируется оценка ИРЭ, которая с помощью таблицы 1 преобразуется из характеристики риска [частота событий в год] в вид интегрального риска. Такая оценка является основанием принятия решения для оптимизации системы безопасности ЭУ. Изложенный принцип построения имитационной модели экспертной системы оценки ИРЭ реализован в виде программного комплекса IntRisk на числовом примере, что дало возможность взвешенно подойти к оценке мер техногенной безопасности производственного объекта. Всего в разработанной имитационной модели введено 33 РФ, что позволяет унифицировать качественные и количественные исходные данные для системы (Ч - ЭУ - С).

На рисунке 3 изображены графики функций принадлежности нечетких термов для влияющих факторов X31, X32, X33 нечеткой системы Y10.fis с учетом ДПВР*.

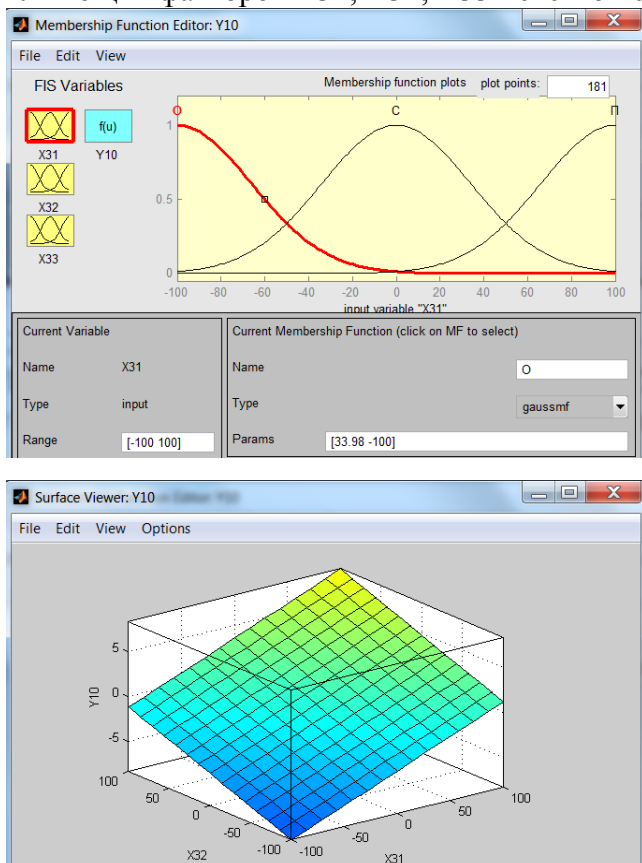


Рисунок 3 – Графики функций принадлежности нечетких термов "Отлично" (О), «Средний» (С) и "Плохой" (П) для влияющих факторов X31, X32, X33 нечеткой системы Y10.fis с учетом ДПВР*

На рисунке 4 приведен пример описания поверхности в системе нечеткой логики оценки ИРЭ при изменении Y10 в функции x31 и X32.

Рисунок 4 - Пример описания поверхности в системе нечеткой логики оценки ИРЭ при изменении Y10 в функции x31 и X32

В таблице 3 приведены результаты измерений ИРЭ для нескольких РФ, отличающихся от наихудших.

Таблица 3 - Результаты измерений показателя ИРЭ для нескольких РФ, отличающихся от наихудших

		Обозначение РФ			
		x13	x7	x30	x33
Значения РФ	Все значения наихудшие	1.3797e-014	1.3797e-014	1.3797e-014	1.3797e-014
	Одно значение среднее	-0.4413	-0.1368	-0.0473	-0.0053
	Одно значение наилучшее	-0.8826	-0.2736	-0.0946	-0.0105

По таблице 2 для X13 отношение ДПВР к аналогичной величине для X33 равно $0,084 / 0,001 = 84$; по таблице 3 для X13 отношение ДПВР к аналогичной величине для X33 равно $-0.4413 / -0.0053 = 83,26$. Таким образом, погрешность определения показателя ИРЭ для разработанной системы измерений ИРЭ не превышает $((84 - 83,26) / 84) * 100 = 0,9\%$, что свидетельствует о высокой точности измерений показателя ИРЭ, а, следовательно, вида интегрального риска R_{Σ} , и позволяет производить адекватную оценку и прогнозирование интегрального риска электрохозяйства агропромышленного комплекса и, в конечном счете, управлять техногенной безопасностью отрасли.

Список использованных источников

1. РД 08-120-96. Методические рекомендации по проведению анализа риска опасных производственных объектов.
2. Федеральный закон Российской Федерации о пожарной безопасности № 123-ФЗ (Технический регламент «О требованиях пожарной безопасности»).
3. ГОСТ Р МЭК 60695-1-1-2003. Руководство по оценке пожарной опасности электротехнической продукции. Основные положения.

ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТАХ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Павелин А.А. – студент, Звягинцев Р.И. – студент, Никольский О.К. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Соблюдение правил безопасности труда – одно из множества требований, которое необходимо учитывать руководителям при выборе возможного действия.

В сфере электроэнергетики и электротехники принятие решений для обеспечения безопасности труда играет важнейшую роль, поскольку расплачиваться за пренебрежительное отношение к безопасности приходится жизнями рабочего персонала.

Круг лиц задействованных в эксплуатации электрооборудования с каждым годом становится все шире и шире. И связано это, прежде всего, с тем, что возможности электроэнергии осваиваются все в большей степени, как в промышленности, так и в сельском хозяйстве. Все это привело к усилению роли безопасности труда при работе с электрооборудованием.

По статистике, примерно половина несчастных случаев, связанных с поражением электрическим током, происходит на производстве при работе с электроустановками. По некоторым данным электротравмы составляют приблизительно 30 % от общего числа всех травм во время профессиональной деятельности и, как правило, имеют тяжелые последствия.

Эффективность разрабатываемых мероприятий по электробезопасности существенно зависит от того, насколько правильно вскрываются причины несчастных случаев. Поэтому анализ электротравм представляет собой одно из основных направлений, способствующих повышению электробезопасности в отраслях сельскохозяйственного производства и в быту сельского населения.[1-2]

Статистический анализ показывает, что доля бытового электротравматизма в сельском хозяйстве составляет в настоящее время более 25 % общего количества расследованных электротравм в электроустановках до 1000 В. Заметим при этом, что сама система учета этих случаев в стране налажена плохо. Поэтому в определенной степени можно предполагать, что при более совершенной системе учета указанная доля несчастных случаев может быть выше.[3]

Ниже, в таблице 1, приведены сведения, полученные в результате обобщения статистического материала за период с 2000 по 2013 года.

Таблица 1 – Данные по статистике электротравматизма

Отрасль	% от числа электротравм во всех отраслях
Промышленность	3,9
Сельское хозяйство, фермерство	14,5
Строительство	2,9
Коммунальное хозяйство	13,8
Социальная сфера	12,5
Быт (городской и сельский)	52,4

Из данных таблицы следует, что наибольший электротравматизм имеет место в сельском хозяйстве, в сфере обслуживания и в быту. Обращает на себя внимание снижение электротравматизма в общественной сфере производства и выраженная тенденция его возрастания в непромышленном секторе.

На основе имеющихся статистических данных, нами продемонстрирована динамика изменения показателей электротравматизма с 2000 по 2013 года и построен прогноз до 2020 года, что демонстрирует рисунок 1.[5]

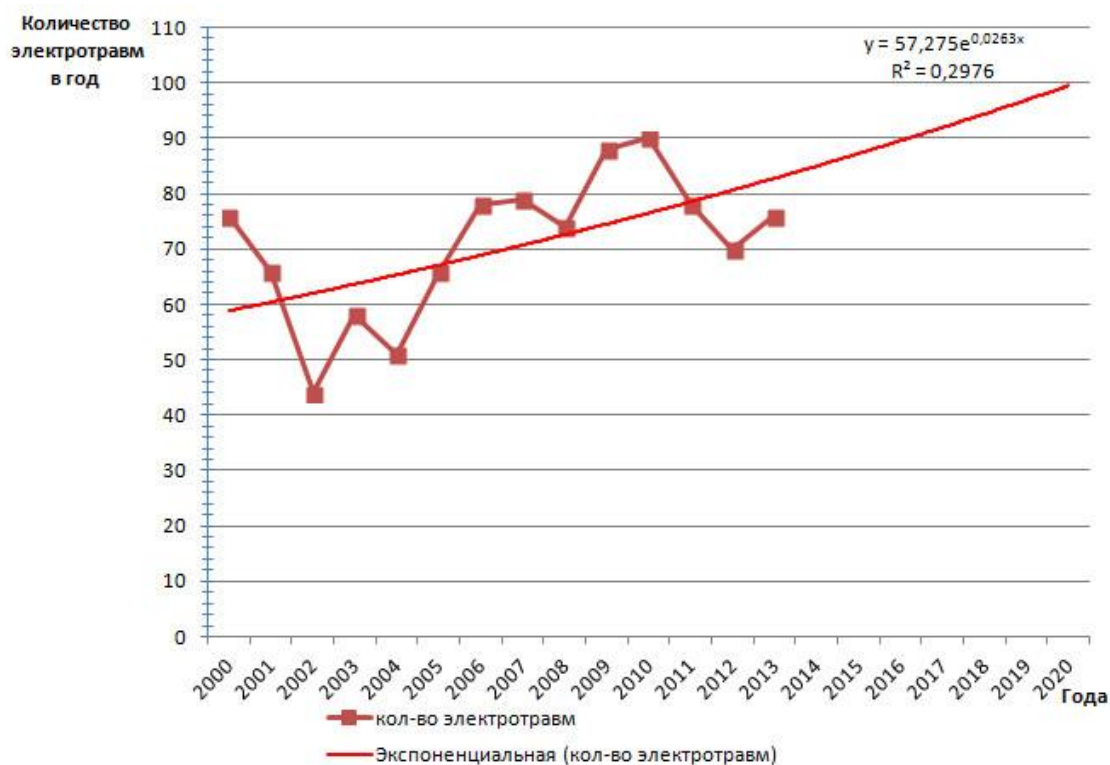


Рисунок 1 – Динамика изменения показателей электротравматизма

На основании проведенного анализа укажем те особенности применения электроэнергии в быту населения, которые, по существу, и обуславливают столь высокий уровень электротравматизма:

1) Существующая бытовая электропроводка внутри помещений, как правило, не предусматривает применение защитного заземления и зануления, так как она предназначена для питания стационарных и переносных приборов и устройств с двойной изоляцией либо снабженных устройствами автоматического отключения при неисправности сети.

2) Отсутствие в бытовых сетях высокоэффективных мер электрозащиты - устройств защитного отключения.

3) Несовершенство отдельных стандартов и отсутствие технических регламентов на бытовые электроприборы, машины и электроинструмент и прилагаемых к ним инструкций по эксплуатации.[4]

4) Недостаточность выпуска бытовой электротехники класса защиты II. Отметим, что большинство бытовых приборов изготавливается промышленностью класса 0, т.е. только с рабочей изоляцией без наличия элементов защиты от поражения электрическим током. Применение таких приборов оправдано только в сухих помещениях с токо-непроводящими полами при достаточной удаленности от заземленных металлических труб водопровода и батарей отопления.

5) Отсутствие в ряде регионов (в первую очередь Сибири и Дальнего Востока) специализированных выездных бригад для выполнения по заказам населения монтажа и ремонта электропроводки и бытовой электротехники.

6) Низкое качество электромонтажных работ при сооружении жилых зданий и дворовых построек с нарушением установленных ПУЭ требований электробезопасности.

7) Отсутствие квалифицированного технического надзора за эксплуатацией бытовых электросетей и электроприемников.

8) Недостаточная разъяснительная работа через СМИ с населением об опасности действия тока и необходимости соблюдения элементарных правил пользования электроэнергией в бытовых условиях. Отметим, что у некоторой части населения сложилось мнение о безопасности напряжения 220 В, то время как в установках этого напряжения, (бытовая электросеть и питающие электроприемники) и происходит около 80 % всех

электропоражений. Это объясняется тем, что с установками напряжения 380/220 В постоянно соприкасается очень широкий круг населения, часто не имеющих необходимого представления об опасности электрического тока.

Таким образом, необходимо совершенствование существующих и разработка новых технологий и методов, которые обеспечивали бы более эффективную защиту человека от поражения электрическим током.

Список использованных источников

1. Еремина Т.В. Вероятностный анализ безопасности сельских электроустановок. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2010. – 215 с.
2. Правила устройства, эксплуатация и безопасность электроустановок Текст. // Нормативно — технический сборник. Барнаул: Изд-во АлтГТУ И.И. Ползунова, 2004.- 840 с.
3. Аванесов В. М. Основы электробезопасности в организациях и на предприятиях / В. М. Аванесов, С. В. Ерохин. М.: ПТФ МИЭЭ, 2009. - 184 с.
4. Сибикин Ю. Д. Охрана труда и электробезопасность / Ю. Д. Сибикин. -М.: РадиоСофт, 2010. - 408 с.
5. [Линник Ю. В.](#) Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. — Изд. 2-е, доп. и испр. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. – 344 с.

МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Самуйлик А.М. – студент, Компанец Б.С. – к.т.н. ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На сегодняшний день в Российской Федерации значительная доля электропроводки находится в эксплуатации в течение длительного срока без контроля состояния уровня ее безопасности. Электропроводка имеет высокую степень изношенности, так как монтируется на объекте в момент ввода его в эксплуатацию, и после этого диагностика ее состояния и ремонт не производятся вплоть до момента возникновения аварийной ситуации.

Своевременное проведение диагностики и выявление аварийно опасных участков позволит значительно сократить аварийные ситуации на объектах, а также избежать нецелесообразных затрат на замену еще работоспособных элементов сети.

Срок службы элементов сети определяется сроком службы изоляции, так как ее ресурс значительно меньше ресурса токопроводящих частей, и составляет менее 20 лет.

Для сетей до 1 кВ чаще всего в качестве изоляции проводов используются различные полимерные соединения, это обуславливается их не гигроскопичностью, гибкостью, пластичностью по сравнению с некоторыми неорганическими диэлектриками, устойчивостью к воздействию воды, кислот и щелочей, большая долговечность. Старение диэлектрика приводит не только к увеличению потерь электрической энергии в ходе эксплуатации, но и к разрушению диэлектрика путём его электрического пробоя или физического разрыва. Это приводит к сбоям в работе электрических сетей, простоям оборудования, недоотпуску продукции и авариям различной степени.

Старение полимерной изоляции происходит вследствие распада слабых связей между молекулами мономеров (деполимеризация), вступление в реакцию с кислородом (термоокислительное старение), образование свободных радикалов и возникновение радиальных связей. В результате у диэлектрика ухудшаются пластичность и электроизоляционные свойства.

Процесс старения диэлектрика связан с протеканием химической реакции на границе раздела двух веществ различного агрегатного состояния, поэтому он подчиняется закону, описывающему скорость гетерогенной реакции:

$$v = \frac{dn}{dt * S}, \quad (1)$$

где S – площадь поверхности полимерной изоляции;
 dn – изменение количества вещества за время dt .

С другой стороны скорость химической реакции подчиняется закону:

$$v = k * [O_2], \quad (2)$$

где k – константа скорости химической реакции.

$[O_2]$ – концентрация кислорода в воздухе.

Константа скорости химической зависит от температуры (T). Эта зависимость описывается уравнением Аррениуса:

$$k = Ae^{\left(-\frac{E_a}{RT}\right)},$$

где R – универсальная газовая постоянная;

T – температура;

E_a – энергия активации химической реакции;

A – величина характеризующая частоту столкновений реагирующих молекул, зависящая от температуры:

$$A = a\sqrt{T}.$$

Подставив уравнения описывающие константу скорости и величину A в уравнение (2), получим:

$$v = a\sqrt{T}e^{\left(-\frac{E_a}{RT}\right)} * [O_2]. \quad (3)$$

Приравняем уравнения (3) и (2) и выразим dn :

$$dn = a\sqrt{T}e^{\left(-\frac{E_a}{RT}\right)} * [O_2] * S * dt. \quad (4)$$

Площадь поверхности твердого диэлектрика будет уменьшаться с уменьшением числа не прореагировавших молекул. Представим изоляцию провода в виде цилиндра с длиной l и радиусом r , то площадь его будет равна:

$$S = 2\pi r l. \quad (5)$$

Выразим радиус цилиндра, для этого запишем следующую формулу объёма провода:

$$V = \pi r^2 l. \quad (6)$$

Объём тела также можно выразить через массу тела (m) и его плотность (ρ):

$$V = \frac{m}{\rho}.$$

Масса тела численно равна произведению количества вещества (n) и молярной массы (M), значит уравнение выражающее объём запишется как:

$$V = \frac{n * M}{\rho}. \quad (7)$$

Приравняем уравнения (6) и (7) :

$$\frac{n * M}{\rho} = \pi r^2 l;$$

$$r = \sqrt{\frac{n\rho}{M\pi l}}. \quad (8)$$

Подставим получившийся радиус (8) в формулу (5):

$$S = 2\pi l \sqrt{\frac{n\rho}{M\pi l}}.$$

Подставим получившуюся площадь в формулу 4:

$$dn = a\sqrt{T}e^{\left(-\frac{E_a}{RT}\right)} * [O_2] * 2\pi l \sqrt{\frac{n\rho}{M\pi l}} * dt. \quad (9)$$

Разделив обе части на \sqrt{n} и проинтегрировав получим:

$$2\sqrt{n} = a\sqrt{T}e^{\left(-\frac{E_a}{RT}\right)} * [O_2] * 2\sqrt{\frac{\pi l \rho}{M}} * t; \quad (10)$$

$$n = a^2 T e^{-2\frac{E_a}{RT}} [O_2]^2 \pi l \frac{\rho}{M} t^2. \quad (11)$$

Здесь n количество вещества прореагировавшего с кислородом диэлектрика за время t .
 Для того чтобы посчитать сопротивление всей изоляции рассмотрим сопротивление бесконечно тонкой трубки dR толщиной dx , длиной l и радиусом x :

$$dR = \frac{\rho_{uz} * dx}{2\pi x l},$$

где ρ_{uz} – удельное сопротивление изоляции.

Интегрируя в пределах от $x=r_1$ до $x=r_3$, получим:

$$R = \frac{\rho_{uz}}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_1},$$

где r_1 – радиус жилы провода;

r_3 – радиус провода, т.е. сумма радиуса жилы и толщины изоляции провода (рисунок 1).

Предположим, что изоляция стареет равномерно по всей длине и на одинаковую глубину по всей окружности цилиндра, тогда сопротивление изоляции складывается из суммы сопротивлений: сопротивления молекул, не вступивших в реакцию, и сопротивление молекул вступивших в реакцию:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_1} - \frac{\rho_n}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_2}; \quad (12)$$

$$R_p = \frac{\rho_p}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_2}; \quad (13)$$

где R_n – сопротивление не прореагировавшего полимера;

ρ_n – удельное сопротивление полимера;

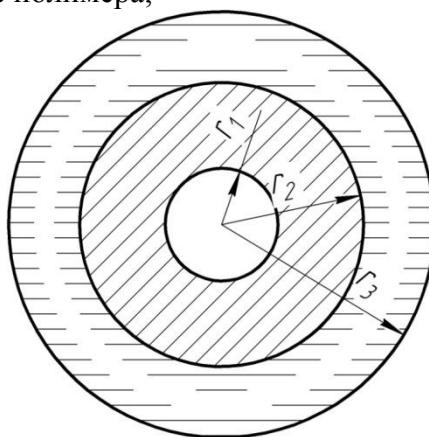


Рисунок 1 – Сечение провода

R_p – сопротивление молекул вступивших реакцию;

ρ_p – удельное сопротивление молекул вступивших в реакцию;

r_1 – радиус жилы провода;

r_2 – радиус равный сумме радиуса жилы провода и толщины слоя не прореагировавших молекул;

r_3 – радиус провода, т.е. сумма радиуса жилы и толщины изоляции провода

Теперь для того чтобы получить сопротивление всей изоляции сложим уравнения (12) и (13):

$$R_{uz} = \frac{\rho_n}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_1} - \frac{\rho_n}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{\rho_p}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_2};$$

$$R_{uz} = \frac{\rho_n}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_1} - \left(\frac{\rho_n}{2\pi l} - \frac{\rho_p}{2\pi l} \right) * \ln \frac{r_3}{r_2}. \quad (14)$$

Выразим радиус цилиндра, состоящего из жилы провода и молекул полимера вступивших в реакцию. Для этого запишем формулу площади кольца, ограниченного окружностями с радиусами r_2 и r_3 :

$$S_p = \pi r_3^2 - \pi r_2^2. \quad (15)$$

Эту площадь также можно выразить через количество вещества, находящегося в этом цилиндре:

$$S_p = \frac{n_p * V_M}{l}, \quad (16)$$

где n_p – количества вещества молекул полимера, вступивших в реакцию;
 V_M – молярный объём;
 l – длина провода.

Приравняем правые части выражений (15) и (16) и выразим r_2 :

$$r_2 = \sqrt{r_3^2 - \frac{n_p * V_M}{l * \pi}}. \quad (17)$$

Подставим в (14) вместо r_2 уравнение (17):

$$R_{уз} = \frac{\rho_n}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_1} - \left(\frac{\rho_n}{2\pi l} - \frac{\rho_p}{2\pi l} \right) * \ln \frac{r_3}{\sqrt{r_3^2 - \frac{n_p * V_M}{l * \pi}}};$$

$$R_{уз} = \frac{\rho_n}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_1} - \left(\frac{\rho_n}{2\pi l} - \frac{\rho_p}{2\pi l} \right) * \frac{1}{2} \ln \frac{r_3^2}{r_3^2 - \frac{n_p * V_M}{l * \pi}};$$

$$R_{уз} = \frac{\rho_n}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_1} - \left(\frac{\rho_p}{2\pi l} - \frac{\rho_n}{2\pi l} \right) * \frac{1}{2} \ln \frac{r_3^2}{r_3^2 - \frac{n_p * V_M}{l * \pi}};$$

$$R_{уз} = \frac{\rho_n}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_1} - \left(\frac{\rho_p}{2\pi l} - \frac{\rho_n}{2\pi l} \right) * \frac{1}{2} \ln \left(1 - \frac{n_p * V_M}{r_3^2 * l * \pi} \right). \quad (18)$$

Подставим в уравнение (18) вместо n_p уравнение (11), получим:

$$R_{уз} = \frac{\rho_n}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_1} - \left(\frac{\rho_p}{2\pi l} - \frac{\rho_n}{2\pi l} \right) * \frac{1}{2} \ln \left(1 - \frac{a^2 T e^{-\frac{E_a}{RT}} [O_2]^2 \pi l \frac{\rho}{M} t^2 * V_M}{r_3^2 * l * \pi} \right);$$

$$R_{уз} = \frac{\rho_n}{2\pi l} \ln \frac{r_3}{r_1} - \left(\frac{\rho_p}{2\pi l} - \frac{\rho_n}{2\pi l} \right) * \frac{1}{2} \ln \left(1 - \frac{a^2 T e^{-\frac{E_a}{RT}} [O_2]^2 \frac{\rho}{M} t^2 * V_M}{r_3^2} \right). \quad (19)$$

Уравнение (19) описывает изменение сопротивления изоляции в течении времени, не только от температуры но и прочих факторов влияющих на скорость протекания реакции (влажность, ионизирующие излучения, частичные разряды, загрязняющие примеси и др.) все эти факторы будут влиять на величину коэффициентов химической реакции (энергия активации, концентрация кислорода, наличие катализирующих веществ).

В [1] был представлен подход, устанавливающий зависимость показателя состояния изоляции, характеризующего вероятность замыкания на объекте, от состояния изоляции, характеризуемого сопротивлением изоляции $R_{уз}$, коэффициентом абсорбции $K_{абс}$ и коэффициентом поляризации $K_{пол}$, и постоянной А:

$$\Omega_C = I - \frac{I}{R_{уз} \sqrt{e^{A * K_{абс} * K_{пол}}}}.$$

При совмещении двух подходов: изменение сопротивления изоляции с течением времени и связи вероятности возникновения замыкание с сопротивлением, мы получаем модель описывающую изменение вероятности возникновения замыкания на объекте в течении заданного периода времени.

Список использованных источников

1. Компанец Б.С. Сравнительная оценка пожарной опасности различных объектов электроснабжения / Б.С. Компанец, С.Ф. Нефёдов // Ползуновский вестник. – 2013. – № 4. – С. 27 – 32.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Сидоров Д.В. – студент группы Э-93, Компанеец Б.С. – к.т.н.

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

В настоящее время по-прежнему актуальной остается проблема обеспечения электрической и пожарной безопасности электроустановок напряжением до 1000 В, как в городах, так и в агропромышленном комплексе (АПК). Весомую долю пожаров (более 20 %) составляют пожары от электротехнических причин (электропожары) [1].

В 2010 году ежедневно в Российской Федерации происходило более 490 пожаров, при которых погибали 36 человек и 36 человек получали травмы. Огнем уничтожались 163 строения, 24 единицы автотракторной техники. Ежедневный материальный ущерб составил 38,6 млн. руб. [2].

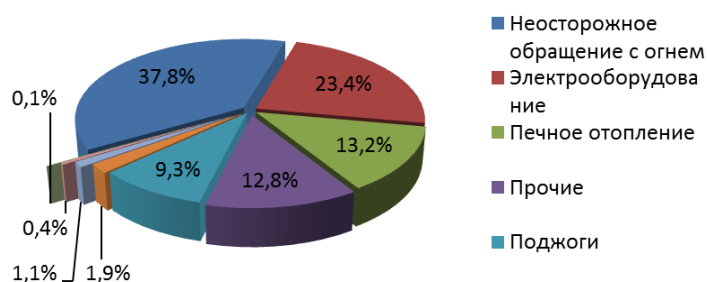


Рисунок 1 – Основные причины возникновения пожаров в 2010 г.

Вопрос обеспечения пожарной безопасности электроустановок является актуальным, так как каждый пятый пожар в среднем по стране, а по регионам эта цифра доходит до 25 % (рисунок 1) от общего числа пожаров, возникает вследствие загорания электротехнических изделий, перегрузок и коротких замыканий в электросетях [2]. Растет энерговооруженность промышленных предприятий, обновляется номенклатура бытовых электроприёмников, как правило, большой мощности (электроплиты, газовые плиты, имеющие внутреннюю электрическую схему, электрочайники, стиральные машины и т. п.). Вместе с тем темп обновления электропроводок, электроустановочных изделий и электрической защиты в жилых домах идёт очень медленно и всё больше отстаёт от современных предложений рынка электробытовой продукции и технических достижений в энергообеспечении и внедрении современных информационных технологий и систем жизнеобеспечения.

Это приводит к тому, что до 80 % пожаров приходится на жилой сектор, административные здания и здания с массовым пребыванием людей, а по количеству погибших при пожарах на 1 млн. человек. Россия занимает первое место в мире.

Поэтому важное значение имеют требования пожарной безопасности к электротехническим установкам, представленные в многочисленных публикациях и действующих нормативных документах (ПУЭ, ВСН, НПБ, ГОСТы, стандартах МЭК и др.) [3].

Значительная часть пожаров и загораний обусловлена неполными отказами контактных соединений, выражающимся в увеличении переходного сопротивления и, как следствие, в возрастании рассеиваемой на контактных переходах электрической мощности. Наиболее опасные последствия для контактных соединений вызывают аварийные режимы перегрузки, короткого замыкания и «плохого контакта».

«Плохой контакт» — термин, употребляемый Международной электротехнической комиссией. «Плохой контакт» служит причиной повышенного тепловыделения при протекании тока по переходному сопротивлению [3].

При испытании электротехнических изделий на пожарную опасность моделируется тепловыделение на аварийном контактом соединении. Проведение таких испытаний необходимо в связи с отсутствием устройств защиты или приборов, позволяющих предупреждать и обнаруживать пожароопасное состояние, выражающееся режимом

«плохого контакта», при котором падение напряжения может достигать единиц вольт, что в десятки и сотни раз превышает нормативные значения. При этом протекание тока по аварийному переходному сопротивлению контакта обеспечивает мощность тепловыделения, достигающую сотен ватт.

В изделии, содержащем аварийный контакт, образуется поле повышенных температур и поле продуктов пиролиза электроизоляционных материалов, материалов защитных оболочек, а также материалов, используемых при монтаже, прокладке электропроводки и для крепления контактов. Выделения могут обладать пожароопасными и взрывоопасными свойствами. Кроме того, может произойти образование коррозионно-активных и токсичных выделений в газообразном и конденсированном состоянии. Над аварийным контактным соединением образуется конвективный поток нагретого газа, способный вызвать оплавление изоляции смежных деталей.

Эти негативные явления будут протекать не только при «плохом контакте», а во всех контактных соединениях, степень тяжести последствий будет определяться величиной сопротивления и протекающим через соединение током. Данное сопротивление будет зависеть от способа соединения, от материала, типа и сечения применяемых проводников. Для определения пожарной опасности необходимо знать величину сопротивления контактного соединения. Поэтому была поставлена задача экспериментального определения сопротивления основных типов контактных соединений. Для чего был проведен анализ применения контактных соединений в сетях 0.4 кВ, результаты представлены на рисунке 2.

На основании приведенной классификации были сконструированы испытательные стенды основных типов соединений применяемых при проведении монтажных работ. Измерения сопротивления контактного соединения производилось прибором ПТФ – 1, точность измерения которого составляет 10^{-6} Ом. Результаты опытов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Сопротивление различных видов контактных соединений

Тип соединения	Сопротивление контактного соединения при различных соединяемых проводниках, 10^{-5} Ом			
	Al 2.5 мм ²	Al 4 мм ²	Cu 1.5 мм ²	Cu 2.5 мм ²
скрутка	3960	321	47	62
скрутка + соединительный изолирующий зажим	178	161	57	49
соединительный изолирующий зажим	110	65	42	68
зажим соединительный безвинтовой разъемный 222-412		264	102	118
зажим соединительный безвинтовой 773-302		160	67	50
зажим соединительный безвинтовой 773-322	580	603	125	95
зажим соединительный безвинтовой 2273-202	93		56	53
зажим соединительный безвинтовой комбинированный	16		23	29
неразъемное соединение сваркой			35	56
неразъемное соединение пайкой			22	18
сжим ответвительный магистральный	685	961	30	45
зажим клеммный винтовой в корпусе	77	155	27	
болтовое соединение		201	24	17
клеммная колодка	24	-9	4	8

На основании проведенных экспериментов был выявлен ряд контактных соединений с наибольшим переходных сопротивлением. А именно, скрутка, которая запрещена новой редакцией ПУЭ но которая пользуется популярностью среди монтажников, показала себя с негативной стороны, особенно при соединении алюминиевых проводов. Различные

безвинтовые зажимы не обеспечивают надежного контакта и измеряемое сопротивление не постоянно, так как их применение целесообразно для монтажа линий освещения, но зачастую их применяют по незнанию для силовой проводки. Низкое сопротивление показали клемные зажимы, особенно на алюминиевом проводе, показавшем значение в 10^{-9} которое объясняется заменой части провода латунной втулкой с меньшим сопротивлением, однако недостатком данного вида соединения является необходимость протяжки.

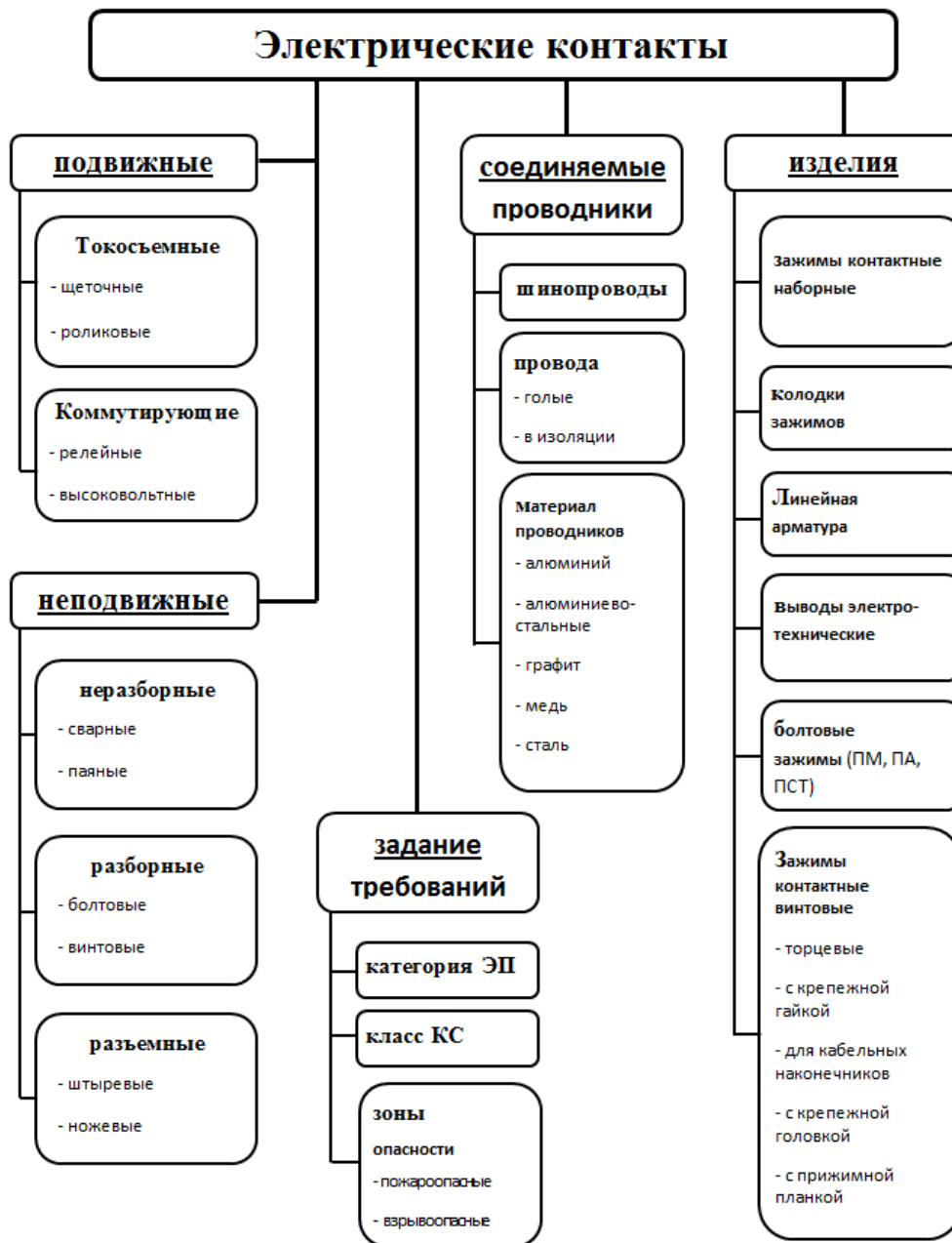


Рисунок - 2 классификация контактных соединений

Следует учесть, что замеры производились на новых контактах, в действительности электропроводка, а соответственно контактные соединения эксплуатируются в течение длительного периода времени. Это приводит к ухудшению первоначальных свойств, вследствие ослабления контакта, появления и разрастания оксидных пленок и загрязнения зоны контакта.

Список использованных источников

1. Сошников, А.А. Пожарная безопасность электроустановок зданий: Проблемы и перспективы / А.А Сошников // Ползуновский альманах.- 1999.- № 3.- С.31-33.
2. Обстановка с пожарами в Российской Федерации за 2010 год // Пожарная безопасность.- 2011.- №1.- С. 148-163.
3. Смелков, Г. И. Требования к пожарной безопасности к электрическим установкам: Сборник нормативных документов. Вып.-15. – М.:ВНИИПО, 2003. – 508с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ДУГОВЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ЭЛЕКТРОПРОВОДКАХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

Созинов В.К. - студент, Пастухов И.В. - студент, Полухин О.В. - инженер
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Анализ пожарной статистики за несколько последних лет (2009-2012гг.) обнаруживает значительную долю пожаров, вызванных причинами, связанными с электричеством. Такое положение предопределено следующими факторами:

- высоким уровнем электрификации производства и быта населения, сопровождающимся ростом потребления электроэнергии, увеличением числа электроустановок и бытовых электроприборов, протяженностью электросетей;
- значительным износом основной электроэнергетической инфраструктуры;
- несовершенством электросетей и электрической защиты от пожароопасных режимов; низким уровнем эксплуатации электроустановок.

Сведения о распределении электропожаров по видам изделий показывает, что более 70% от их общего числа связано с электропроводками. Анализ причин электропожаров приводит к выводу, что в подавляющем большинстве случаев они обусловлены короткими замыканиями (КЗ).

Приведенная статистика свидетельствует о том, что применение предохранителей и автоматических выключателей не в полной мере решает проблему защиты внутренних электропроводок от КЗ.

Причинами такого положения являются:

- недостатки действующих методик выбора электрической защиты [1], когда формально правильный выбор защиты не адекватен скорости и особенностям развития пожароопасной ситуации при КЗ;
- не учитывается пережигающее действие электрической дуги, сопровождающей большинство КЗ. При этом время горения дуги значительно меньше времени срабатывания электрической защиты.

Разработка рекомендаций по эксплуатации электроприборов, учитывающих фактор дугового короткого замыкания, создание новых средств защиты и диагностики аварийных режимов и последующие их внедрение может резко сократить количество пожаров и случаев электротравматизма.

Разработанная в Алтайском государственном техническом университете технология обеспечения пожарной и электрической безопасности позволяет строить электрическую защиту с учетом дугового короткого замыкания [2]. Для своего функционирования технология требует значений предельных характеристик пережога проводников электрической дугой короткого замыкания.

Характеристиками пережога являются время пережога и соответствующая величина тока КЗ. Получение приближенных оценочных значений характеристик пережога возможно расчетным (аналитическим) путем. Расчет возможен исходя из предположения о электрическом взрыве жидкой перемычки проводниковых материалов, возникающем в зоне КЗ. Условием взрыва перемычки является равенство:

$$Q_{\text{ж}} = Q_{\text{тр}}$$

где Q_h - количество теплоты, выделившееся в перемычке за время короткого замыкания; Q_{tr} - количество теплоты, необходимое для испарения перемычки. Количество теплоты Q_h , выделившееся в перемычке за время короткого замыкания определяется на основании закона Джоуля-Ленца равенством, Дж:

$$Q_h = \frac{4\rho l_k^2 I_k \tau_k}{\pi d^2},$$

где ρ - удельное сопротивление жидкого металла, Ом·м; l_k - длина перемычки в момент взрыва, м; τ_k - длительность короткого замыкания, с; d - диаметр перемычки, м. Диаметр перемычки определяется из соотношения величины тока и плотности тока:

$$d^2 = \frac{4I_k}{\pi j}.$$

Количество теплоты Q_{tr} , необходимое для испарения перемычки определяется выражением:

$$Q_{tr} = \frac{l_k q_n \gamma \pi d^2}{4},$$

где q_n - удельная теплота фазового превращения металла, Дж·кг⁻¹; γ - плотность расплавленного металла, кг·м⁻²; Таким образом, после преобразований получаем зависимость времени протекания процесса дугового короткого замыкания от величины тока:

$$\tau_k = \frac{q_n \gamma \pi d^2}{\rho I_k j}.$$

Точные значения характеристик пережога возможно получить на основе физических экспериментов, путем проведения контролируемого опыта короткого замыкания.

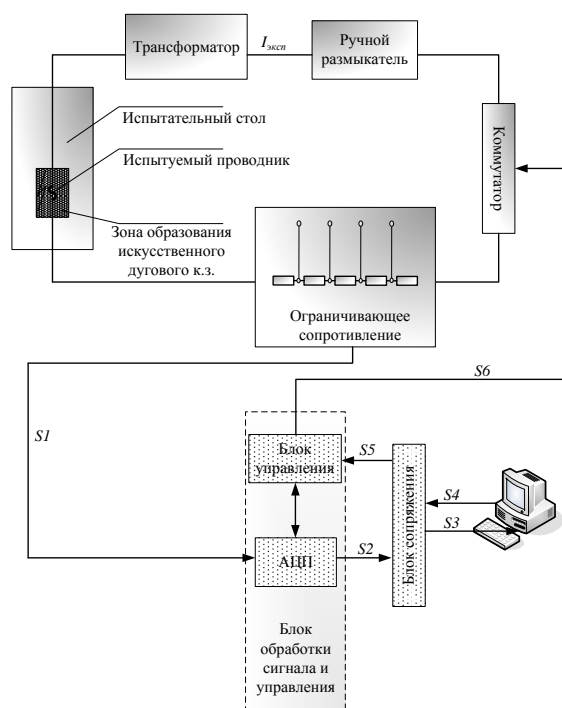


Рисунок 1

В Алтайском государственном техническом университете разработан автоматизированный метод исследования дугового короткого замыкания (рисунок 1), с помощью экспериментальной установки, позволяющей проводить контролируемые испытания электропроводки электрической дугой КЗ.

Основными преимуществами установки являются:

- возможность получения незатухающей электрической дуги за счет создания зоны образования искусственного короткого замыкания, содержащей специальный технологический слой по техническому решению RU 2249826 С2;

- автоматизация процесса получения данных;

- возможность исключения влияния аperiodической составляющей тока короткого замыкания, искажающей результат измерения при малой длительности дугового разряда;

- повышение точности за счет проведения измерений непосредственно в процессе КЗ;

- возможность исследования пережигающего эффекта при длительности дугового разряда менее одного полупериода.

Установка представляет собой информационно-измерительную систему.

Экспериментальная электрическая цепь содержит испытательный стол с зоной образования искусственного короткого замыкания, силовой трансформатор для питания экспериментальной цепи, ограничивающее ток сопротивление из марганца, коммутатор, осуществляющий функцию замыкания экспериментальной цепи в определенный момент времени. Система обработки информации и управления образована персональным

компьютером, блоком обработки сигнала и управления, блоком сопряжения и специализированным программным обеспечением. Блок обработки сигнала и управления основан на микроконтроллере AT Mega16 и предназначен для обработки сигнала и передачи его в компьютер. На схеме обозначены: S2, S3 – цифровой сигнал, соответствующий величине тока дугового КЗ, S4, S5, S6 – управляющие сигналы, I_{экс} – ток дугового КЗ, протекающий в экспериментальной цепи, S1 – аналоговый сигнал в виде напряжения, снимаемого с одного из участков. В начальный момент времени экспериментальная цепь разомкнута. Замыкание цепи предусмотрено с помощью коммутатора. Ручной размыкатель замкнут. Начало опыта инициируется сигналом с ПЭВМ (S4). Сигнал на начало опыта передается через блок сопряжения на блок управления блока цифровой обработки и управления (S5). Блок управления выдает сигнал на коммутатор (S6), а также, взаимодействует с АЦП. Коммутатор, получив запускающий сигнал, замыкает экспериментальную электрическую цепь. Трансформатор обеспечивает необходимый диапазон значений силы тока. В качестве питающего трансформатора используется силовой трансформатор мощностью 630-1000 кВА, напряжением 6-10/0,4 кВ, соединенный с распределительным пунктом реально действующей электрической сети. В ячейке РУ-0,4 кВ убраны трансформаторы тока, счетчик, автоматы и шины. Кабели к ограничивающему сопротивлению и к размыкателю подсоединяются в однофазном режиме. В каждом конкретном опыте величина тока регулируется с помощью ограничивающего сопротивления, имеющего отводы для указанной регулировки. Таким образом, после замыкания коммутатора в экспериментальной электрической цепи начинает протекать ток КЗ. В зоне образования искусственного дугового КЗ, в месте замыкания испытуемого проводника на контактную поверхность, благодаря наличию специального слоя выполненного согласно технического решения RU 2249826 С2, возникает электрическая дуга. Специальный технологический слой создает условия, благодаря которым в процессе опыта получается именно дуговое короткое замыкание. Данный слой выполняет функцию ионизирующей среды и препятствует привариванию проводника к участку проводящей контактной поверхности. В определенные моменты времени, после начала опыта, напряжение пропорциональное току КЗ (S1) снимается с одного из резисторов ограничивающего сопротивления и подается в АЦП блока обработки сигнала и управления. Двоичный код (S2) соответствующий значению аналогового сигнала, через блок сопряжения поступает в порт ПЭВМ (S3) и далее фиксируется в базе данных характеристик пережога. Опыт заканчивается разрывом цепи при пережоге испытуемого проводника либо сигналом с ПЭВМ на размыкание коммутатора.

Список использованных источников

1. Сошников, С.А. Снижение пожарной опасности коротких замыканий в электроустановках объектов агропромышленного комплекса/ С.А. Сошников // Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук.– М.: - 2008.-24 с.
2. Никольский, О.К. Комплексная система обеспечения безопасности электроустановок сельских населенных пунктов. Методические и практические рекомендации [Текст]/О.К. Никольский, А.А. Сошников, О.Н. Дробязко, Т.В. Еремина, С.А. Сошников, Ю.С. Лукьянов, С.Н. Серов, Б.С. Компанец, С.Ф. Нефедов, О.В. Полухин; под ред. А.А. Сошникова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011.-112 с.

АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОТРАВМ В АУДИТОРИИ 207 КОРПУСА «А» АЛТГТУ

Титов Е.В. – к.т.н., ст. преподаватель, Мигалёв И.Е. – инженер, Чильчинов А.Г. – студент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Практически в процессе любой трудовой деятельности человека окружают разнообразные технические средства, являющиеся потенциальными источниками электротравматизма.

Электротравмы возможно классифицировать по следующим критериям:

- 1) место получения травмы,
- 2) характер воздействия электрического напряжения,
- 3) характер травмы (местные и общие электротравмы).

В зависимости от места получения, выделяют следующие виды электротравм: производственные, природные и бытовые. По характеру воздействия электрического тока электротравма может быть мгновенной и хронической [1].

Изучение представленной проблемы позволяет выявить следующие основные причины электротравм:

- прямой контакт с токоведущими элементами электрических установок,
- работа с электроустановками без предварительного снятия напряжения,
- халатность и невнимательность (неправильная подача напряжения и отключение источника питания, неудовлетворительное состояние изоляции).

На основе проведенного анализа причины электротравм можно систематизировать следующим образом:

- технические причины (неисправность оборудования, неправильная его эксплуатация),
- организационные (невыполнение правил техники безопасности),
- психофизиологические (усталость, сниженное внимание).

Следует отметить, что опасными для человека и приводящими к электротравме считаются показатели: величина силы тока, превышающая 0,15 А, а также переменное и постоянное напряжение более 36 В.

Анализ опасности получения электротравм в аудитории 207 корпуса «А» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова (АлтГТУ) позволяет выявить следующие основные потенциальные источники:

- электрические двигатели;
- внутренние элементы, входящие в состав лабораторных стендов;
- розетки 220 В.

Во избежание электропоражений во время работы в данной аудитории разработаны следующие правила:

- после сборки всей электрической цепи, стенд следует включать после разрешения преподавателя;
- приступать к измерениям, когда установка собрана правильно и отдельные ее узлы надежно закреплены;
- все изменения в электрической цепи можно проводить только при выключенном источнике электропитания;
- проверять наличие напряжения на источнике питания или других частях электроустановки возможно с помощью специального прибора для измерения напряжения;
- при обнаружении неисправности в электрических устройствах, находящихся под напряжением, следует отключить источник электропитания и сообщить об этом преподавателю;
- не разбирать и не развинчивать приборы;
- по окончании работ нужно отключить источник электропитания и разобрать электрическую цепь.

Таким образом, во избежание получения электротравм необходимо соблюдать технику безопасности и меры предосторожности при проведении лабораторных работ.

Список использованных источников

1. Довгуша В.В., Биологическое действие низкоинтенсивных экологических факторов на организм человека / В.В. Довгуша, И.Д. Кудрин, М.Н. Тихонов и др. // Экология промышленного производства. – 1999. – Вып.1. – С. 3-14; Вып.2. – С. 9-22.

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ АЛТГТУ Титов Е.В. – к.т.н., ст. преподаватель, Мигалёв И.Е. – инженер, Синицин В.К. – студент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время проблема электромагнитного загрязнения широко известна неблагоприятными последствиями для здоровья людей, подверженных постоянному воздействию электромагнитных излучений (ЭМИ), сложных по частотному составу, разнообразно модулированных и непостоянных во времени и в пространстве.

Для изучения состояния электромагнитной безопасности в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова (АлтГТУ) нами проведены экспериментальные исследования параметров электромагнитных излучений [1, 2].

В таблице 1 приведены результаты измерения напряженности магнитного поля от различных источников излучений в диапазоне частот 50 Гц – 30 кГц на расстоянии 0,1 м от каждой внешней поверхности источника в аудиториях АлтГТУ с помощью приборов ПЗ - 50 и ПЗ - 41.

Таблица 1 – Результаты измерения напряженности магнитного поля от наиболее опасных источников излучений в диапазоне частот 50 Гц – 30 кГц аудиториях АлтГТУ

Наименование объекта	Область измерения	Напряженность магнитного поля <i>H, А/м</i>	
		приборы	
		<i>ПЗ-50</i>	<i>ПЗ-41</i>
		частоты	
		<i>50 Гц</i>	<i>30 кГц</i>
Источник бесперебойного питания «АРС 1000 ВА»	спереди	0,2	0,21 (10,5)
	сзади	6,8 (34)	0,23 (11,5)
	слева	1,72 (8,6)	0,11 (5,5)
	справа	6,3 (31,5)	0,16 (8)
	сверху	1,59 (7,95)	0,04 (2)
	снизу	0,8 (4)	0,4 (20)
Блок питания ЖК монитора «Panasonic»	спереди	45 (225)	0,11 (5,5)
	сзади	15 (75)	0,12 (6)
	слева	10,88 (54,4)	0,18 (9)
	справа	3,08 (15,4)	0,1 (5)
	сверху	19 (95)	0,12 (6)
	снизу	7,73 (38,65)	0,11 (5,5)
Беспроводная оптическая мышь «Battery Free» на коврик «Magic	спереди	0,27 (1,34)	13,1 (65,5)
	сзади	0,21 (1,05)	22,05 (110,27)
	слева	0,65 (3,25)	24,06 (120,3)
	справа	1,67 (8,35)	34,38 (171,9)

Magnetism»	сверху	0,69 (3,45)	6,14 (30,7)
	снизу	6 (30)	28,92 (144,6)
Предельно допустимый уровень [3]		0,2	0,02

Результаты экспериментальных измерений показывают, что в образовательных учреждениях имеют место недопустимые превышения уровней магнитных полей, что необходимо учитывать при выборе электроприборов и другого электрооборудования, а также режимов его эксплуатации и защитных мероприятий.

Список использованных источников

1. Сошников, А. А. Контроль электромагнитной обстановки на объектах с источниками электромагнитных излучений [Текст] / А.А. Сошников, Н.П. Воробьев, Е.В. Титов // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2012. – № 4. – С.64-68.
2. Титов, Е. В. Анализ опасности электромагнитных излучений в помещениях [Текст] / Е. В. Титов // Вестник АГАУ. – Барнаул, 2012. – № 12 (98). – С. 94 – 97.
3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Текст].