

На правах рукописи



Сошников Сергей Александрович

**СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ
КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ
ОБЪЕКТОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

Специальность 05.20.02 – Электротехнологии
и электрооборудование в сельском хозяйстве

**Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата
технических наук**

Барнаул - 2008

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»

Научный руководитель: Заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор О. К. Никольский (ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»)

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор В. И. Пантелеев (ГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»);

кандидат технических наук, доцент Ю. А. Меновщиков (ФГОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет»)

Ведущая организация: ФГОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный университет»

Защита состоится « ____ » _____ 2008 года в ____ час на заседании диссертационного совета Д 212.004.02 в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова по адресу: 656038, г. Барнаул, проспект Ленина, 46.

<http://www.altstu.ru>; ntsc@desert.secna.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью Вашего учреждения, просим направлять по указанному адресу на имя ученого секретаря диссертационного совета.

Автореферат разослан « ____ » сентября 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.т.н., профессор



Л.В. Куликова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Состояние пожарной безопасности электроустановок на объектах агропромышленного комплекса остается неудовлетворительным. Около 20% пожаров обусловлено электротехническими причинами (электропожары). До 70% электропожаров вызывают короткие замыкания (к.з.). При этом наиболее пожароопасным видом электротехнических изделий являются электропроводки.

Защиту от аварийных режимов должны обеспечивать системы безопасности электроустановок (СБЭ), техническую основу которых составляют предохранители, автоматические выключатели и устройства защитного отключения (УЗО). Особенностью электроустановок АПК являются низкие значения токов короткого замыкания (что приводит к увеличению времени срабатывания электрической защиты), неудовлетворительное техническое состояние сельских сетей и низкий уровень их эксплуатации.

В большинстве случаев электрическая защита на основе предохранителей и автоматических выключателей не исключает возникновения пожаров от к.з. Одной из причин этого является то, что современные методики выбора защиты не учитывают воздействие на электропроводку электрической дуги, как правило, возникающей при к.з.

Другой причиной высокой пожарной опасности коротких замыканий в сельских электроустановках является крайне ограниченное использование устройств защитного отключения. В значительной степени это обусловлено состоянием соответствующей нормативной базы, которой, в частности, практически не предусмотрено целенаправленное использование УЗО для предупреждения пожаров от электроустановок.

Целью работы является обоснование принципов построения эффективных систем безопасности электроустановок, обеспечивающих снижение количества пожаров от коротких замыканий на объектах агропромышленного комплекса.

Для достижения поставленной цели необходимо решение **следующих задач:**

- развитие теории вероятностного моделирования пожаров от к.з. в электроустановках 0, 38 кВ, с учетом основных пожароопасных факторов;
- разработка критериев оценки пожарной опасности к.з. в электроустановках зданий;
- разработка программного обеспечения для практической реализации технологии предупреждения пожаров от к.з.;
- совершенствование экспериментальных методов исследования пережигающего действия дуговых к.з. для создания баз характеристик пережога проводов;
- конструктивная модернизация многофункциональных устройств защитного отключения с целью приведения в соответствие современным требованиям ПУЭ и расширения использования в качестве головной ступени двухступенчатой защиты электроустановок от пожаров;

- разработка предложений по совершенствованию нормативной базы в области предупреждения пожаров от электроустановок, в том числе, за счет использования УЗО.

Объект исследования. Процесс функционирования систем безопасности электроустановок до 1000 В при коротких замыканиях.

Предмет исследования. Обоснование методов выбора структуры и параметров СБЭ для предупреждения пожаров от коротких замыканий.

Методы исследования. Теория вероятностей, математическое моделирование, исследование операций, компьютерное моделирование.

Научную новизну представляют:

- математические модели пожарной опасности коротких замыканий, учитывающие основные факторы возникновения пожара;

- количественные показатели пожарной опасности основных видов коротких замыканий в электроустановках зданий при наличии и отсутствии УЗО;

- метод предупреждения пожаров от коротких замыканий, на основе оптимизации структуры и параметров электрической защиты по результатам количественной оценки ее эффективности в условиях заданных экономических ограничений.

Практическую ценность работы представляют:

- методика компьютерной диагностики электрической защиты в электроустановках конкретных объектов, позволяющая оценить пожарную опасность к.з. и при необходимости принять меры по предупреждению пожаров;

- программный комплекс «СКЭД-380» (Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006610714), позволяющий определить целесообразность замены электропроводки и аппаратов существующей электрической защиты в зданиях, а также необходимость и объем применения устройств защитного отключения;

- технические решения по совершенствованию экспериментальной установки для исследования пожарной опасности коротких замыканий и пополнения баз характеристик пережога электропроводок (патент на изобретение № 2249826);

- многофункциональные устройства защитного отключения, конструктивно доработанные в соответствии с современными требованиями ПУЭ.

Работа выполнена в соответствии с Концепцией развития электрификации сельского хозяйства России (МСХ РФ, Минэнерго РФ, РАСХН / М., 2002 г.) и Программой Старт-05 Государственного фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Реализация и внедрение результатов работы.

Научные положения, выводы и рекомендации использованы при реализации Плана мероприятий по обеспечению безопасности электроустановок в городах и районах Алтайского края на 2004-2008 гг., утвержденного в 2003 г. Постановлением администрации Алтайского края № 613; краевой целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычай-

ных ситуаций природного и техногенного характера в Алтайском крае на 2005 - 2010 годы».

Методика компьютерной диагностики электрической защиты от коротких замыканий принята к использованию Алтайским региональным центром электропожаробезопасности, в том числе для выполнения работ по Программе Минобразования России на 2004-2007 годы «Безопасность образовательного учреждения».

Технические предложения по конструктивной модернизации многофункционального устройства защитного отключения приняты для реализации Барнаульским геофизическим заводом.

Технология предупреждения пожаров от электроустановок представлена в книге «Основы электромагнитной совместимости», допущенной Минобрнауки РФ в качестве учебника для студентов электротехнических специальностей вузов.

Апробация работы. Основные материалы и результаты работы представлялись и обсуждались на Международных научно-практических конференциях «Проблемы снижения риска и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Алтайского края, сопредельных территориях Российской Федерации и Республики Казахстан» (Барнаул, 2005, 2006, 2007 гг.); ежегодных научно-технических конференциях студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава Алтайского государственного технического университета (Барнаул, 2005, 2006, 2007, 2008 гг.); IX городской научно-практической конференции «Молодежь – Барнаулу» (Барнаул, 2007 г.); Всероссийском конкурсе инновационных проектов аспирантов и студентов по приоритетным направлениям развития науки и техники" (Москва, 2005 г.); III Всероссийской научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии» (Челябинск, 2006 г.).

На защиту выносятся следующие основные положения:

1. Снижение числа электропожаров в АПК достигается путем создания эффективных систем безопасности электроустановок (СБЭ) с учетом пережигającego действия и основных пожароопасных факторов коротких замыканий.

2. Количественная оценка эффективности различных СБЭ может производиться на основе расчета коэффициентов незащищенности электрической сети, а также показателей пожарной опасности, определяемых с учетом вероятностей возникновения различных видов к.з. при наличии и отсутствии УЗО.

3. Создание эффективной СБЭ, снижающей пожарную опасность к.з. до 5 раз и более возможно за счет соответствующего подбора параметров автоматических выключателей и предохранителей, учитывающего действие дуговых к.з. Дальнейшее улучшение количественных показателей эффективности СБЭ до 3 раз и более обеспечивается применением двухступенчатой системы защиты на основе УЗО с использованием в качестве головной ступени многофункциональных устройств.

4. Построение СБЭ с учетом показателей пожарной опасности к.з. позволяет обоснованно выбирать эффективные и экономичные варианты при проектировании новых и реконструкции существующих систем электрической защиты и электроснабжения зданий. При этом расчетные значения дополнительных затрат на реконструкцию могут быть снижены по одному объекту на 170-180 тыс. руб. и более.

Публикации. По материалам диссертационных исследований опубликовано 9 печатных работ, в том числе, патент на изобретение и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 132 страницах машинописного текста, содержит 24 рисунка, 15 таблиц, 5 приложений. Список литературы включает 102 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель и задачи исследования, приведены сведения об апробации основных результатов работы, изложены основные положения диссертации, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ состояния электрической и пожарной безопасности электроустановок объектов АПК и обоснованы цель и задачи исследования.

В сельской местности Российской Федерации в 2007 году зарегистрировано около 73 тысяч пожаров (34,6% от общего количества пожаров в России), при которых погибло более 7 тысяч человек, прямой материальный ущерб составил 3,39 млрд. рублей. Около 20% пожаров обусловлено электротехническими причинами.

Основной причиной электропожаров (до 70 % от их общего числа) являются короткие замыкания (к.з.) и развивающиеся токи утечки через изоляцию электропроводок. При этом наиболее пожароопасным видом электротехнических изделий являются электропроводки. Ежегодно в АПК выходит из строя до 18 % электропроводок, предельный срок их службы составляет 10 - 15 лет.

Безопасную эксплуатацию электроустановок должны обеспечивать системы безопасности электроустановок (СБЭ). Техническую основу СБЭ, созданных в XX веке, составляли предохранители и автоматические выключатели. Однако многолетний опыт эксплуатации электроустановок в сельском хозяйстве показал низкую эффективность такой защиты, как в части предупреждения электропожаров, так и обеспечения электробезопасности.

Одной из причин этого являются особенности сельских электрических сетей, характеризующихся значительной протяженностью воздушных линий и небольшой мощностью трансформаторов потребительских подстанций, что

приводит к низкой кратности токов короткого замыканий и возможности длительного существования аварийных режимов

Высокую пожарную опасность во внутренних электрических сетях представляют дуговые к.з. Возникающая электрическая дуга, температура которой достигает нескольких тысяч градусов, может воспламенить изоляцию или другие горючие материалы, что вместе с действием искр и расплавленных частиц металла приводит к развитию пожара. Современные методики выбора электрической защиты не учитывают воздействие электрической дуги к.з. на электропроводки. В 7-м издании ПУЭ регламентирована проверка чувствительности защиты по времени срабатывания, вместо принятой ранее кратности по отношению к токам к.з. Однако задаваемое время (не более 0,4 с, а в ряде случаев допускаемое до 5 с) не гарантирует исключение пожарной опасности к.з., из-за существенно более высокой скорости протекания пожароопасных процессов. Тем самым допускается возможность электропожара еще на этапе проектирования защиты.

Другой причиной высокой опасности аварийных режимов в сельских электроустановках является крайне ограниченное использование устройств защитного отключения. С 1990-х годов в России начался этап перехода к широкому оснащению электроустановок устройствами защитного отключения. Однако до сих пор в агропромышленном комплексе эта защитная мера не получила должного распространения, хотя УЗО являются высокоэффективными устройствами, обеспечивающими резкое снижение электротравматизма населения и предупреждение пожаров от электроустановок. В значительной степени это обусловлено состоянием соответствующей нормативной базы, которой, в частности, практически не предусмотрено целенаправленное использование УЗО для предупреждения пожаров от электроустановок.

Положение усугубляется недофинансированием мероприятий по пожарной безопасности и охране труда.

Необходимо отметить актуальность технических систем безопасности электроустановок. Характерным не только для АПК, но и для всей страны является возрастающий объем нарушений требований пожарной безопасности при эксплуатации зданий. Согласно статистике, на сегодняшний день в России предписания пожарного надзора выполняются в среднем на 70 %.

Одним из актуальных направлений повышения безопасности электроустановок является практическая реализация научно-обоснованных технических решений, снижающих пожарную опасность коротких замыканий. Условием их широкого внедрения является нормативное правовое обеспечение.

До начала 1990-х годов использование УЗО для предупреждения пожаров от электроустановок в нормативных документах практически не предусматривалось. В определенной степени это явилось следствием того, что УЗО создавались для предотвращения смертельных электропоражений людей при прикосновении к токоведущим частям электроустановок.

Некоторые требования к применению УЗО в качестве противопожарной защиты, стали появляться с 1993 г., когда в России начался ввод в дей-

ствие группы стандартов на электроустановки зданий, гармонизированных со стандартами Международной электротехнической комиссии (МЭК).

Учитывая, что УЗО отключают электроустановку при возникновении пожароопасного тока утечки через изоляцию, на который не реагируют предохранители и автоматические выключатели, Приказом Главного управления Государственной противопожарной службы МВД РФ от 18 июня 1996 г. № 33 они были включены в Перечень пожарно-технической продукции.

В настоящее время требования к УЗО и их использованию для противопожарной защиты электроустановок зданий определены на федеральном уровне Нормами Государственной противопожарной службы МВД России; Методическими рекомендациями ФГУ ВНИИПО МЧС России 2000 г. и Правилами устройства электроустановок (7-е издание). Кроме того, в последние годы действует ряд нормативно-правовых актов, регламентирующих применение УЗО, например, совместный приказ МЧС РФ и Министерства образования РФ от 17.04.2003 г. № 190 /1668 «О мерах по повышению уровня пожарной безопасности образовательных учреждений».

Однако говорить о массовом использовании УЗО для предупреждения пожаров от электроустановок пока преждевременно. Причиной этого является преимущественно рекомендательный характер требований к противопожарной защите на основе УЗО, а также недофинансирование принятых программ и утвержденных мероприятий.

С целью повышения эффективности предупреждения пожаров от электроустановок необходимо нормативное определение области обязательного применения УЗО, а также правил их целенаправленного проектирования для противопожарной защиты.

В Алтайском государственном техническом университете (АлтГТУ) с начала 1990-х годов ведутся работы по созданию оптимальных систем комплексной безопасности электроустановок низкого напряжения, обеспечивающих одновременное существенное снижение электротравматизма и пожаров. Задача оптимизации сводится к выбору наилучшей СБЭ с точки зрения обеспечения наименьшей опасности электропоражений и наименьшей опасности пожаров по электрическим причинам при заданных экономических ограничениях. Для ее решения используется комплексный критерий эффективности на основе “свертки” частных критериев пожаробезопасности и электробезопасности в один скалярный $F_{СЭПБ}(X)$.

В качестве показателя эффективности при оптимизации пожаробезопасности используется вероятность возникновения пожара на объекте из-за короткого замыкания в сети. Этот критерий получен на основе вероятностного моделирования пожаров от дуговых к.з.

Одним из основных допущений рассматриваемой методики принимается возникновение пожара только в результате загорания изоляции электропроводки при к.з. Для этого рассчитывается условная вероятность загорания изоляции $P\left(\frac{3}{K3}\right)$ при к.з. на участке сети по результатам сопоставления характеристик пережигания проводов и срабатывания защиты этого участка.

Вероятность пожара $P_{s,T}^{Ki}(\Pi)$ от к.з. i -го вида в течение времени T на s -ом участке сети определяется по формуле:

$$P_{s,T}^{Ki}(\Pi) = P_{s,T}^{Ki} \left[P\left(\frac{3}{K3}\right) \right] Q_Y Q_P Q_{T3}, \quad (1)$$

где $P_{s,T}^{Ki}$ - вероятность возникновения к.з. i -го вида на s -ом участке сети в течение времени T ; Q_Y - вероятность сосредоточения пожароопасного вещества вблизи электропроводки; Q_P - вероятность перерастания возникшего загорания в пожар; Q_{T3} - вероятность отказа системы пожаротушения.

С учетом допущения о том, что за время T пожар на объекте вызывается загоранием изоляции от к.з. только на одном из участков сети, причем к.з. на всех участках равновероятны, вероятность пожара от к.з. i -го вида в сети с S участками в течение времени T определяется по формуле полной вероятности:

$$P_T^{Ki}(\Pi) = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S P_T^{Ki} \left[P\left(\frac{3}{K3}\right) \right] Q_Y Q_P Q_{T3}, \quad (2)$$

где P_T^{Ki} - вероятность возникновения к.з. i -го вида в электрической сети в течение времени T .

При практическом использовании данной методики возникают определенные трудности. Прежде всего, необходимо отметить проблематичность задания значений Q_Y , Q_P , Q_{T3} для конкретных объектов. В расчетах эти значения принимаются равными 1, поэтому фактически определяется не вероятность пожара, а вероятность загорания изоляции электропроводки при к.з.

Кроме того, для широкого применения рассмотренного подхода необходимо создание информационной базы характеристик пережога проводов током дугового к.з., а также зависимостей вероятностей загорания изоляции электропроводки от времени пережога проводов для всех применяемых в существующих и проектируемых электроустановках типов изоляции, материалов и сечений проводов.

Выражение (1) учитывает только пожарную опасность загоревшейся изоляции. При этом пожароопасные факторы, обусловленные действием самой электрической дуги на горючие материалы, а также раскаленных частиц металла во внимание не принимаются.

При вероятностном моделировании пожаров от к.з. в электропроводках необходимо учитывать, что наибольшую пожарную опасность представляют участки электрической сети, для которых время пережога проводов током дугового к.з. меньше времени срабатывания защиты. В этом случае защита не уменьшает длительность процесса пережога и, следовательно, не влияет на это явление и на весь дальнейший процесс развития пожара. Поэтому можно характеризовать степень пожарной опасности не возможностью воспламенения изоляции, а возможностью пережога проводов электрической се-

ти до срабатывания защиты. При этом учитываются все пожароопасные факторы дугового к.з. и отсутствует необходимость создания информационной базы по зажиганию изоляции электрической дугой при к.з. Создание же базы характеристик пережога является более простой задачей, так как количество видов материалов проводников несоизмеримо меньше видов и типов изоляции электропроводки.

Предложенный подход требует перехода к новым критериям пожарной опасности коротких замыканий, учитывающим воздействие электрической дуги и раскаленных частиц металла, как на изоляцию, так и на другие горючие материалы. При этом необходима разработка нового программного обеспечения и соответствующих методик выбора эффективных вариантов СБЭ.

В то же время необходимо развитие информационной базы по характеристикам пережога электропроводок, что требует совершенствования экспериментальных методов ее получения и обработки.

Изложенное обосновывает цель, поставленную в работе и задачи, подлежащие решению.

Вторая глава посвящена вопросам развития математического моделирования пожарной опасности коротких замыканий.

Будем называть диапазон токов к.з. данного вида на участке сети, для которого время пережога меньше времени срабатывания защиты, незащищенной зоной или зоной пережога (рисунок 1).

Методика определения зоны пережога предполагает одновременное использование двух переменных – координаты точки к.з. на участке сети и величины тока к.з. Эти переменные являются зависимыми: каждой точке к.з. (задаваемой своей координатой) соответствует определенное значение тока к.з., и наоборот, каждому значению тока к.з. соответствует точка к.з.

Отношение диапазона токов к.з., для которого время пережога меньше времени срабатывания защиты, к диапазону токов к.з. на участке сети можно интерпретировать, как долю незащищенной части участка сети.

Для построения вероятностных показателей, характеризующих пожаробезопасность электропроводок, сформируем два показателя, основанных на соотношениях между длинами зон пережога и длинами участков сети.

Обозначим символом l_s длину s-го участка сети ($s=1, 2, \dots, S$), а символом $l_s^{npz(i)}$ - длину зоны пережога для i-го вида к.з. на этом участке. Введем показатель, называемый коэффициентом незащищенности участка сети для i-го вида к.з.:

$$k_s^{nz(i)} = \delta l_s^{npz(i)} = \frac{l_s^{npz(i)}}{l_s}, \quad (3)$$

где $\delta l_s^{npz(i)}$ - доля незащищенной части участка сети для i-го вида к.з.

Нулевое его значение отвечает отсутствию опасности пережога на участке сети (и, как следствие, значительно меньшей опасности пожара, чем при наличии зоны пережога, так как процесс развития к.з. ограничивается электрической защитой), а единичное – полной незащищенности участка сети от

пережога. Очевидно, что, чем меньше величина такого показателя, при прочих равных условиях, тем меньшую пожарную опасность представляет данный вид к.з. на этом участке, и, соответственно, тем лучше он защищен.

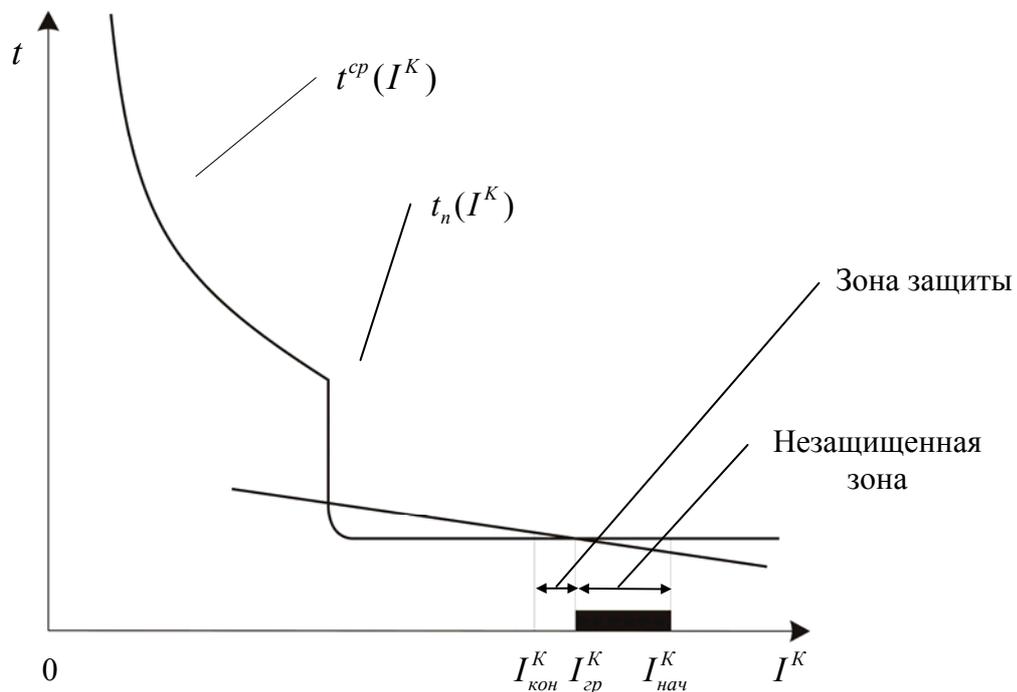


Рисунок 1 - Совмещенные характеристики пережога провода $t_n(I^K)$ и срабатывания автоматического выключателя $t^{cp}(I^K)$

На основе показателя (3) может быть построен показатель, характеризующий пожарную опасность пережога в сети в целом (и, соответственно - эффективность системы электрической защиты) для i -го вида к.з. Он может быть определен как отношение суммы длин зон пережога к сумме длин всех участков сети:

$$K^{нз(i)} = \Delta l^{нз(i)} = \frac{\sum_{s=1}^S l_s^{нз(i)}}{\sum_{s=1}^S l_s}, \quad (4)$$

где $\Delta l^{нз(i)}$ - доля незащищенной части электрической сети для i -го вида к.з.; $l_s^{нз(i)}$ - длина незащищенной части s -го участка сети.

Назовем этот показатель коэффициентом незащищенности сети для i -го вида к.з. Граничными его значениями являются 0 и 1. При этом меньшей опасности пережога в сети (большей эффективности системы электрической защиты) соответствует меньшее значение показателя.

Короткие замыкания в сети могут происходить на любом ее участке. На протяжении некоторого фиксированного интервала времени они могут происходить по несколько раз. Важной особенностью такого явления является то, что по отношению к участку сети обычно заранее не могут быть определены ни сам факт возникновения к.з. (на некотором интервале времени), ни место положения точки к.з.

Примем допущение о том, что за время T (обычно равное одному году) в сети происходит не более одного к.з., причем вероятность i -го вида к.з. составляет P_T^{Ki} . Из этого допущения следует, что за то же время возможно возникновение не более одного к.з. на одном из участков сети. На вероятность возникновения к.з. на s -ом участке сети $P_{s,T}^{Ki}$ влияет большое число факторов, таких как условия эксплуатации электропроводки, качество ее монтажа, протяженность участка и др. Учитывая отсутствие возможности учета всех этих факторов, примем допущение, что значение этой вероятности пропорционально доле протяженности участка сети:

$$P_{s,T}^{Ki} = P_T^{Ki} \frac{l_s}{\sum_{s=1}^S l_s} \quad (5)$$

Рассмотрим возможность вероятностной оценки опасности пережога проводов для всей сети.

При принятых допущениях вероятность события «пережог проводов в сети» за время T можно оценить на основе формулы полной вероятности:

$$P_{s,T}^i(Prz) = \sum_{s=1}^S P_{s,T}^{Ki} P_s^i(Prz / K3), \quad (6)$$

где $P_{s,T}^i(Prz)$ - вероятность пережога проводов на одном из участков сети за время T для i -го вида к.з.; $P_s^i(Prz / K3)$ - условная вероятность пережога проводов при i -м виде к.з. на s -м участке сети.

Принимая гипотезу о равномерном законе распределения точки к.з. вдоль участка сети и учитывая, что значение P_T^{Ki} не зависит от номера участка сети, выражение (6) можно представить в виде:

$$P_s^i(Prz) = P_T^{Ki} \frac{\sum_{s=1}^S l_s^{npz(i)}}{\sum_{s=1}^S l_s}. \quad (7)$$

Второй сомножитель в формуле (7) совпадает по виду с введенным ранее показателем (4). Это позволяет дать вероятностную интерпретацию коэффициента незащищенности сети, как показателя, характеризующего вероятность пережога проводов на участках сети при возникновении к.з. i -го вида.

Введенные показатели оценивают пожарную опасность в форме опасности пережога электропроводки. Естественно считать лучшей ту систему защиты, которая обеспечивает меньшую опасность пережога в сети или на ее участках (меньшее значение показателей). В то же время эти показатели нельзя использовать для сравнения эффективности электрической защиты различных объектов. Это обусловлено тем, что опасность пережога проводов на каждом участке сети определяется совокупным влиянием двух факторов:

возможностью к.з. и возможностью пережога при наличии к.з. Поэтому расчет показателей может производиться только «при прочих равных условиях», что правомерно лишь в рамках одного объекта.

С учетом введенных показателей расчетная формула (1) может быть представлена в виде:

$$P_{s,T}^{Ki}(\Pi) = P_{s,T}^{Ki} k_s^{нз(i)} Q_Y Q_3 Q_P Q_{T3}, \quad (8)$$

где $P_{s,T}^{Ki}(\Pi)$ вероятность пожара от к.з. i -го вида на s -том участке сети в течение времени T ; Q_Y - вероятность сосредоточения пожароопасного вещества (включая наличие горючей изоляции) вблизи электропроводки; Q_3 - вероятность воспламенения пожароопасного вещества в результате воздействия электрической дуги или раскаленных частиц металла; Q_P - вероятность перерастания возникшего загорания в пожар; Q_{T3} - вероятность отказа системы пожаротушения.

В расчетах значения вероятностей Q_Y , Q_3 , Q_P и Q_{T3} принимаются равными единице, поэтому назовем $P_{s,T}^{Ki}(\Pi)$ показателем пожарной опасности i -го вида к.з. на s -ом участке электрической сети:

$$P_{s,T}^{Ki}(\Pi) = P_{s,T}^{Ki} k_s^{нз(i)} \quad (9)$$

Используя коэффициент незащищенности электрической сети, можно определить показатель пожарной опасности i -го вида к.з. для всей электрической сети рассматриваемого объекта по формуле:

$$P_T^{Ki}(\Pi) = P_T^{Ki} K^{нз(i)} \quad (10)$$

В сети электроснабжения объекта могут быть заранее известны участки на которых явление пережога при дуговых к.з. не возникает. К ним относятся, например, магистральные участки, выполненные кабелями большого сечения. При значительной суммарной длине таких участков значение коэффициента незащищенности окажется относительно малым и оно не будет достаточно точно отражать интегральной картины пожарной опасности на объекте. В этом случае будут также малоразличимы эффекты влияния различных систем защиты на состояние пожарной безопасности. В связи с этим целесообразно использовать приведенный коэффициент незащищенности электрической сети, при расчете которого в знаменателе формулы (4) исключаются участки, где явления пережога не возникают.

С учетом введенных показателей интегральный показатель пожарной опасности всех видов к.з. в электрической сети может быть рассчитан по формуле:

$$P_{\Sigma}^K(\Pi) = 1 - [1 - P_T^{K1}(\Pi)][1 - P_T^{K2}(\Pi)][1 - P_T^{K3}(\Pi)][1 - P_T^{KK}(\Pi)], \quad (11)$$

где $[1 - P_T^{Ki}(\Pi)]$ - вероятность отсутствия пережога проводов при к.з. i -го вида; $P_T^{KK}(\Pi)$ - показатель пожарной опасности к.з. на корпус.

Если вся сеть защищена УЗО, используется следующая формула:

$$P_{\Sigma}^K(\Pi) = 1 - \left[1 - P_T^{K1}(\Pi)\right] \left[1 - P_T^{K2}(\Pi)\right] \left[1 - P_T^{K3}(\Pi)\right]. \quad (12)$$

Если УЗО установлены на отдельных участках сети, необходимо использовать формулу (11), в которой показатель пожарной опасности к.з. на корпус рассчитывается по следующему выражению:

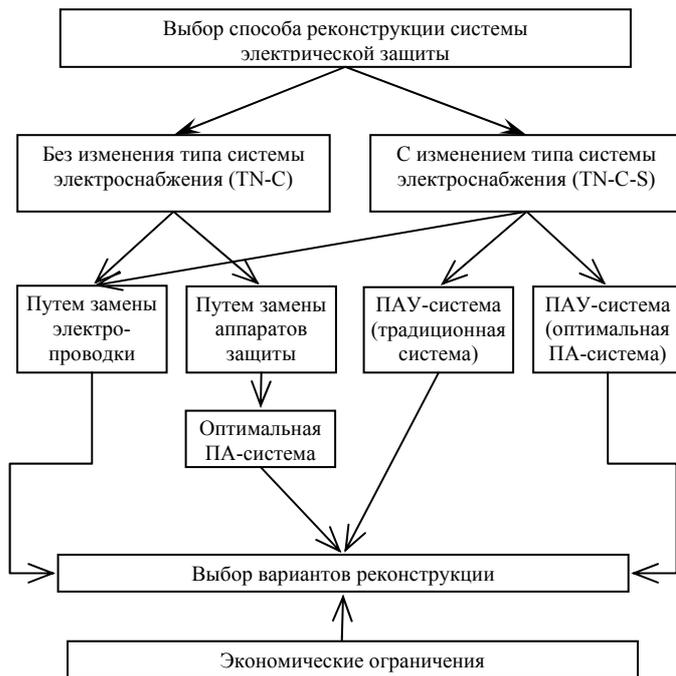
$$P_T^{KK}(\Pi) = P_T^{KK} K_{узо}^{нз(\kappa)} \quad (13)$$

где $K_{узо}^{нз(\kappa)}$ - коэффициент незащищенности сети при однофазных к.з. на корпус с учетом защиты отдельных участков устройствами защитного отключения.

Этот коэффициент определяется по формуле:

$$K_{узо}^{нз(\kappa)} = \frac{\sum_{s=1}^S l_s^{нрз(\kappa)} - \sum_{s=1}^S l_{s(узо)}^{нрз(\kappa)}}{\sum_{s=1}^S l_s}, \quad (14)$$

где $l_s^{нрз(\kappa)}$ - длина зоны пережога s-го участка сети при однофазном к.з. на корпус и отсутствии в сети УЗО, $l_{s(узо)}^{нрз(\kappa)}$ - длина зоны пережога s-го участка сети, защищенного УЗО, при однофазном к.з. на корпус.



ПА-система защиты – на основе предохранителей и автоматических выключателей; ПАУ-система защиты – с дополнительным использованием УЗО.

Рисунок 2 – Выбор варианта реконструкции системы электроснабжения и электрической защиты

Полученные расчетные выражения позволяют оценить степень пожарной опасности коротких замыканий на объектах электроснабжения для различных вариантов сочетания аппаратов защиты и выбрать параметры защиты и внутренние электропроводки по условию минимальной вероятности возникновения пожара.

Показатели, определяемые по формулам (11) и (12), могут рассматриваться в качестве критериев эффективности при оптимизации электрической защиты на отдельных объектах и использоваться для относительного сравнения вариантов систем обеспечения электропожаробезопасности.

С учетом изложенного методика выбора эффективной электрической защиты включает следующие этапы.

1. Составляется электрическая схема объекта электроснабжения, оцениваемого с точки зрения пожарной опасности коротких замыканий. На схеме указываются параметры аппаратов электрической защиты и электропроводки.

2. Рассчитываются:

- значения токов короткого замыкания всех видов и времени срабатывания защиты при к.з. на каждом участке электрической сети;

- коэффициенты незащищенности по участкам сети и сети в целом для каждого вида к.з.;

- показатели пожарной опасности для каждого вида к.з. и интегральный показатель пожарной опасности для всех видов к.з., в том числе, с учетом использования УЗО;

3. Производится анализ результатов расчета и оценка пожарной опасности к.з. по каждому участку электрической сети.

4. Выбираются альтернативные системы электрической защиты объекта, в том числе с использованием УЗО, с учетом возможности полной или частичной замены электропроводки (изменения материала и сечения проводов).

5. Для выбранных вариантов рассчитываются показатели по п. 2. и экономические показатели.

6. По рассчитанным показателям пожарной опасности и значениям коэффициентов незащищенности участков сети выбирается оптимальный вариант электрической защиты и (или) системы электроснабжения с учетом экономических ограничений (рисунок 2).

Очевидно, что для реализации предложенной методики необходимо соответствующее программное обеспечение с базами данных о характеристиках пережога электропроводок и срабатывания защитной аппаратуры.

В третьей главе представлены результаты разработки программного комплекса «СКЭД -380» для реализации технологии предупреждения пожаров от электроустановок и показаны возможности его практического использования при выборе эффективной системы электрической защиты.

Разработка программного комплекса производилась на основе ранее созданных в АлтГТУ программных комплексов «АРИАС» и «МОЭПБ».

В соответствии с изложенными теоретическими положениями комплекс позволяет определять следующие показатели: значения основных видов токов к.з. для заданной схемы электроснабжения объекта; времена срабатывания аппаратов защиты при однофазных к.з.; коэффициенты незащищенности сети, в том числе по участкам; показатели пожарной опасности для основных видов к.з.; интегральный показатель пожарной опасности при различной степени оснащенности УЗО.

Дополнительно рассчитывается смета затрат на систему электрической защиты с учетом возможности реконструкции электрической сети путем замены материала и сечения электропроводок.

В результате создания программного комплекса получено свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программное обеспечение выполнено С.Ф. Нефедовым.

Возможности использования программного комплекса показаны на примере выбора варианта реконструкции (рисунок 2) системы электрической защиты образовательной школы с учетом возможности замены электропроводки.

Результаты расчета показателей пожарной опасности для исходного состояния электрической сети и электрической защиты школы и двух вариантов их реконструкции приведены в таблице 1.

Короткие замыкания для существующей системы электроснабжения и электрической защиты представляют высокую пожарную опасность. В частности, при однофазных к.з. коэффициенты незащищенности большинства из 29 участков электрической сети отличны от нуля (соответствующая таблица результатов расчетов этих коэффициентов не приведена из-за большого ее объема).

Таблица 1 – Показатели пожарной опасности к.з.

Состояние электрической сети	Показатели пожарной опасности к.з.				Интегральный показатель пожарной опасности всех видов к.з. при отсутствии УЗО	Интегральный показатель пожарной опасности всех видов к.з. при установке УЗО на участках сети
	однофазного	двухфазного	трехфазного	однофазного на корпус		
Исходное	0,016	0,007	0,002	0,104	0,127	-
Замена электропроводки	0,006	0,003	0,001	0,042	0,052	-
Замена выключателей	0,002	0,002	0,001	0,014	0,02	0,005

Первый вариант реконструкции реализуется путем замены алюминиевых проводов на медные, а второй предусматривает замену автоматических выключателей серии АЕ 2000 на автоматические выключатели серии ВА при существующей электропроводке.

Из таблицы 1 следует, что в случае замены электропроводки пожарная опасность к.з. существенно снижается. Интегральный показатель пожарной опасности для всех видов к.з. уменьшается с 0,127 до 0,052, т.е. в 2,4 раза. Коэффициенты незащищенности для большинства участков сети становятся равными нулю, однако остается 11 участков с незащищенными зонами.

При втором варианте реконструкции пожарная опасность к.з. снижается в большей степени, чем при замене электропроводки. Интегральный показатель пожарной опасности для всех видов к.з. уменьшается с 0,127 до 0,02,

т.е. в 6,3 раза. Коэффициенты незащищенности для большинства участков сети равны нулю, однако остается 4 участка с незащищенными зонами.

Для выбора предпочтительного варианта реконструкции необходимо сравнить их экономические показатели в соответствии со сметами затрат. При первом варианте затраты составляют 201,7 тыс. руб., а при втором - 22,2 тыс. руб. Очевидно, что в данном случае должен быть выбран 2-й вариант реконструкции, одновременно обеспечивающий наибольшее снижение пожарной опасности коротких замыканий и наименьшие затраты.

Для исключения опасности пожара при к.з. на 4-х участках с незащищенными зонами могут быть установлены устройства защитного отключения. В этом случае затраты на реконструкцию увеличиваются до 33,6 тыс. руб., что в 6 раз меньше, чем при замене электропроводки. Интегральный показатель пожарной опасности к.з. снижается до значения 0,005, т.е. в 10,4 раз по сравнению с вариантом замены электропроводки. Дополнительное снижение пожарной опасности к.з. еще в 4 раза (с 0,02 до 0,005) подтверждает высокую эффективность использования УЗО для предупреждения пожаров от электроустановок.

Таким образом, разработанная методика позволяет количественно оценивать эффективность электрической защиты и выбирать обоснованные технические решения при оптимизации СБЭ. С помощью программного комплекса «СКЭД-380» можно определять целесообразность замены электропроводки и аппаратов существующей электрической защиты в зданиях, а также необходимость и объем применения устройств защитного отключения.

По рассмотренной методике были выполнены оценочные расчеты показателей пожарной опасности ряда типовых объектов: предприятий по переработке с.х. продукции, образовательных и общественных учреждений, автозаправочных станций и т.п.

Расчеты показали, что снижение пожарной опасности до 5 раз и более возможно за счет соответствующего подбора параметров автоматических выключателей и предохранителей, учитывающего действие дуговых к.з.

В то же время полное исключение пережигания электропроводки дуговыми к.з. только за счет оптимизации параметров автоматических выключателей и предохранителей в ряде случаев требует многократного увеличения сечений проводов и неприемлемо по экономическим соображениям. Поэтому системы безопасности электроустановок должны предусматривать использование УЗО, как на отдельных участках электрической сети, так и в качестве головной защиты. При этом обеспечивается дополнительное снижение пожарной опасности до 3 раз и более за счет предупреждения однофазных к.з. на корпус.

В последние годы возникла тенденция замены алюминиевой проводки на более дорогую - медную. Преимуществами медной электропроводки, обусловленными меньшим сопротивлением, являются снижение потерь мощности, энергии и повышение качества напряжения у потребителя. Кроме того, раскаленные частицы меди, возникающие при к.з., обладают значительно меньшей воспламеняющей способностью, чем частицы алюминия.

Однако, как показали расчеты, в отдельных ситуациях использование медной электропроводки того же сечения по участкам сети, что и алюминиевой, может увеличить показатели пожарной опасности по отдельным видам к.з. и интегральный показатель пожарной опасности. Это является следствием увеличения токов короткого замыкания до 50 % и более при замене электропроводки и возможностью смещения и расширения зон пережога.

Кроме того, такая замена электропроводки является в 3 - 6 раз более затратным мероприятием, чем замена аппаратов защиты, в том числе, с использованием УЗО.

При проведении расчетов отдельные случаи повышения пожарной опасности при замене электропроводки на медную были зафиксированы только для междуфазных к.з. Поэтому для однофазной сети зданий, такая замена, как правило, имеет только положительные результаты, если не считать увеличения стоимости электропроводки.

В общем случае целенаправленное изменение параметров электропроводки, включая как изменение сечения, так и материала проводов по своим последствиям неоднозначно. Поэтому решение о ее замене должно приниматься по результатам расчетов показателей пожарной опасности.

На основании изложенного можно также сделать вывод о том, что эффективность одинаковых систем электрической защиты типовых зданий не может быть одинаковой из-за различия диапазонов токов к.з. на участках электрической сети для объектов, питаемых от трансформаторов различного типа и мощности, при различных параметрах внешней системы электроснабжения. Поэтому необходимо рассчитывать показатели пожарной опасности коротких замыканий в каждом конкретном случае.

Одним из направлений оценки эффективности предложенной технологии является расчет затрат на проведение различных мероприятий по предупреждению пожаров от коротких замыканий. В частности, рассмотренный пример выбора способа реконструкции системы защиты электроустановок средней школы с учетом возможности изменения материала электропроводки показал, что замена автоматических выключателей позволяет снизить затраты на 170-180 тыс. руб. по сравнению с заменой алюминиевых проводов на медные. При этом пожарная безопасность повышается более чем в два раза, по сравнению с заменой электропроводки.

В четвертой главе представлено аппаратное обеспечение и рассмотрены перспективы реализации технологии предупреждения пожаров.

Для проведения массовых расчетов пожарной опасности к.з. конкретных объектов с помощью программного комплекса «СКЭД-380» необходимо пополнение баз характеристик пережога электропроводок данными, учитывающими зоны разброса характеристик и различные условия к.з.

Исследования пожарной опасности к.з. в электропроводах были начаты в конце 1970-х годов в Всероссийском НИИ противопожарной обороны МВД РФ под руководством основоположника этого направления д.т.н., профессора Г.И. Смелкова, а затем (с конца 1980-х годов) продолжались в Алтайском государственном техническом университете.

Экспериментальные установки, разработанные для этой цели, имели в своем составе устаревшую (на сегодняшний день) аппаратуру, не обеспечивали автоматизацию процесса накопления информации и применялись для ограниченного числа экспериментов, что исключает их современное использование.

Предложенные и защищенные патентом технические решения по совершенствованию экспериментальных исследований обеспечивают возможность синхронной фиксации технических характеристик короткого замыкания, и автоматизацию процесса накопления и обработки полученной информации с целью формирования баз данных о характеристиках пережога электропроводок.

В процессе измерения создается устойчивое дуговое к.з. исследуемого проводника (подключаемого к трансформатору 10/04 кВ), на металлическую поверхность за счет нанесенного на нее равномерного слоя порошкового графита. Полезный сигнал, снимаемый с последовательно включенного резистора (сопротивлением несоизмеримо меньшим сопротивления петли к.з.), несущий информацию о характеристиках к.з., передается в ЭВМ через устройство связи, включающее преобразователь полезного сигнала и блок сопряжения с ЭВМ. Момент создания к.з. задается электронным коммутатором.

Экспериментальная установка изготовлена и подготовлена к проведению исследований О.В. Полухиным.

В работе рассмотрены также вопросы доработки конструкции многофункциональных устройств защитного отключения типа УЗК-01, разработанных в АлтГТУ и производимых опытными партиями ОАО «Барнаульский геофизический завод». Такая необходимость появилась, в частности, в связи с новыми требованиями к УЗО, регламентированными в 7-м издании ПУЭ. В соответствии с п. 7.1.83 ПУЭ суммарный ток утечки в сети с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должен превосходить $1/3$ номинального тока срабатывания УЗО. Поэтому актуальным стало дополнение УЗО функцией контроля превышения током утечки в электрической сети $1/3$ значения уставки срабатывания. Наличие сигнализации появления этого тока позволяет отказаться от необходимости измерения тока утечки в электрической сети при монтаже УЗО и применения дорогостоящей и дефицитной измерительной аппаратуры.

Кроме того, п. 7.1.86 ПУЭ регламентируется отключение не только фазных проводников, но и нулевого рабочего проводника, если УЗО используется для защиты от пожаров. Коммутация нулевого проводника в существующем изделии не была предусмотрена.

В связи с появлением в последние годы на российском рынке автоматических выключателей модульного исполнения, признано целесообразным их использование в качестве коммутационного аппарата многофункциональных УЗО. Количество полюсов таких выключателей определяется числом пристыкованных модулей и может изменяться от одного до четырех в зависимости от вида исполнения: для однофазных, трехфазных и неполнофазных

цепей. Модульное исполнение имеет и независимый расцепитель для этих выключателей.

На рисунке 3 показано конструктивное исполнение одной из модификаций УЗО с модульным выключателем и дополнительной функцией контроля превышения током утечки в электрической сети $1/3$ значения уставки срабатывания. Использование модульных выключателей позволяет снизить стоимость изделия до 18 %.



Рисунок 3 – Конструктивное исполнение УЗК-01 с модульным выключателем

С учетом результатов проведенных испытаний на созданном для этой цели специальном стенде, технические предложения по доработке принципиальной схемы и конструкции УЗК-01 приняты заводом-изготовителем ОАО «Барнаульский геофизический завод».

Разработаны также требования к использованию УЗО для предупреждения пожаров от электроустановок для включения в соответствующие технические регламенты. В соответствии с результатами исследований в их перечень включен следующий пункт: «В случае проектирования УЗО для локальной защиты участков системы электроснабжения в зону защиты должны быть включены потенциально пожароопасные участки электрической сети, определяемые на основе оценки пожарной опасности коротких замыканий».

Перспективные направления реализации разработанной технологии предупреждения пожаров от коротких замыканий предполагают доведение до уровня инженерных решений новых принципов проектирования, модернизации и эксплуатации защиты электроустановок. Эти принципы предусматривают: проектирование электрической защиты систем электроснабжения зданий с учетом пережигающего и пожароопасного действия дуговых к.з.; оценку последствий к.з. в действующих электроустановках зданий и модернизацию электрической защиты с целью минимизации вероятности электропожаров; внедрение перспективных систем электропожарозащиты, как для отдельных объектов, так и для заданного их множества (в рамках региональных или отраслевых программ обеспечения пожарной безопасности электроустановок) с учетом ограниченного финансирования.

Для решения этих задач могут быть привлечены: проектные и электромонтажные организации, аккредитованные в области проектирования систем электроснабжения; частные структуры, заинтересованные в обеспе-

чении пожарной безопасности собственных зданий; страховые компании; структуры, уполномоченные осуществлять техническую политику в области обеспечения пожарной безопасности электроустановок зданий.

На этапе апробации технологии предупреждения пожаров необходимо использование соответствующего методического обеспечения, регламентирующего порядок, условия и особенности оценки пожарной опасности к.з. и мероприятий по ее снижению. С этой целью разработана методика компьютерной диагностики защиты от коротких замыканий в электропроводках зданий. Она согласована с Главным управлением по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям Алтайского края и базируется на положениях, изложенных во 2-й и 3-й главах диссертации. В течение 2006-2007 гг. методика использовалась при выполнении работ по повышению уровня электропожаробезопасности 82-х объектов Алтайского края (в том числе 56 средних образовательных школ и детских садов) в рамках краевой целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Алтайском крае на 2005- 2010 годы».

Кроме того, технология предупреждения пожаров от электроустановок зданий представлена в книге «Основы электромагнитной совместимости», допущенной Минобрнауки РФ в качестве учебника для студентов электротехнических специальностей вузов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Снижение числа электропожаров в АПК достигается путем создания эффективных систем безопасности электроустановок (СБЭ) с учетом пережигającego действия и основных пожароопасных факторов коротких замыканий.

2. Количественная оценка эффективности различных СБЭ может производиться на основе расчета коэффициентов незащищенности электрической сети, а также показателей пожарной опасности, определяемых с учетом вероятностей возникновения различных видов к.з. при наличии и отсутствии УЗО.

3. Практическую реализацию технологии предупреждения пожаров от коротких замыканий обеспечивает разработанный программный комплекс «СКЭД-380».

4. Для получения характеристик пережога электропроводок целесообразно использование усовершенствованной экспериментальной установки, создающей возможность синхронной фиксации технических параметров короткого замыкания и обеспечивающей автоматизацию накопления и обработки полученной информации.

5. Создание эффективной СБЭ, снижающей пожарную опасность к.з. до 5 раз и более возможно за счет соответствующего подбора параметров автоматических выключателей и предохранителей, учитывающего действие дуговых к.з. Дальнейшее улучшение количественных показателей эффективности СБЭ до 3 раз и более обеспечивается применением УЗО.

6. Расширение использования многофункциональных УЗО в качестве головной ступени электрической защиты достигается за счет дополнительной функции контроля превышения током утечки в электрической сети $1/3$ значения порога срабатывания и модульного исполнения коммутационного аппарата.

7. Замена электропроводки является в 3 - 6 раз более затратным мероприятием, чем замена аппаратов защиты, в том числе, с использованием УЗО. В общем случае целенаправленное изменение параметров электропроводки, включая как изменение сечения, так и материала проводов по своим последствиям неоднозначно. Поэтому решение о ее замене для конкретных объектов должно приниматься по результатам расчетов показателей пожарной опасности.

8. Эффективность одинаковых систем электрической защиты типовых зданий не может быть одинаковой из-за различия диапазонов токов к.з. на участках электрической сети для объектов, питаемых от трансформаторов различного типа и мощности, при различных параметрах внешней системы электроснабжения. Поэтому необходимо проведение расчетов показателей пожарной опасности к.з. в каждом конкретном случае.

9. Одним из условий практической реализации рассмотренной технологии предупреждения пожаров является соответствующее нормативное и методическое обеспечение. С этой целью разработаны требования к проектированию установки, монтажу и эксплуатации УЗО для предупреждения пожаров от электроустановок и методика компьютерной диагностики защиты от к.з. в электропроводках зданий, согласованная с Главным управлением по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям Алтайского края.

10. Построение СБЭ с учетом показателей пожарной опасности к.з. позволяет обоснованно выбирать эффективные и экономичные варианты при проектировании новых и реконструкции существующих систем электрической защиты и электроснабжения зданий. При этом расчетные значения дополнительных затрат на реконструкцию могут быть снижены по одному объекту на 170-180 тыс. руб. и более.

Список основных публикаций по теме диссертационной работы

В изданиях по перечню ВАК

1. Сошников, С.А. Совершенствование способа предупреждения пожаров от коротких замыканий [Текст] / С.А. Сошников // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2006.- № 12.- С. 19 – 20.

2. Сошников, С.А. Инженерное обеспечение предупреждения пожаров от коротких замыканий [Текст] / С.А. Сошников // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2007.- № 3.- С. 22 – 23.

В других изданиях

3. Дробязко, О.Н. Направления разработки программных средств реализации моделирования пожарной опасности электроустановок [Текст] / О.Н. Дробязко, С.А. Сошников // Социальная безопасность населения юга Западной Сибири: Выпуск 6. Материалы международной научно-практической

конференции «Региональные аспекты обеспечения социальной безопасности населения юга Западной Сибири - региональные риски и пути повышения эффективности защиты населения региона от природных, техногенных и гуманитарных угроз».- Барнаул, 9 декабря 2005 г. // Барнаул: Изд-во «Аз Бука».- 2005. - 301 с. (С. 146 - 147).

4. Сошников, С.А. Перспективное направление моделирования пожарной опасности коротких замыканий в электроустановках [Текст] / С.А. Сошников // Социальная безопасность населения юга Западной Сибири: Выпуск 6. Материалы международной научно-практической конференции «Региональные аспекты обеспечения социальной безопасности населения юга Западной Сибири - региональные риски и пути повышения эффективности защиты населения региона от природных, техногенных и гуманитарных угроз».- Барнаул, 9 декабря 2005 г. // Барнаул: Изд-во «Аз Бука».- 2005. - 301 с. (С. 180 - 181).

5. Сошников, С.А. Определение показателей пожарной опасности электроустановок зданий [Текст] / С.А. Сошников // Проблемы снижения риска и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Алтайского края, сопредельных территориях Российской Федерации и Республики Казахстан: материалы IV международной научно-практической конференции. Барнаул, 15 декабря 2006 г. / под общ. ред. В.Н. Белоусова. - Серия «Социальная безопасность населения юга Западной Сибири». - Вып.10. -Барнаул: Изд-во БЮИ МВД России.- 2006. - 284 с. (С. 164 - 165).

6. Никольский, О.К. Предупреждение пожаров от электроустановок зданий [Текст] / О.К. Никольский, С.А. Сошников // Снижение риска и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера - приоритетные направления обеспечения социальной безопасности населения юга Западной Сибири. Комплексная безопасность и антитеррористическая защищенность региона на примере Алтайского края: материалы V международной научно-практической конференции. Барнаул, 7 декабря 2007 г. / под общ. ред. Я.Н. Ишутина, Б.М. Редина. - Серия «Социальная безопасность населения юга Западной Сибири». - Вып.12. -Барнаул: Азбука. - 2007. - 345 с. (С. 252 - 253).

7. Сошников, С.А. Критерий оценки пожарной опасности коротких замыканий в электроустановках до 1000 В [Текст] / С.А. Сошников // Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии: Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). - Челябинск: Изд-во «Челябинская межрайонная типография».- 2006.- 400 с. (С. 68 -70).

8. Пат. 2249826. Российская Федерация МПК⁷ G 01R 31/02. Устройство для исследования пережигающего действия электрической дуги при коротком замыкании [Текст] / Сошников А.А., Сошников С.А., Полухин О.В. / патенто-обладатели: Алт. гос. техн. ун-т, ООО научно-производственная фирма «ЭЛНИС»; заявл. 01.04.2003; опубл. 10.04.2005, Бюл. № 10.

9. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006610714. Расчет пожарной опасности дуговых коротких замыканий (СКЭД-380) [Текст] / Дробязко О.Н., Сошников С.А., Гусельников С.С., Нефедов С.Ф. // Заявка № 2005613451; дата поступления 26.12.2005 г.; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 22.02.2006.