

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Пожарная безопасность при эксплуатации электрических сетей,
электрооборудования и электронагревательных приборов

Обучающийся

П.В. Якунин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.с.-х.н., доцент, О.А. Малахова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент Фрезе Т.Ю.

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	7
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Исследование методов обеспечения пожарной безопасности электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов	9
1.1 Нормативные правовые основы создания систем пожарной безопасности.....	9
1.2 Анализ автоматических установок пожаротушения при тушении пожаров электрооборудования	20
2 Разработка инновационной системы пожарной безопасности объекта	30
2.1 Анализ пожарной безопасности объекта защиты.....	30
2.2 Проектирование инновационной системы пожарной безопасности объекта	36
3 Внедрение и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.	44
3.1 Программа внедрения инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов	53
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	60
Заключение	71
Список используемых источников.....	74

Введение

По мере развития человеческой цивилизации в повседневную жизнь внедряется все больше технологий, что увеличивает частоту и опасность пожаров.

В настоящее время основные меры пожаротушения, применяемые на электрической подстанции, включают систему водяного тушения для тушения пожаров в трансформаторе 220 кВ, систему водяного тушения в зданиях и различные огнетушители для ручного тушения пожаров.

Местоположение пожаров на подстанциях: электрооборудование может стать причиной пожаров из-за старения изоляции, снижения напряжения и механической прочности, а также коротких замыканий, дуг и искр во время работы.

Объект исследования: пожарная безопасность электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов.

Предмет исследования: применение инновационных автоматических установок пожаротушения для обеспечения пожарной безопасности электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов.

Цель исследования – повышение пожарной безопасности электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов за счёт внедрения инновационных методов и средств.

Гипотеза исследования состоит в том, что пожарная безопасность электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов повысится, если:

- соблюсти все требования нормативных правовых основ создания систем пожарной безопасности;
- разработать рекомендации по применению инновационной системы пожарной безопасности на объекте;
- внедрить инновационные методы и средства обеспечения пожарной

безопасности электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов;

- доказать эффективность предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи:

- провести анализ нормативных правовых основ создания систем пожарной безопасности;
- провести анализ автоматических установок пожаротушения при тушении пожаров электрооборудования;
- провести анализ пожарной безопасности объекта защиты;
- разработать рекомендации по применению инновационной системы пожарной безопасности на объекте;
- рассмотреть возможность внедрения инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов;
- провести оценку эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Теоретико-методологическую основу исследования составили нормативные правовые основы создания систем пожарной безопасности и аналитические данные по преимуществам инновационных автоматических установок пожаротушения.

Базовыми для настоящего исследования явились также результаты исследования конструктивных особенностей и технических характеристик инновационных автоматических установок пожаротушения.

Методы исследования: изучение и сбор информации по теме исследования, анализ методов внедрения инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов, оценки технико-экономической эффективности применения различных огнетушащих веществ.

Научная новизна исследования заключается в сформулированных самостоятельно предложениях по внедрению инновационных автоматических установок пожаротушения на объектах электроснабжения.

Достоверность и обоснованность результатов обеспечивались:

- корректным применением методов исследований;
- результатами проведённой оценки эффективности предлагаемых мер по обеспечению техносферной безопасности в организации.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в:

- проведении анализа нормативных правовых основ создания систем пожарной безопасности;
- проведении анализа автоматических установок пожаротушения при тушении пожаров электрооборудования;
- проведении анализа пожарной безопасности объекта защиты;
- формулировании рекомендации по применению инновационной системы пожарной безопасности на объекте;
- проведении внедрения инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов;
- проведении анализа эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

На защиту выносятся следующие положения:

- результаты анализа нормативных правовых основ создания систем пожарной безопасности;
- результаты анализа автоматических установок пожаротушения при тушении пожаров электрооборудования;
- результаты анализа пожарной безопасности объекта защиты;
- разработанные рекомендации по применению инновационной системы пожарной безопасности на объекте;

- предложения по внедрению инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов;
- провести оценку эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Структура магистерской диссертации: работа состоит из введения, трёх разделов, заключения, содержит 4 таблицы и 4 рисунка, список используемых источников (30 источников). Основной текст работы изложен на 78 страницах.

Термины и определения

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующееся возможностью предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [23].

Пожарная сигнализация – «совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд» [9].

Пожарная опасность веществ и материалов – «состояние веществ и материалов, характеризующееся возможностью возникновения горения или взрыва веществ и материалов» [12].

Система пожарной безопасности – «комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение пожара и ущерба от него» [23].

Система предотвращения пожара – «комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключения условий возникновения пожара» [23].

Перечень сокращений и обозначений

АПС – автоматическая пожарная сигнализация.

АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами.

АУГП – автоматическая установка газового пожаротушения.

АУП – автоматическое устройство пожаротушения.

АУПТ – автоматическая установка пожаротушения.

ГОТВ – газовое огнетушащее вещество.

ГТУ – газотурбинная установка.

ГТЭС – газотурбинная электростанция.

ЗКПС – зона контроля пожарной сигнализации.

ИП – извещатель пожарный.

КПН – камера низкократной пены.

КРУЭ – комплектное распределительное устройство.

КТФУ – теплофикационные установки.

ОТВ – огнетушащее вещества.

ОЩУ – открытый щит управления.

ППР – правила противопожарного режима.

ПС – подстанция.

ПТК – программно-технический комплекс.

СОПБ – система обеспечения пожарной безопасности.

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией.

СТП – стандарт предприятия.

ТО – техническое обслуживание.

ТСН – трансформатор собственных нужд.

УЗО – устройства защиты от остаточного тока.

1 Исследование методов обеспечения пожарной безопасности электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов

1.1 Нормативные правовые основы создания систем пожарной безопасности

Законодательство Российской Федерации о пожарной безопасности основывается на Конституции Российской Федерации и включает в себя Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [6], принимаемые в соответствии с ним федеральные законы и иные нормативные правовые акты, а также законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации, муниципальные правовые акты, регулирующие вопросы пожарной безопасности.

Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [6] (далее – № 69-ФЗ) определяет общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации, регулирует в этой области отношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, учреждениями, организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, иными юридическими лицами независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности (далее – организации), а также между общественными объединениями, индивидуальными предпринимателями, должностными лицами, гражданами Российской Федерации, иностранными гражданами, лицами без гражданства (далее – граждане).

Обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших функций государства.

«Пожар, под которым понимается неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства, является одним из источников опасности.

Она (опасность пожара) известна человечеству на протяжении всего периода его существования, однако не только не устранена (исключена), но в современном мире характеризуется повышенным уровнем в силу ряда причин, к числу которых относятся интенсификация хозяйственной деятельности человека, производственная и бытовая энергонасыщенность, научно-технический прогресс, быстрое устаревание технологий, социально-экономические факторы» [5].

«Удовлетворение потребности в самосохранении, в защите от пожарной опасности реализуется путем осуществления комплекса различных мер, адекватных угрозе, которые составляют систему обеспечения пожарной безопасности» [5].

«В Российской Федерации создана система обеспечения пожарной безопасности (СОПБ), которая представляет собой совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ» [5].

«Как отмечалось выше, одной из основных обязанностей граждан, должностных лиц (руководителей организаций) и организаций является соблюдение требований пожарной безопасности» [5].

Напомним, что требования пожарной безопасности – специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом.

«К числу документов, устанавливающих требования пожарной безопасности относятся технические регламенты, своды правил и другие документы стандартизации, а также Правила противопожарного режима в Российской Федерации» [8].

Основополагающими в этой группе являются:

- Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – №123-ФЗ) [22];
- Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [23].

Технический регламент – документ, который принят международным договором Российской Федерации, подлежащим ратификации в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или в соответствии с международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации, или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации).

Стандартизация – деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг [21].

К основным документам в области стандартизации, используемым на территории Российской Федерации, относятся:

- национальные стандарты;
- стандарты организаций;
- своды правил;
- международные стандарты, региональные стандарты, региональные

своды правил, стандарты иностранных государств и своды правил иностранных государств, зарегистрированные в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

В соответствии с положениями статьи 5 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» здание цеха имеет систему обеспечения пожарной безопасности.

Система обеспечения пожарной безопасности направлена на предотвращение возникновения пожара, обеспечение безопасности людей и защиту имущества при пожаре.

Система предотвращения пожара на исследуемом объекте обеспечивается соблюдением действующих нормативно-правовых, нормативных документов по пожарной безопасности.

Определение пожароопасных ситуаций на объекте на основе анализа пожарной опасности при эксплуатации здания. Анализ предусматривает выбор ситуаций, при реализации которых возникает опасность для людей, находящихся в зоне поражения опасными факторами пожара и вторичными последствиями воздействия опасных факторов пожара. Для каждой пожароопасной ситуации на объекте проводится анализ причин возникновения и развития пожароопасных ситуаций, места их возникновения и факторов пожара, представляющих опасность для жизни и здоровья людей в местах их пребывания. «В результате выполнения при проектировании нормативно-правовых, нормативных документов по пожарной безопасности параметры технологического процесса не превышают уровень, обеспечивающий допустимый пожарный риск» [5].

Определение причин возникновения пожароопасных ситуаций, при котором определяются события, реализация которых может привести к образованию горючей среды и появлению источника зажигания.

Ограничение горючей среды, которое достигается путем:

- применения негорючих веществ и материалов;
- ограничения массы и (или) объема горючих веществ и материалов;

- поддержания безопасной концентрации в среде окислителя и (или) горючих веществ;
- понижения концентрации окислителя в горючей среде в защищаемом объеме;
- поддержания температуры и давления среды, при которых распространение пламени исключается.

Исключение возможности образования источников зажигания, которое достигается:

- применением электрооборудования, соответствующего классу пожароопасной и (или) взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси;
- применением в конструкции быстродействующих средств защитного отключения электроустановок и других устройств, приводящих к появлению источников зажигания;
- устройством молниезащиты зданий, сооружений, строений и оборудования;
- поддержанием безопасной температуры нагрева веществ, материалов и поверхностей, которые контактируют с горючей средой;
- применением способов и устройств ограничения энергии искрового разряда в горючей среде до безопасных значений;
- исключением контакта с воздухом пирофорных веществ применением устройств, исключающих возможность распространения пламени из одного объема в смежный [15].

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий их воздействия на объекте обеспечиваются одним или несколькими из следующих способов:

- применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;

- устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре [19];
- устройство систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- применение систем коллективной защиты (в том числе противодымной) и средств индивидуальной защиты людей от воздействия опасных факторов пожара;
- применение основных строительных конструкций с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемой степени огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и строений, а также с ограничением пожарной опасности поверхностных слоев (отделок, облицовок и средств огнезащиты) строительных конструкций на путях эвакуации;
- применение огнезащитных составов (в том числе антипиренов и огнезащитных красок) и строительных материалов (облицовок) для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций [13].

К организационно-техническим мероприятиям относятся:

- «разработка инструкций о мерах пожарной безопасности;
- разработка и вывешивание планов эвакуации людей в случае пожара;
- разработка приказов (инструкций) о мерах пожарной безопасности;
- организация контроля за соблюдением противопожарного режима в зданиях и на территории объекта» [5];
- проведение тренировок по обучению персонала действиям при пожаре, а также проведению тренировочной эвакуации обслуживающего персонала, в «сроки, определенные действующими нормативными документами по пожарной

безопасности;

- обеспечение объекта телефонной связью для вызова пожарных подразделений;
- организация добровольного пожарного формирования на объекте» [8].

Устройство и эксплуатация электроустановок должны осуществляться в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок, межотраслевых правил охраны труда при эксплуатации электроустановок потребителей, правил эксплуатации электроустановок потребителей.

Устройство и техническое обслуживание временных и постоянных электрических сетей на производственной территории следует осуществлять силами электротехнического персонала, имеющего соответствующую квалификационную группу по электробезопасности.

Разводка временных электросетей напряжением до 1000 В, используемых при электроснабжении объектов строительства, должна быть выполнена изолированными проводами или кабелями на опорах или конструкциях, рассчитанных на механическую прочность при прокладке по ним проводов и кабелей, на высоте над уровнем земли, настила не менее, м:

- 3,5 – над проходами;
- 6,0 – над проездами;
- 2,5 – над рабочими местами.

Корпуса понижающих трансформаторов и их вторичные обмотки должны быть заземлены. Применять стационарные светильники в качестве ручных запрещается. Следует пользоваться ручными светильниками только промышленного изготовления.

Выключатели, рубильники и другие коммутационные электрические аппараты, применяемые на открытом воздухе или во влажных цехах, должны быть в защищенном исполнении в соответствии с требованиями государственных стандартов.

Все электропусковые устройства должны быть размещены так, чтобы

исключалась возможность пуска машин, механизмов и оборудования посторонними лицами. Запрещается включение нескольких токоприемников одним пусковым устройством. Распределительные щиты и рубильники должны иметь запирающие устройства.

Штепсельные розетки на номинальные токи до 20 А, расположенные вне помещений, а также аналогичные штепсельные розетки, расположенные внутри помещений, но предназначенные для питания переносного электрооборудования и ручного инструмента, применяемого вне помещений, должны быть защищены устройствами защитного отключения (УЗО) с током срабатывания не более 30 мА либо каждая розетка должна быть запитана от индивидуального разделительного трансформатора с напряжением вторичной обмотки не более 42 В.

Токоведущие части электроустановок должны быть изолированы, ограждены или размещены в местах, недоступных для случайного прикосновения к ним.

Защиту электрических сетей и электроустановок на производственной территории от сверхтоков следует обеспечить посредством предохранителей с калиброванными плавкими вставками или автоматических выключателей согласно правилам устройства электроустановок.

При эксплуатации электроустановок запрещается:

- использовать приемники электрической энергии в условиях, не соответствующих требованиям инструкций предприятий-изготовителей или имеющие неисправности, которые могут привести к пожару;
- эксплуатировать провода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией;
- пользоваться поврежденными розетками, рубильниками, другими электроустановочными изделиями;
- эксплуатировать светильники со снятыми колпаками, предусмотренными конструкцией светильника;

- применять нестандартные (самодельные) электронагревательные приборы, использовать некалиброванные плавкие вставки или другие самодельные аппараты защиты от перегрузок и короткого замыкания.

Размещение кабелей в сооружениях:

- контрольные кабели и кабели связи следует размещать только под или только над силовыми кабелями; при этом отделяются перегородкой. В местах пересечения и ответвления возможна прокладка контрольных кабелей и кабелей связи над и под силовыми кабелями;
- контрольные кабели допускается прокладывать рядом с силовыми кабелями до 1 кВ;
- силовые кабели до 1 кВ рекомендуется прокладывать над кабелями выше 1 кВ, при этом их следует отделять перегородкой;
- различные группы кабелей: рабочие и резервные кабели выше 1 кВ генераторов, трансформаторов, питающие электроприемники I категории, рекомендуется прокладывать на разных горизонтальных уровнях и разделять перегородками;
- разделительные перегородки должны быть несгораемыми с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

На наружных кабельных эстакадах и в наружных закрытых частично кабельных галереях установка разделительных перегородок не требуется. При этом взаимно резервирующие силовые кабельные линии (за исключением линий к электроприемникам особой группы I категории) следует прокладывать с расстоянием между ними не менее 600 мм и рекомендуется располагать:

- на эстакадах по обе стороны пролетной несущей конструкции;
- в галереях по разным сторонам от прохода.

«Подсистема организационно-технических мероприятий предусматривает:

- организацию технического обслуживания средств противопожарной защиты;
- обучение правилам пожарной безопасности работников и обслуживающего персонала объекта;
- разработку инструкций о порядке действия в случае возникновения пожара;
- отработку взаимодействия работников и обслуживающего персонала предприятия с пожарной охраной при тушении пожаров» [5].

Текущий ремонт противопожарного оборудования должен проводиться один раз в 3 года по графику, утвержденному главным техническим руководителем предприятия. Капитальный ремонт и замена деталей или всего агрегата должны производиться по мере необходимости в кратчайшие сроки [24].

Огнетушители, устанавливаемые на ПС, «должны соответствовать «Правила пожарной безопасности в электросетевом комплексе ПАО «РОССЕТИ», и ППР в РФ» [8].

«На объекте определяется лицо, ответственное за ремонт, сохранность и готовность первичных средств пожаротушения в соответствии с требованиями» [5] «Правил пожарной безопасности в электросетевом комплексе ПАО «РОССЕТИ».

«Организация, эксплуатирующая подстанцию, совместно с пожарной охраной разрабатывает оперативную документацию по ликвидации предполагаемого пожара (план тушения пожара). В плане тушения пожара подробно указываются все действия администрации объекта, руководителя тушения пожара, других должностных лиц штаба пожаротушения и личного состава пожарной охраны по ликвидации пожара» [5].

«Личный состав подразделений пожарной охраны должен не реже одного раза в год проходить инструктаж по безопасности при тушении электроустановок» [5].

«Также ежегодно пожарная часть, привлекаемая к тушению пожара на подстанции, совместно с администрацией подстанции отрабатывает свои действия по ликвидации предполагаемого пожара» [5].

В соответствии с ППР работы по техническому обслуживанию и планово-предупредительному ремонту (ТО и ППР) автоматических установок пожарной сигнализации, систем оповещения людей о пожаре должны осуществляться в соответствии с годовым планом- графиком, составляемым с учетом технической документации заводов-изготовителей сроками проведения ремонтных работ. ТО и ППР должны выполняться специализированной организацией, имеющей соответствующую лицензию, по договору. В период выполнения работ по ТО или ремонту, связанных с отключением установки (отдельных линий, извещателей), руководитель предприятия обязан принять необходимые меры по защите от пожаров зданий, сооружений, помещений, технологического оборудования.

Электрические установки, включая временные, должны иметь достаточную мощность для использования по назначению. Они должны проектироваться, устанавливаться, проверяться и обслуживаться компетентным персоналом. Установка должна соответствовать требованиям стандарта BS 7471, который включает специальный раздел по монтажу на строительных площадках и демонтажным работам.

К некоторым распространенным электрическим неисправностям, представляющим опасность пожара, относятся:

- использование плоского сдвоенного кабеля и кабеля заземления в качестве удлинителей вместо подходящего гибкого кабеля;
- розетки с перегрузкой и многопозиционные удлинители;
- подключение удлинителей друг к другу;
- использование спиральных удлинителей без их полного разматывания;
- прокладка нескольких кабелей вместе в горючих материалах или вблизи них (часто в пустотах крыши и перекрытия);

- скопление мусора у распределительных щитов (это часто происходит, когда установки расположены в тихих частях площадки);
- преднамеренный обход предохранительных устройств, таких как предохранители или автоматические выключатели;
- механическое повреждение кабелей, часто в результате неправильной прокладки кабелей;
- самодельные кабельные соединения, выполненные без соответствующих фирменных разъемов;
- использование галогеновых ламп с покрытием из нетермостойкого стекла или битого стекла (известно, что крышки из некачественного термостойкого стекла вызывают воспламенение легковоспламеняющихся паров, выделяющихся из только что нанесенного покрытия на основе растворителя).

Надлежащее использование устройств электробезопасности, таких как устройства защиты от остаточного тока (УЗО), может снизить риск возникновения пожара в результате электрических неисправностей. Однако они не заменяют электрическую установку, которая должным образом спроектирована, установлена, проверена и обслуживается специалистом, компетентным в области электротехники.

1.2 Анализ автоматических установок пожаротушения при тушении пожаров электрооборудования

В настоящее время основные меры пожаротушения, применяемые на электрической подстанции, включают систему водяного тушения для тушения пожаров в трансформаторе 220 кВ, систему водяного тушения в зданиях и различные огнетушители для ручного тушения пожаров [11].

Местоположение пожаров на подстанциях: электрооборудование может стать причиной пожаров из-за старения изоляции, снижения

напряжения и механической прочности, а также коротких замыканий, дуг и искр во время работы.

Существует несколько методов тушения пожаров. Ниже изложены основные.

Пенообразующие вещества широко используются для тушения пожаров, особенно в промышленных применениях и ситуациях, связанных с возгоранием легковоспламеняющихся жидкостей. Основная концепция тушения заключается в создании защитного покрытия на поверхности источника топлива, эффективно препятствующего любым перспективам повторного возгорания. Во-вторых, водные химические растворы часто используются в качестве огнетушителей класса К, особенно в пищевой промышленности. Эти растворы вступают в химическую реакцию с горячими маслами, образуя слой пены, который охватывает горящее трансформаторное масло. Этот метод служит двойной цели, предотвращая выброс легковоспламеняющихся паров и препятствуя поступлению кислорода, необходимого для горения.

Огнетушащий порошок является универсальным огнетушащим веществом. Внешний слой огнетушащего порошка выполняет функцию теплоизолятора, сводя к минимуму передачу тепла между источником топлива и огнем, что может предотвратить развитие пожаров. Порошковые огнетушащие системы в основном используются для подавления опасных горючих жидкостей и газообразных веществ, они зарекомендовали себя как очень эффективные системы для снижения развития пожара.

В порошковых огнетушащих системах используются частицы бикарбоната натрия, калия или моноаммонийфосфата в качестве ингибиторов процесса горения. Огнетушащий порошковый состав транспортируется в потоке азота, образуя двухфазный газообразно-массовый поток, и направляется к горячей поверхности защищаемой площади. При попадании в очаг пожара частицы проникают в зону горения и окружают ее. Порошковые частицы при контакте с горючим веществом и сильным

нагревании взаимодействуют со свободными радикалами вместо кислорода, что приводит к торможению горения и, следовательно, к тушению пожара [26].

Системы пожаротушения порошком ограничены использованием в помещениях и могут только контролировать пожары, не тушая их, что приводит к риску повторного возгорания.

Рассеивание огнетушащего порошка затрудняет обзор пожарным и серьезно затрудняет их дыхание, тем самым препятствуя нормальной работе и использованию.

Порошок также гигроскопичен, что делает его непригодным для использования. Импульсные порошковые огнетушители без давления оказывают большую силу и могут вызвать вторичные повреждения.

Устройства пожаротушения порошком требуют периодических проверок давления и осмотра состояния порошка.

В качестве замены порошковых систем рассматриваются системы пожаротушения на основе аэрозоля. Этот продукт обладает такими свойствами, как изоляция, снижение температуры. В пределах заданного температурного диапазона он может быстро создать эффективную огнетушащую среду, достигая немедленного тушения пожара. Как интегральное активное устройство пожаротушения, он может отличаться от порошковых систем минимальными пространственными требованиями, простой установкой и высокой надежностью, устраняя необходимость в специализированных пусковых механизмах. Его можно удобно установить внутри оборудования, что обеспечивает быстрое тушение пожара на начальных этапах и предотвращает дальнейшее распространение пожара.

Система использует модульное производство, в котором устройства сигнализации, пусковые устройства, датчики и устройства пожаротушения производятся независимо. Каждое устройство может быть объединено с другими для создания универсальной системы пожаротушения, способной работать в полуавтоматическом или полностью автоматическом режиме. Эта

система обеспечивает локальную защиту. На каждый кубический метр помещения требуется всего 50 г аэрозольного огнетушащего вещества. Соответствующие принадлежности могут быть выбраны на основе различных сценариев для обеспечения точного обнаружения, что позволяет устройству пожаротушения срабатывать быстро [27].

При установке на электрической подстанции она может выполнять следующие функции:

- немедленная тревога: интеллектуальная система пожаротушения подает сигналы обнаружения температуры, дыма и горючего газа, обеспечивая многогранные ранние предупреждения. Интеграция этих трех возможностей обнаружения с функцией пожаротушения гарантирует, что персонал может оперативно получать сигналы тревоги при возникновении пожара, что позволяет быстро принять меры для сдерживания распространения пожара и предотвращения более значительных потерь;
- классификация и суждение: интеллектуальная система пожаротушения имеет два уровня тревоги, а именно тревоги уровня один и уровня два. Используя систему позиционирования пожара, пожарная информация может быть точно определена в определенной зоне пожара на основе местоположений установленных интеллектуальных устройств пожаротушения. Системный анализ облегчает оперативное уведомление соответствующего персонала, позволяя им быстро установить место пожара. Это повышает эффективность реагирования на пожар и помогает определить источник пожара;
- автоматическая проверка: для обеспечения надежной работы интеллектуальной системы пожаротушения она также оснащена функциями автоматической обратной связи при неисправностях и самопроверки, что обеспечивает стабильную работу системы;
- экологически чистый и эффективный: процесс распыления

нетоксичен и безвреден, обеспечивает эффективное тушение пожара при низком давлении и отсутствии остатков [28].

Место установки устройства пожаротушения аэрозолем изображено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Место установки устройства пожаротушения аэрозолем

При определенных условиях, как скорость тепловыделения, так и высота пламени усиливаются с увеличением размеров горючего материала. Среди различных горючих материалов существует степенная корреляция между высотой пламени и скоростью тепловыделения: чем выше скорость тепловыделения, тем энергичнее реакция горения, следовательно, увеличивается высота пламени [29].

Температура пламени, измеренная термопарой в возвышенном положении, достигает своего зенита. Температура пламени линейно уменьшается с увеличением высоты, и этот температурный градиент определяет – характеристики высоты пламени [29].

Устройства пожаротушения аэрозолем наиболее эффективно будет работать при организации локальной системы пожаротушения, например в распределительных шкафах.

Для тушения пожаров в электротехнических помещениях

электростанции рассмотрим системы газового пожаротушения.

Системы пожаротушения углекислым газом являются очень эффективными решениями для противопожарной защиты и подавляют реакцию горения за счет нехватки кислорода, создавая таким образом окружающую атмосферу, в которой процессы горения не могут продолжаться. Эти газы хранятся в баллонах высокого давления, подключенных к трубопроводной распределительной сети, которая проходит от блока баллонов к защищаемой зоне. После активации системы вещество высвобождается из контейнера и перемещается по трубопроводу, пока не достигнет выпускных патрубков. При выбросе газ заполняет помещение, создавая атмосферу с низким содержанием кислорода, что приводит к быстрому тушению пожара. В баллоны могут храниться в специально отведенных помещениях или на улице в специально отведенных местах. В зависимости от установки они могут размещаться на специально предназначенных открытых стеллажах или внутри закрытых шкафов [30].

Однако из-за физических свойств углекислого газа эти системы могут быть опасны для жизни человека, поэтому они разработаны профессиональными инженерами по противопожарной защите и управляются обученным персоналом [4].

Одной из наиболее опасных опасностей, связанных с системами пожаротушения на газовой основе, является случайный выброс огнетушащего вещества в присутствии персонала в защищаемой зоне.

Были исследованы средства пожаротушения на основе гептафторпропана, такие как HFC-227ea, Novec 1230 [25], Аргон, и они показали выдающуюся эффективность при тушении пожаров на электрооборудовании.

Из-за запрета на «Хладоны было необходимо переосмыслить возможности противопожарной защиты и, в частности, с большой тщательностью изучить аспект защиты окружающей среды в этих концепциях» [5].

«Диапазон требований к автоматическим системам пожаротушения был пересмотрен с учетом других приоритетов:

- совместимость с окружающей средой;
- высокий уровень безопасности персонала;
- надежное тушение;
- раннее обнаружение и тушение пожаров,;
- огнетушащие вещества без побочных эффектов для охраняемых помещений и оборудования» [5];
- допустимые требования к объему помещения [2].

При тушении пожара с помощью инертного газа необходимо учитывать возможное воздействие гипоксии на людей.

«Эффективность была подтверждена тем фактом, что с помощью CO_2 , систем были успешно потушены сотни пожаров. Аргон можно легко подавать по трубам значительной длины, что является особенностью конструкции» [11], в которой аргон сильно отличается от Хладонов и большинства других химических реагентов. Таким образом, с помощью направляющих клапанов можно создать многозональную систему пожаротушения для нескольких зон пожаротушения. Здесь можно комбинировать подачу для нескольких зон. Это значительно сокращает общее количество средства.

Типичными областями применения являются объекты, такие как электроподстанции, помещения с распределительными устройствами и ограждения, в которых могут находиться люди.

«Эффект непрямого тушения за счет газов, не участвующих в горении, сильно отличается от эффекта Хладонов, которые химически вмешиваются в реакционную цепочку процесса горения. По этой причине аргон не является заменой Хладону в истинном смысле этого слова, а скорее замещающим газом» [11].

«В качестве инновационного решения в технологии пожаротушения, особенно в системах, использующих инертные газы, анализ исследований и

тщательное рассмотрение альтернатив показали, что аргон особенно рекомендуется для объектов электроснабжения» [11].

«Свойства аргона как газа и его физические характеристики, относящиеся к процессу тушения, такие как плотность и молярная масса, аналогичны свойствам CO_2 и больше подходят для систем пожаротушения, чем HFC-227ea и Noves 1230. Свойства осаждения и пенетрации в значительной степени сопоставимы с CO_2 . При пожаре объём помещения быстро и равномерно заполняется газообразным огнетушащим веществом. Таким образом обеспечивается эффект полного заполнения помещения» [11].

«Концентрация, как правило, будет достаточной для целей тушения, когда уровень кислорода в воздухе в помещении снижается с нормального уровня в 20,9 % по объёму до <15 % по объёму. Для достижения этой цели примерно 1/3 объёма воздуха в помещении должна быть заменена инертным газом, чтобы была установлена концентрация >34 % по объёму» [11].

Аргон (чистота >99,99 %) хранится в сжатом газообразном виде в баллонах высокого давления.

«Преимуществом подачи огнетушащего вещества в газообразной форме является то, что при его выпуске не происходит испарения, а воздух в зоне затопления охлаждается лишь в относительно незначительной степени в процессе адиабатического расширения. Это означает, что не образуется ни тумана, ни конденсата, которые в сочетании с продуктами горения могут привести к последующему повреждению (особенно в электрических установках). «Холодный шок», который является постоянным риском использования CO_2 -систем, который проявляется в образовании сухого льда на чувствительном оборудовании в зоне затопления, можно полностью исключить» [11], поскольку создать твердое состояние с помощью аргона практически невозможно.

Физическое сходство аргона и CO_2 дает то преимущество, что системы пожаротушения, использующие аргон в качестве огнетушащего вещества, могут в значительной степени основываться на рекомендациях по

планированию и установке систем пожаротушения CO_2 . Необходимо просто «внести несколько корректировок в проектирование системы и включить изменения в соответствии с конкретными данными по Аргону в методы расчета» [11].

«Дополнительная безопасность обеспечивается тем фактом, что многолетний опыт установки систем пожаротушения CO_2 и надежность системного оборудования были перенесены в систему без увеличения функциональных рисков» [11].

Аргон как огнетушащее вещество сам по себе не создает никаких дополнительных физиологических рисков, напротив, он обеспечивает существенное повышение пожарной безопасности.

Тем не менее, эти обстоятельства, касающиеся преимуществ в области безопасности, оказывают очень положительное влияние на прикладные технологии. В случае пожара время, доступное для «эвакуации, увеличивается сверх установленного времени предупреждения о пожаре, по крайней мере, на часть времени, необходимого для создания концентрации ГОТВ для тушения, поскольку в течение этого периода в районе тушения не возникает критических уровней O_2 и практически не ухудшается видимость» [5].

«Здесь имеются значительные преимущества в проектах, предусматривающих локальную защиту оборудования или фальшполов, поскольку существует более широкий спектр применения Аргона для защиты оборудования» [5] (закрытых объектов) без существенной задержки выпуска ГОТВ. Пороговый уровень для CO_2 в 5 % по объему соответствует сравнительно безвредной концентрации аргона 20-25 % по объему (что соответствует >15-17 % по объему O_2).

«Практически единственным способом получения аргона является его «удаление» из окружающего воздуха, куда он возвращается после использования при тушении пожара» [5].

«Технически его получают путем разделения воздуха путем

фракционирования сжиженного воздуха. В этом методе сжиженный воздух испаряется при соответствующих температурах кипения компонентов воздуха, которые извлекаются путем многократной конденсации и дистилляции. Аргон также концентрируется из-за высокого содержания окружающего воздуха в рециркулирующем газе при синтезе аммиака и отделяется от него, в свою очередь, путем фракционированного сжижения» [5] и ректификации конденсата.

Фактически, аргон является «отходом производства» при выделении O_2 и N_2 .

Вывод по разделу.

В разделе рассматривается новая система автоматического пожаротушения аэрозолем, разработанная для обеспечения пожарной безопасности оборудования на объекте электроснабжения, устранения пожарной опасности в прослойках кабелей и траншеях, улучшения пожарной сигнализации и мер безопасности, а также предотвращения распространения пожара посредством локализованного целевого тушения.

Для тушения пожаров в электротехнических помещениях электроподстанции предложено использовать системы газового пожаротушения, в которых газовым огнетушащим веществом является Аргон.

Физическое сходство аргона и CO_2 дает то преимущество, что системы пожаротушения, использующие аргон в качестве огнетушащего вещества, могут в значительной степени основываться на рекомендациях по планированию и установке систем пожаротушения CO_2 .

Использование Аргона в качестве огнетушащего вещества не создает никаких дополнительных физиологических рисков для работников объекта, напротив, он обеспечивает существенное повышение пожарной безопасности.

2 Разработка инновационной системы пожарной безопасности объекта

2.1 Анализ пожарной безопасности объекта защиты

Электрооборудование может стать причиной пожаров из-за старения изоляции, снижения напряжения и механической прочности, а также коротких замыканий, дуг и искр во время работы. Окружающая среда за пределами оборудования также представляет опасность.

В настоящее время противопожарное оборудование на подстанциях в основном состоит из основных противопожарных устройств, требующих ручного управления.

«Система пожарной сигнализации просто посылает сигналы тревоги при обнаружении пожара и не взаимодействует с существующими противопожарными устройствами для активного тушения пожара. Такие противопожарные устройства и системы сигнализации» [5] не отвечают требованиям противопожарной защиты подстанций. Кроме того, поскольку большинство подстанций не обслуживаются персоналом, персоналу потребуется около часа, чтобы добраться до места в случае пожара, что делает своевременное тушение пожара нецелесообразным.

Следовательно, чтобы минимизировать риски возникновения пожара, подстанциям крайне важно повысить возможности активного тушения пожара своим противопожарным оборудованием.

В процессе работы электрооборудования станции через первичное оборудование протекает значительная величина тока.

Одновременно теплопроводность, конвекция и излучение повышают температуру компонентов, прилегающих к нагреваемому электрооборудованию.

Если температура достигнет критического порога, электрооборудование может воспламениться.

Обычно пожар на подстанции развивается через три основных этапа: нагрев определенного компонента в силовом оборудовании подстанции, накопление тепла до достижения точки воспламенения дефектного материала и последующее первоначальное возгорание в силовом оборудовании. Причины нагрева в силовых устройствах обычно можно разделить на внутренние и внешние факторы. Внутренние факторы включают: старение материалов устройства, внутренние дефекты устройства и неоптимальные внутренние соединения.

Внешние факторы включают неправильную эксплуатацию и воздействие окружающей среды.

Из-за недостаточного внимания к этим факторам или трудностей в их идентификации определенные области силового устройства быстро нагреваются, что приводит к пожарам в течение короткого периода времени. Как правило, температура воспламенения местного силового оборудования составляет от 500 до 2000 °С, в зависимости от характеристик материала, и достижение этой точки воспламенения имеет решающее значение для возникновения пожара.

Потеря экономической собственности может быть существенной, поскольку пожары могут повредить энергетическое оборудование на станциях-узлах электропередач, расположенных выше и ниже по течению. В тяжелых случаях они могут привести к новым пожарам, которые распространятся по региону с эффектом домино, что приведет к экономическим потерям, исчисляемым миллиардами.

В центральной части исследуемой площадки ГТЭС размещаются главный корпус.

Здание КРУЭ 110 кВ №1 в осях А-В/ 1-14, представляет собой отдельное здание в составе крупной производственной площадки. Данное производственное здание, состоит из трех полностью интегрированных блоков:

- бытовой блок в осях «1-7», размерами в плане 12,0×37,0 м;

- электротехническая часть в осях «7-12», размерами в плане 15,0×32,0 м;
- помещения КРУЭ в осях «12-20», размерами в плане 15,0×48,0 м.

Инженерно-бытовой участок – двухэтажный, перекрытие на отметке плюс 3,600, покрытие на отметке плюс 7,200, предназначен для расположения бытовых и технических помещений на обоих этажах, в производственном участке на отметке плюс 3,600 расположено промышленное оборудование состоящее из комплектных распределительных устройств (КРУЭ), первый этаж полностью отведен для кабельных галерей. Высота покрытия в КРУЭ 11,300 м, в перепаде высот наличие зоны повышенных снегоотложений на покрытие административной части.

Здание выполнено на свайных ростверках, каждый ростверк объединяет две или четыре сваи в один «куст», внизу проветриваемое подполье, уровень планировки находится на отметке минус 2,500. По балкам пола снизу выполнена обрешетка из специальных профилей, по которым устроен сплошной непрерывный контур нижнего утепления.

Каркас металлический – выполнен рамно-связевой схеме. В поперечном направлении металлические двухпролетные рамы, шарнирно опертые на ростверки с жесткими узлами в уровне перекрытия на отметке плюс 3,600 и покрытия. Колонны из прокатных профилей двутаврового сечения, ригели из сварных балок двутаврового сечения, рамные узлы на высокопрочных болтах М24. Пролет рам 6,0 м и 9,0 м, в покрытии КРУЭ пролет ригелей кровли – 15,0 м, шаг рам в основном регулярный 6,0 м, на стыках участков не более 7,0 м.

Перекрытия на отметке минус 0.210 и плюс 3,440 (плюс 3,000 в КРУЭ) – балочная клетка, второстепенные балки из прокатных двутавров с шагом 1,5 м поверх балок сплошной металлический настил 8 мм, ориентировано под устройство сплошной монолитной железобетонные плиты толщиной 100 мм и бетонного пола 100 мм. В помещениях КРУЭ отметка перекрытия плюс 3,000, по перекрытию дополнительно выполнен металлический фальшпол.

Покрытие – мягкая кровля по профилированному настилу, прогоны их прокатных двутавровых балок с шагом 1,5 м.

Жесткость покрытию в горизонтальной плоскости придает перпендикулярная ориентация прогонов и гофров профнастила, дополнительную жесткость и при совместной работе и равномерном распределении усилий между всеми рамами, придают горизонтальные связевые решетки в уровне верхних поясов ригелей кровли вдоль покрытия и по торцам здания.

Внутренние лестницы выполнены в противопожарном исполнении, каждая имеет свой рамно-связевый каркас, состоящий из четырех колонн и вертикальных связей, и обладает исключительной устойчивостью во время пожара (до 60 минут), ступени из монолитного железобетона, косоуры металлические.

Стеновое ограждение предусмотрено из стеновых «сэндвич» панелей горизонтальной раскладки Заводского изготовления. Панели крепятся к гнутым элементам фахверка, приваренным по всей высоте колонн каркаса.

В помещении КРУЭ предусмотрен подвесной кран, оборудованный площадкой обслуживания с лестницей и ограждением.

Вдоль ряда А главного корпуса расположена открытая установка трансформаторов, всего установлено 3 трансформатора.

Под трансформаторами запроектированы маслоприемники, заполненные на 250 мм, промытым и просеянным гравием крупностью 30-50 мм. Маслоприемники выполнены из монолитных железобетонных конструкций. Толщина монолитной плиты и стенок (высота 600 мм) 150 мм.

Между трансформаторами предусмотрены противопожарные стены с пределом огнестойкости REI 1,5 часа (90 мин), выполненные из огнестойких сэндвич – панелей, закрепленных к металлическим стойкам из прокатных двутавров с приведенной толщиной 4,57 мм и окрашенных огнезащитным составом третьей группы огнезащитной эффективности.

Кабельные каналы – наземные, выполненные из сборных

железобетонных конструкций по серии 3.006.1-2.87 с утеплением.

В процессе преобразования и передачи электроэнергии масляные силовые трансформаторы играют очень важную роль.

Электрооборудование, такое как трансформаторы, автоматические выключатели и электрические панели, может выйти из строя из-за возраста, износа и из-за неправильного обслуживания, таким образом, создавая потенциальную опасность возгорания.

В помещениях трансформаторных и РП установлено электрооборудование, не защищенное от попадания воды и работающее под напряжением до 6 кВ. В этих условиях авария на водопроводе и попадание воды на токоведущие элементы может привести не только к взрыву самого электрооборудования, но и к взрывам технологического оборудования заводских установок. Недопустимость такой ситуации отражена в требовании СП 10.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования» п. 4.1.5 г) [1].

В главном корпусе к «помещениям (участкам) с повышенной пожарной нагрузкой в турбинном отделении следует отнести турбогенераторы, модули жидкого топлива, газомасляные модули, с объемом турбинного масла 24 м³, непроходные кабельные сооружения» [5].

Автоматическая установка пожарной сигнализации предусмотрено во всех помещениях, кроме санузлов, венткамер и помещений с мокрыми процессами. В качестве прибора приемно-контрольного пожарной сигнализации установлен ППКОП «С-2000-4» в помещении охраны (КПП).

Средства обнаружения пожара – извещатели дымовые оптико-электронные ИП-141 и ИП-3СУ извещатели ручные ИПР-513 и извещатели тепловые ИП-101-1А-А3, ИП 103-4/1.

В качестве оборудования оповещения используется блок контрольно-пусковой «С2000- КПБ». Выбор данного оборудования обусловлен типом системы оповещения, большим количеством помещений оповещения

численностью людей, находящихся в здании и за его пределами.

Комбинированные свето-звуковые оповещатели «Маяк-12-К» располагаются на входе с улицы на высоте 2,5 м для информирования персонал вне здания о возникновении пожара.

Система оповещения людей о пожаре на территории объекта осуществляется посредством взрывозащищенных оповещателей уличного исполнения «ЗОВ» – маркировка взрывозащиты 1ExibmПВТ6, рабочий диапазон температур от минус 45 до плюс 75 °С, степень защиты корпуса IP67.

Оповещатель размещается по территории участка, с таким условием, чтобы персонал предприятия, работающий на защищаемой территории, имел возможность слышать звуковой сигнал. Система оповещения людей о пожаре на территории состоит из приемно-контрольного прибора «Сигнал-20П», контрольно-пускового блока «С2000-КПБ» и комбинированных оповещателей «ЗОВ».

Электропитание СОУЭ осуществляется по I-й категории надежности в соответствии с ПУЭ. I-я категория надежности обеспечивается за счет применения источников бесперебойного питания.

Все оборудование системы СОУЭ и пожарной сигнализации заземлено.

Количество батарей рассчитано на обеспечение питанием оборудования СОУЭ в дежурном режиме – 24 часа, в аварийном режиме – 1 час [16].

Системы пожаротушения являются важнейшим компонентом современных зданий для защиты безопасности людей и дорогостоящего оборудования. Одним из основных элементов, обеспечивающих быстрое и эффективное реагирование на возникающие загорания, являются модульные системы в качестве системы пожаротушения.

Результаты анализа пожарной безопасности объекта защиты показал, что опасность для исследуемого объекта исходит от электрического оборудования (турбогенератор, электротрансформатор, кабельные туннели и

коммуникации).

2.2 Проектирование инновационной системы пожарной безопасности объекта

Время тушения пожара является важным показателем для измерения эффективности системы пожаротушения.

С точки зрения результата пожаротушения, у системы тушения мелкодисперстной водой показатель успешности тушения пожара составил 95%. При действии систем пожаротушения CO_2 и аргона не было ни одного отказа тушения пожара, а показатель успешности тушения источника пожара был самым высоким, который составил 100%. Однако время, необходимое для тушения источника пожара различными системами пожаротушения, было совершенно разным в условиях источника пожара и работающей вентиляции.

Различные типы пожаротушения являются основными причинами влияния источника возгорания на разницу во времени тушения пожара. Когда типом источника возгорания является пожар разлива трансформаторного масла, аргон имеет самую высокую скорость тушения, за ним следует CO_2 . Под действием этих систем пожаротушения время тушения источника возгорания увеличивается с увеличением интенсивности источника возгорания. Это в основном потому, что при увеличении площади источника возгорания увеличивается потребление кислорода и выделение тепла, а недостаток кислорода в помещении и раннее включение системы пожаротушения увеличат время, необходимое для тушения источника возгорания. Чем больше площадь пожара разлива, тем меньше разница между результатами времени тушения пожара между системами пожаротушения.

Большое количество кислорода, потребляемое очагом возгорания большой площади, ослабит эффективность систем пожаротушения,

основанных на снижении доли кислорода в воздухе и инертизации очага возгорания. Тем не менее, при максимальной площади очага возгорания 12 м² система газового пожаротушения при помощи аргона показала самое раннее время тушения.

На начальном этапе работы системы пожаротушения диффузия инертного газа оказывает замедленное воздействие на тушение пожара. Однако при непрерывной подаче низкотемпературного инертного газа источник пожара эффективно тушат.

После запуска системы пожаротушения низкотемпературный инертный газ распространяется в пространстве, что может эффективно снизить температуру в помещении. Скрытая теплота испарения CO₂ составила 320,4 кДж/кг (-40 °С), а скрытая теплота испарения аргона составила 199,176 кДж/кг (-196 °С). Эффект охлаждения пространства системой пожаротушения CO₂ лучше, чем у системы пожаротушения Ar. По сравнению с другими основными газами в пространстве (такими как CO₂ и O₂), Ar имеет меньший вес и имеет тенденцию мигрировать в нижнюю части пространства. Поэтому система пожаротушения аргоном показала относительно очевидную флуктуацию в снижении концентрации O₂ в нижней части пространства. Система пожаротушения аргоном превосходит свой аналог CO₂ в вытеснении концентрации кислорода в нижней части пространства.

В дополнение к вышеуказанным показателям, используемым для оценки эффективности пожаротушения, низкий ущерб оборудованию и низкая стоимость являются важными показателями для оценки осуществимости системы пожаротушения.

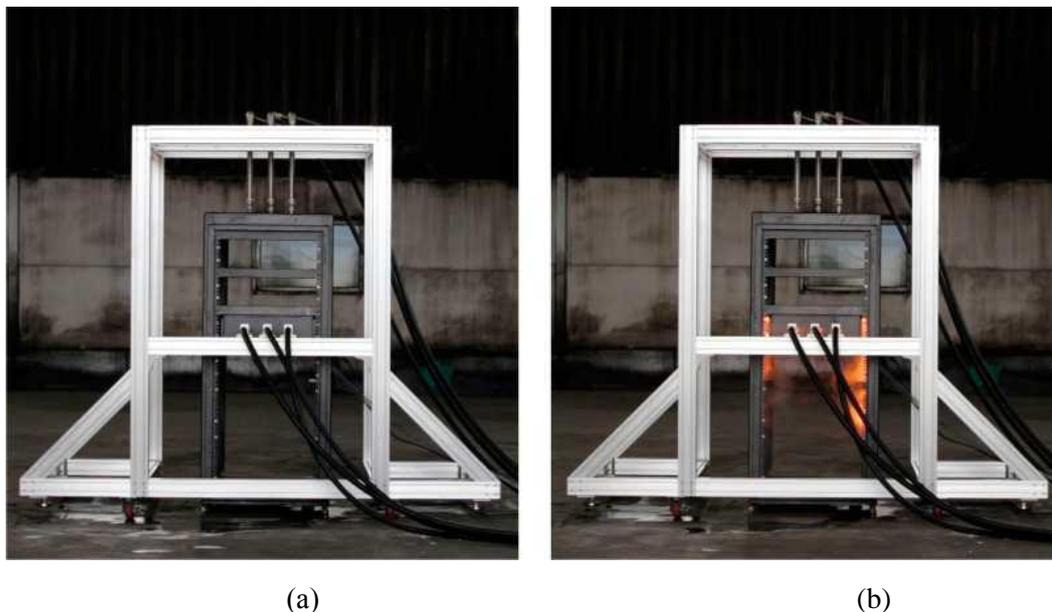
Однако, по сравнению с инертным газом, загрязнение водой и огнетушащими порошками вызывает вторичный ущерб.

На основе результатов анализа была проведена систематическая оценка производительности эффективных систем пожаротушения для электрооборудования объекта. Система пожаротушения аргоном

продемонстрировала наилучшие показатели пожаротушения, за ней следует система CO₂.

Термопары типа «К» были стратегически установлены на поверхности элементов электрошита, нагреваемых нагревательной пленкой, а также на соседних ячейках, чтобы контролировать изменения температуры во время испытаний. После подачи огнетушащего вещества проводится непрерывный мониторинг динамики температуры внутри модулей для оценки эффективности тушения пожара и обнаружения признаков повторного возгорания. Эта фаза мониторинга после тушения пожара необходима для проверки способности системы поддерживать контроль над пожаром в течение длительного периода. Испытание было завершено, когда не наблюдалось повышения температуры.

На рисунке 2 показаны результаты испытания пожаротушения модуля блока с использованием огнетушащего вещества аргона, подробно описывающие изменения температуры внутри ячеек модуля с течением времени.





(а) испытательная установка, (б) тепловой разгон ячеек внутри модуля блока, (с) выброс огнетушащего вещества и (д) после тушения пожара в модуле блока

Рисунок 2 – Ход испытаний эффективности пожаротушения модуля блока

После начала теплового разгона огнетушащее вещество было быстро распылено, что привело к значительному снижению температуры внутри модуля. Хотя примерно через 20 с после падения температуры в точке ТС 2 наблюдалось повышение температуры на 47,1 °С, затем температура постепенно снижалась, при этом не наблюдалось случаев повторного возгорания.

В установке приняты модули емкостью 22,5 л с рабочим давлением 2,5 МПа. Хладон находится в модулях в сжиженном состоянии, а качестве вытесняющего газа модули заправлены азотом. Контроль давления вытесняющего газа, а также контроль срабатывания модуля осуществляется по контактному манометру, входящему в комплект модуля.

Расположение модуле выполнено из расчета создания оптимальной концентрации газового огнетушащего вещества в помещении с учетом создания концентрации огнетушащего вещества, как в основном объеме помещения, так и в пространстве за подвесным потолком, так и в пространстве под фальшполом. Минимальная высота крепления модулей ограничена верхней кромкой оконных проемов.

В соответствии СП 485.1311500.2020 [18] необходимо предусмотреть 100 % запас ГОТВ.

Установка обеспечивает выпуск не менее 95 % ГОТВ, за временной интервал не более 10 с в соответствии с СП 485.1311500.2020 [18].

Для управления техническими средствами инженерных систем, требующих подачу без потенциальных сигналов типа «сухой контакт» предусматриваются блоки сигнально-пусковые адресные «С2000-СП2 исп.03», в комбинации с устройствами коммутационными «УК-ВК исп.15», установленными в корпуса управляемых шкафов (оборудования) или в непосредственной близости с ними. Управляющий сигнал в данном случае выполняется нормально-замкнутым.

Принятие решения о возникновении пожара осуществляется по алгоритмам А и С (СП 484.1311500.2020 п. 6.4.2, п.6.4.3) [17].

«Алгоритм А должен выполняться при срабатывании одного пожарного извещателя без осуществления процедуры перезапроса. В качестве ИП для данного алгоритма» [5] применяются извещатели ИПР.

«Алгоритм С должен выполняться при срабатывании одного автоматического ИП и дальнейшем срабатывании другого автоматического ИП той же или другой ЗКПС, расположенного в этом помещении» [5].

Для выполнения требований п. 6.3.3 и 6.3.4 СП 484.1311500.2020 [17] ручные извещатели ИПР 513-10, выделяются в отдельную зону контроля пожарной сигнализации (далее ЗКПС).

Радиус зоны контроля теплового извещателя не должен превышать значения, указанного в таблице 1 СП 484.1311500.2020 [17]:

- свыше 6,0 м до 9,0 м включительно – 2.85 м;
- извещатели пожарные ручные устанавливаются на путях эвакуации [19] на стене на высоте 1,5 м от уровня пола, согласно планам размещения оборудования и сетей АПС.

Соединительные линии выполняются открыто в гофротрубе, на стальке, кабелем КПСнг(А)- FRLS 1×2×0,5 в огнестойких кабельных линиях.

Разработанные системы пожаротушения турбогенератора и трансформатора играют важную роль в предотвращении пожаров в области оборудования преобразования энергии. Однако данные системы пожаротушения могут работать неправильно или не работать совсем из-за электромагнитных помех, что влияет на надежность тушения пожара.

Произведём предложения по организации электромагнитной совместимости для шкафа управления системами пожаротушения.

Испытание на электромагнитную совместимость относится к испытанию, которое использует оборудование для обнаружения электромагнитных помех и оборудование для генерации электромагнитных помех для оценки электромагнитной совместимости систем и оборудования в или внешних условиях окружающей среды.

Кабели электрической цепи и электрические модули должны проходить через, или располагаться в сильных магнитных полях, таких как главный трансформатор или место расположения устройства распределения мощности. После генерации сигнала помехи очень легко вызвать ложные срабатывания. Причина скачка напряжения связана с запуском и остановкой оборудования внутри системы электропитания и отказом сети электропитания. Генератор импульсных сигналов, необходимый для испытания на скачок напряжения, подается на сигнальную линию через зонд. Во время проверки параметрами являются время фронта волны и время полупика выходного сигнала генератора напряжения холостого хода/тока короткого замыкания, а амплитуда выходного напряжения должна быть проверенным значением. Испытание на скачок напряжения должно соответствовать IEC61000-4-5. Испытание на скачок напряжения должно подключать генератор импульсных сигналов к сигнальной линии шкафа управления огнем трансформатора для определения степени помех сигналов импульсных напряжений различной интенсивности в шкаф управления системой пожаротушения. Импульс напряжения возникает в двух полярностях, с максимальным напряжением 4 кВ, воздействуя на силовые и

сигнальные линии трансформаторного устройства подачи аргона для пожаротушения и определяя источник питания, сигнальный модуль, дисплейный модуль и противопожарную защиту внутри устройства.

Группа электрических быстрых переходных импульсов EFT/B относится к ограниченному числу и четко различимой последовательности импульсов или ограниченной продолжительности колебания. Одиночный импульс в группе импульсов имеет определенный период повторения, амплитуду напряжения, время нарастания и ширину импульса. Групповой импульс обычно возникает при помехах, вызванных многими механическими переключателями в электросети во время процесса переключения. Его характеристики помех следующие: интервал группы импульсов составляет 300 мс, ширина одного импульса составляет 50 нс, амплитуда импульса составляет 2 кВ, нарастающий фронт импульса составляет 5 нс, частота повторения импульсов составляет 2,5 кГц, а время помехи положительной и отрицательной группы импульсов составляет 1 минуту.

Электрический быстрый импульс является источником помех на площадке подстанции, в основном потому, что синусоида питания содержит определенную интенсивность гармоник высокого порядка, которые обычно появляются регулярными группами, что сильно влияет на надежность электропитания оборудования и сигнала. Устройства для пожаротушения нуждается в специальной электромагнитной защите, чтобы гарантировать, что оно не будет подвержено помехам.

Вывод по разделу.

Во втором разделе определено, что электрооборудование может стать причиной пожаров из-за старения изоляции, снижения напряжения и механической прочности, а также коротких замыканий, дуг и искр во время работы, при этом в настоящее время противопожарное оборудование на подстанциях в основном состоит из основных противопожарных устройств, требующих ручного управления. Кроме того, поскольку большинство подстанций не обслуживаются персоналом, персоналу потребуется около

часа, чтобы добраться до места в случае пожара, что делает своевременное тушение пожара нецелесообразным. Следовательно, чтобы минимизировать риски возникновения пожара, подстанциям крайне важно повысить возможности активного тушения пожара своим противопожарным оборудованием.

В качестве ГОТВ применить аргон, хранение ГОТВ – централизованное, способ тушения – объемный.

Разработанные системы пожаротушения турбогенератора и трансформатора играют важную роль в предотвращении пожаров в области оборудования преобразования энергии. Однако данные системы пожаротушения могут работать неправильно или не работать совсем из-за электромагнитных помех, что влияет на надежность тушения пожара. Соответственно устройства для пожаротушения нуждается в специальной электромагнитной защите, чтобы гарантировать, что оно не будет подвержено помехам.

3 Внедрение и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

3.1 Программа внедрения инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности электрических сетей, электрооборудования и электронагревательных приборов

В качестве документа в процессе внедрения инноваций разработан стандарт предприятия по внедрению инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности на предприятии.

Форма титульного листа стандарта представлена на рисунке 3.

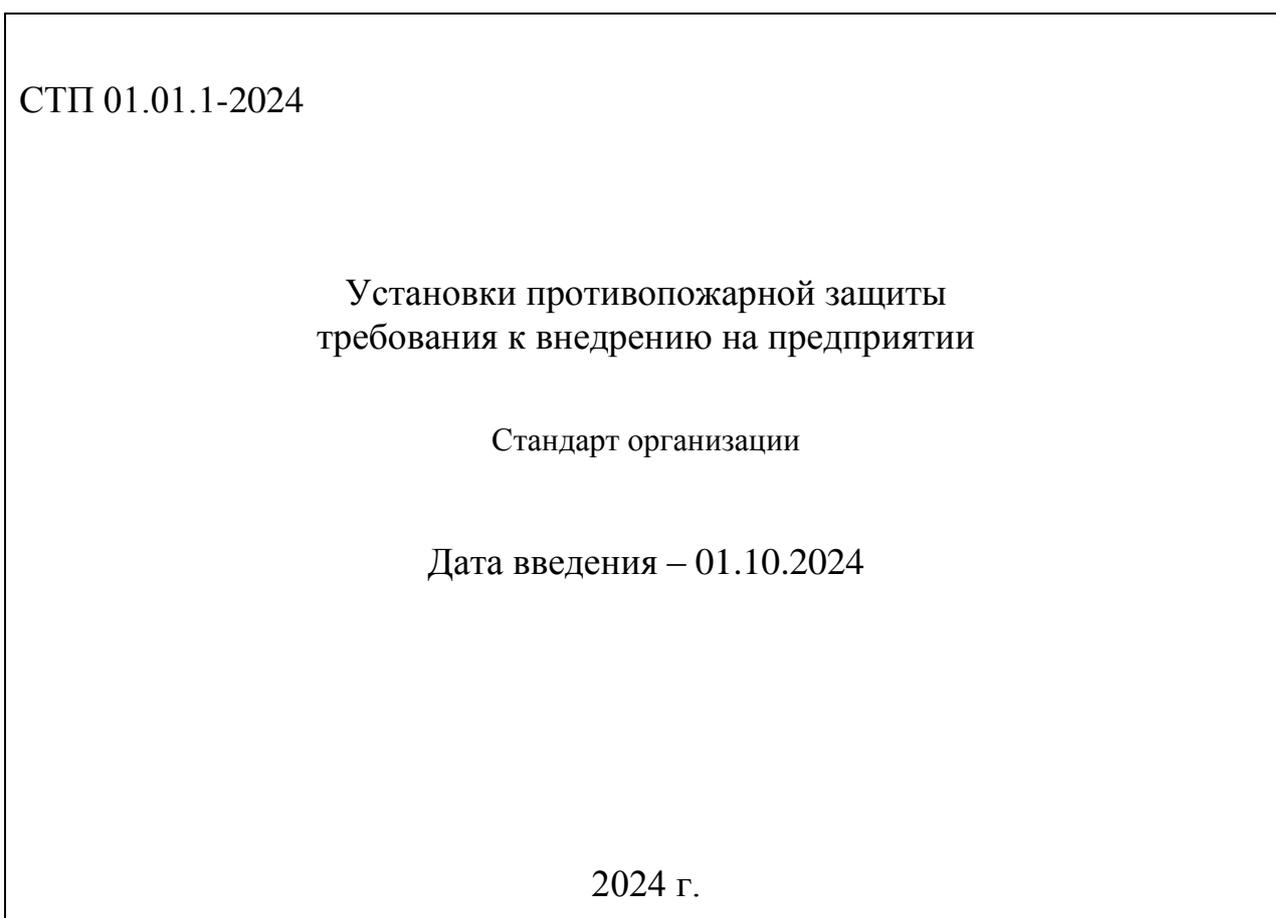


Рисунок 3 – Стандарт предприятия по внедрению инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности на предприятии

Содержание разработанного стандарта предприятия от 01.10.2024 СТП 01.01.1-2024 «Установки противопожарной защиты. Требования к внедрению на предприятии» представлено ниже.

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [7], объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения» [21].

Настоящий стандарт организации (далее – Стандарт) устанавливает требования к организации приемки инновационных установок противопожарной защиты.

Стандарте приведены основные требования к инновационным установкам противопожарной защиты, по:

- порядку организации проектной работы;
- принципиальным схемам систем противопожарной защиты;
- порядку организации приемки в эксплуатацию вновь смонтированных систем;
- персоналу и организациям, привлекаемым для осуществления внедрения инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности.

Разработка систем.

Заказчик приобретения и установки инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности должен убедиться, что разработчик системы адекватно осведомлен о целях системы и, в частности, о том, существует ли потребность в совершении вызовов как на удаленные станции, так и с них.

Разработчик системы должен обеспечить, насколько это возможно, консультации на этапе проектирования со всеми соответствующими заинтересованными сторонами из следующего списка:

- пользователь или заказчик;
- поставщик системы;
- установщик системы;
- консультанты (включая архитекторов, консультантов по механике и электрике, а также консультантов по пожарной безопасности).

Некоторые консультации могут проводиться такими сторонами, как проектировщик или консультанты, действующими от имени заказчика.

Установщик системы должен обеспечить, насколько это возможно, консультации со всеми соответствующими заинтересованными сторонами из следующего списка:

- проектировщик;
- поставщик системы;
- консультанты (включая архитекторов, консультантов по механике и электрике, а также консультантов по пожарной безопасности).

Прежде, чем разместить заказ на систему, необходимо четко определить и задокументировать ответственность за каждый из следующих этапов:

- проектирование;
- монтаж;
- ввод в эксплуатацию и сертификация.

Требования к системам.

Любые отклонения от проекта, должны быть четко идентифицированы, чтобы они были очевидны для любой стороны, от которой может быть запрошено одобрение спецификации или проектного предложения, например, пользователя, заказчика или надзорных органов.

Любые отклонения от проекта, выявленные или предложенные во время установки или ввода в эксплуатацию, но не четко обозначенные в документированном проекте, должны быть задокументированы (кроме случаев ошибок или «проблем», для которых предлагается исправление) для последующего утверждения.

Компоненты систем инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности могут быть связаны между собой различными способами.

Можно использовать радиальную схему подключения системы обеспечения пожарной безопасности. Однако для кабеля может быть более экономичным использовать конфигурацию петли или несколько петель. Какая бы схема ни была выбрана, цепи должны постоянно контролироваться на предмет неисправностей, а конструкция схемы должна быть максимально устойчивой к неисправностям.

Какой бы хорошей ни была ее конструкция и установка, все же существует вероятность возникновения неисправности в системе. Неисправность может возникнуть внутри главной или внешней станции АПС и АУПТ, в источнике питания или в любом месте проводки системы. Такие неисправности должны быть обнаружены и обозначены без промедления, чтобы можно было вызвать инженера по обслуживанию для выполнения необходимого ремонта.

Применимы следующие рекомендации.

Главная станция АПС должна иметь возможность контролировать любое из следующих условий:

- короткое замыкание или отключение любого нормального источника питания, связанного с работой оборудования, или другая полная потеря питания от такого нормального источника питания;
- короткое замыкание или отключение любого резервного источника питания, связанного с работой оборудования, включая случаи, когда резервный источник питания состоит из нескольких батарей, соединенных параллельно;
- отключение любой батареи или короткое замыкание одного элемента внутри батареи;
- короткое замыкание или отключение любого оборудования для зарядки аккумуляторов, связанного с работой оборудования;

- разрыв любых предохранителей или срабатывание автоматического выключателя, изолятора или защитных устройств, которые могут помешать голосовой связи в чрезвычайной ситуации;
- выход из строя удаленной станции, включая любой обрыв или короткое замыкание в цепях, а также любую неисправность соответствующего усилителя; обрывы и короткие замыкания в соединительных кабелях, соединяющих любую внешнюю станцию с любой главной станцией;
- любое замыкание на землю в соединительном кабеле, соединяющем любую внешнюю станцию с любой главной станцией, если это замыкание может помешать любой обязательной функции системы;
- неспособность любого процессора правильно выполнить свою программу, включая прекращение любого процесса сканирования или опроса или обнаружение любой ошибки в процедурах проверки памяти.

В случае возникновения любого из состояний неисправности, перечисленных выше при возникновении неисправности на главной станции должна быть выдана индикация следующим образом:

- а) звуковое предупреждение от оповещателя, предпочтительно внутри каждой главной станции с медленным откликом;
- б) видимая индикация с помощью отдельного светоизлучающего индикатора (индикатор общей неисправности);
- в) отдельные светоизлучающие индикаторы и/или буквенно-цифровой дисплей, отображающие следующую информацию:
 - 1) видимая индикация, общая для всех источников питания, неисправностей,
 - 2) видимая индикация, общая для всех путей прохождения сигнала, о перегорании любого предохранителя или срабатывании защитного устройства,
 - 3) индивидуальная видимая индикация для каждой удаленной

станции неисправностей;

- г) в случае систем с радиальной проводкой индивидуальная видимая индикация для каждого кабеля, соединяющего внешнюю станцию с главной станцией, неисправностей;
- д) в случае системы с кольцевой проводкой, предполагая, что шлейф замкнут, индивидуальная видимая индикация для каждого такого контура неисправностей;
- е) видимая индикация, общая для неисправностей. Эта индикация может быть общим индикатором неисправности;
- ж) индикация неисправности должна подаваться на всех главных станциях системы в течение 100 с после возникновения неисправности;
- и) индикация неисправностей, существовавших до аварийного использования системы, может быть подавлена во время аварийного использования.

Звуковое предупреждение должно быть отличительными. Это предупреждение должно звучать минимум 0,5 с каждые 5 с.

Может быть предусмотрена возможность отключения звука звукового сигнала неисправности вручную.

Сброс из состояния предупреждения о неисправности должен быть либо автоматическим, когда все неисправности устранены (предупреждения о неисправности без фиксации), либо должен осуществляться вручную (предупреждения о неисправности с фиксацией). Если состояние предупреждения о неисправности можно отменить путем сброса, когда неисправность(и) все еще существует, то состояние предупреждения о неисправности должно быть восстановлено в течение 100 с.

Корректная работа системного программного обеспечения любого процессора должна контролироваться внутренними процедурами самоконтроля и соответствующей схемой контроля, в соответствии со следующими рекомендациями:

- а) схеме мониторинга и связанным с ней схемам индикации и сигнализации не должно быть запрещено определять и сигнализировать о состоянии неисправности из-за отказа любого контролируемого процессора или связанных с ним тактовых схем;
- б) схема мониторинга должна контролировать работу подпрограмм, связанных с функциями основных элементов программы, то есть оно не должно ассоциироваться исключительно с «ожиданием» или другими функциями;
- в) в случае сбоя микропроцессора в правильном выполнении своего программного обеспечения схема мониторинга должна, в дополнение к звуковому и визуальному предупреждению о неисправности, выполнять следующие действия:
 - 1) повторно инициализировать процессор и попытаться перезапустить программу в подходящем месте в течение 10 с после возникновения сбоя. Процедура повторной инициализации должна убедиться в том, что содержимое памяти, как программы, так и данные, не повреждено,
 - 2) зафиксировать, что произошел отказ, используя систему, способную регистрировать минимум 999 отказов и сбрасываемую только с помощью операции, разрешенной авторизованному обслуживающему персоналу,
 - 3) автоматически перезагрузить оборудование и подать визуальное и звуковое предупреждение о том, что произошел автоматический сброс.

Органы управления на удаленных станциях предназначены для использования во время чрезвычайных ситуаций. Поэтому эксплуатация удаленной станции должна быть максимально простой, чтобы избежать путаницы. Все элементы управления должны быть четко обозначены.

Показания на удаленной станции должны быть сведены к минимуму, чтобы избежать путаницы в аварийной ситуации.

Для удаленных станций, предназначенных для приема входящих вызовов, входящий вызов должен обозначаться звуковым и, при необходимости, визуальным сигналом.

Если вблизи удаленной станции неизбежно присутствует высокий фоновый шум, звуковой сигнал предупреждения о входящем вызове должен дополняться визуальным сигналом предупреждения. Может быть предусмотрен красный индикатор, который будет гореть постоянно или мигать при входящем вызове.

Система обеспечения пожарной безопасности должна содержать по крайней мере одну главную станцию (главная станция является неотъемлемой частью системы). Система АУПТ управляется с главной станции, которая должна быть расположена в центральном пункте управления, таком как пожарный пост или помещение охраны.

Цепи электропитания всех частей системы АУПТ должны быть предназначены исключительно для системы пожаротушения и не должны обслуживать никакие другие системы или оборудование. Цепь(и) должна быть получена из точки электрораспределительной системы здания. С

Следующие рекомендации применимы к каждому блоку питания, входящему в состав системы АПС и АУПТ.

Переход между обычным питанием и резервным питанием и наоборот не должен приводить к прерыванию работы систем обеспечения пожарной безопасности.

«Неисправность основного источника питания не должна влиять на резервный источник питания и наоборот. Срабатывание одного защитного устройства не должно приводить к выходу из строя как основного, так и резервного источника питания» [5].

Состояние основного источника питания должно обозначаться зеленой лампой, которая загорается, когда основной источник питания исправен, и расположена в месте, которое делает его очевидным для любого лица, ответственного за мониторинг неисправностей в системе АПС или АУПТ

(например, установленной на каждой главной станции).

Каждый из основных и резервных источников питания должен быть независимо способен обеспечивать максимальную рабочую нагрузку системы, независимо от состояния другого источника питания. Резервный источник питания должен включать вторичную (перезаряжаемую) батарею с автоматическим зарядным устройством.

Скорость зарядки аккумулятора должна быть такой, чтобы после разрядки до конечного напряжения аккумулятор мог быть заряжен в достаточной степени.

Следующее должно применяться в случае сбоя в нормальном энергоснабжении, если в здании или комплексе нет автоматически запускаемого резервного генератора для обеспечения электропитанием систем АПС и АУПТ. Емкости аккумуляторов должно быть достаточно для поддержания системы в рабочем состоянии не менее 24 часов, после чего должна оставаться достаточная емкость, позволяющая использовать систему в течение не менее трех часов.

Следующее должно применяться в случае сбоя в нормальном энергоснабжении, если в здании или комплексе имеется автоматически запускаемый резервный генератор для обеспечения электропитанием системы. Емкости аккумуляторов должно быть достаточно для поддержания системы в состоянии покоя работы не менее трех часов, после чего должна оставаться достаточная емкость, позволяющая использовать систему в течение не менее трех часов.

Компоненты большинства систем АПС и АУПТ соединяются кабелями и проводами, но их можно соединить и другими способами, например оптоволоконным кабелем. Если используются оптоволоконные соединения, они должны обеспечивать такую же целостность и надежность, как и другие кабели, которые можно использовать для той же цели.

Крайне важно, чтобы все межсоединения были готовы к правильной работе в начале пожара и продолжали работать как можно дольше во время

пожара.

Вероятность выхода из строя любой части системы в результате механического повреждения кабелей можно снизить за счет использования достаточно прочных кабелей, тщательного выбора кабельных трасс и обеспечения механической защиты в местах, где кабели подвержены механическим воздействиям. повреждать.

Мониторинг цепей не гарантирует отсутствие повреждений кабеля, но необходим для минимизации времени между возникновением и выявлением (и, следовательно, устранением) неисправности. Таким образом, мониторинг цепей и защита кабелей от повреждений являются дополнительными мерами предосторожности, а не альтернативами.

Проектировщик несет ответственность за обеспечение соответствия электрических характеристик кабелей, включая допустимую нагрузку по току и падение напряжения, системе.

При выборе кабеля и маршрутов следует учитывать необходимость избегать электромагнитных помех со стороны других кабелей и источников электромагнитного излучения, особенно в случае систем, в которых кабели используются для передачи последовательных данных. В последнем случае выбранный кабель также должен подходить по скорости передачи данных .

Цепи питания АПС и АУПТ должны быть отделены от кабелей других цепей, чтобы свести к минимуму любую вероятность того, что другие цепи могут вызвать неисправность системы, возникающую из-за:

- пробой изоляции кабелей других цепей;
- пожар, вызванный неисправностью другой цепи;
- электромагнитные помехи любой цепи системы пожарной безопасности в результате близости другой цепи;
- повреждение, возникшее в результате необходимости установки или удаления других цепей в кабель-канале, воздуховодах или коробе.

Кабели должны иметь цветовую маркировку или иную маркировку,

например, с помощью этикеток, чтобы можно было определить возможную необходимость соответствующего разделения. Также будет меньше вероятность непреднамеренного ручного вмешательства в цепи систем обеспечения пожарной безопасности (например, во время работы с другими электрическими цепями).

Электрические характеристики всех кабелей, такие как падение напряжения, допустимая нагрузка по току и полное сопротивление, должны соответствовать системе. Кабели, используемые для всех соединений между компонентами системы АПС и АУПТ, а также для подачи в систему сети низкого напряжения, должны иметь повышенную огнестойкость, за исключением подземных участков прокладки кабелей. Методы поддержки кабеля должны быть такими, чтобы целостность цепи не снижалась ниже той, которую обеспечивает кабель, если кабель оставался закрепленным на протяжении всего времени указанных испытаний на огнестойкость.

По возможности следует избегать соединений кабелей. Метод соединения кабелей должен быть таким, чтобы свести к минимуму вероятность раннего выхода из строя в случае пожара. Если предусмотрены кабели повышенной огнестойкости, за исключением соединений внутри компонентов системы, таких как главные станции и внешние станции, клеммы, используемые для соединения кабелей, должны быть изготовлены из материалов, который выдерживает высокие температуры. Все соединения, за исключением соединений внутри компонентов системы, должны быть заключены в распределительные коробки с надписью «Система обеспечения пожарной безопасности», чтобы избежать путаницы с другими.

За исключением особо тяжелых условий, кабели с минеральной изоляцией и медной оболочкой и кабели со стальной проволокой могут использоваться во всех частях установки без дополнительной механической защиты. Все проводники должны иметь площадь поперечного сечения не менее 1 мм^2 , за исключением многожильных кабелей или кабелей витой пары, в которых сечение отдельных жил должно быть не менее $0,5 \text{ мм}^2$.

Кабели должны быть отделены от кабелей, кабель-каналов и коробов всех других служб (в том числе других служб безопасности, таких как системы охраны).

Кабели системы, по которым проходит электрический ток с напряжением, превышающим сверхнизкое напряжение, должны быть отделены от цепей системы сверхнизкого напряжения. В частности, сетевой кабель к любой главной станции не должен входить в оборудование через тот же кабельный ввод, что и кабели сверхнизкого напряжения. В оборудовании кабели низкого и сверхнизкого напряжения должны располагаться отдельно, насколько это практически возможно. Там, где это практически возможно, все кабели должны быть одного общего цвета, который не используется для кабелей общего электроснабжения в здании, чтобы можно было отличить эти кабели от кабелей других цепей.

При применении в зданиях оборудование, используемое в системе АПС и АУПТ (включая главные станции, источники питания и внешние станции), должно быть способно выполнять все свои функции в условиях окружающей среды, ожидаемых в зданиях.

Особое внимание следует уделить проектированию и установке системы АУПТ, чтобы избежать электромагнитных помех, особенно от другого оборудования, а также от него.

Электромагнитные помехи в системе могут быть вызваны мобильными телефонами, радиопередатчиками, другим оборудованием, используемым внутри здания, молниями и переходными процессами в электросети.

Системы АПС и АУПТ должны быть спроектированы и установлены таким образом, чтобы они не вызывали и не были чрезмерно восприимчивы к электромагнитным помехам.

Требования к монтажу.

Качество монтажа должно соответствовать соответствующим рекомендациям в отношении качества выводов и непрерывности заземленных экранов.

Характер и качество монтажных работ должны быть такими, чтобы поддерживать целостность системы и минимизировать продолжительность и степень отключения системы во время технического обслуживания или модификаций.

Проходы в конструкции (например, для прохождения кабелей, кабель-каналов, коробов или лотков) должны быть обеспечены таким образом, чтобы избежать свободного прохождения огня или дыма, независимо от того, имеет ли конструкция признанную степень огнестойкости.

Применимы следующие рекомендации: кабели, проложенные на поверхности, следует прокладывать аккуратно и надежно закреплять через соответствующие интервалы в соответствии с рекомендациями производителя кабеля.

Монтажник по возможности следует избегать соединений кабелей, отличных от тех, которые находятся внутри корпусов оборудования. е) При установке нового кабелепровода, короба или лотка необходимо предусмотреть достаточные возможности для прокладки кабеля.

Если кабель проходит через внешнюю стену, в стену следует загерметизировать гладкую муфту из металла или другого негигроскопичного материала. Он должен иметь наклон вниз наружу и быть закрыт подходящим не затвердевающим водонепроницаемым составом, чтобы предотвратить попадание дождя, пыли или насекомых. Если кабель проходит через внутреннюю стену, необходимо предусмотреть небольшое зазорное отверстие. Если необходима дополнительная механическая защита, в стену следует заделать гладкоствольную втулку.

Следует позаботиться о том, чтобы на концах гильз не было острых кромок во избежание повреждения кабелей во время установки.

Там, где кабели, короба или лотки проходят через полы, стены, перегородки или потолки, окружающее отверстие должно быть настолько маленьким, насколько это практически возможно, и заделано огнезащитными материалами, которые гарантируют, что огнестойкость конструкции

существенно не уменьшится.

Вокруг кабеля, короба или лотка не следует оставлять пространства, через которые может распространиться огонь или дым. Если кабели проложены в каналах, воздуховодах, коробах или шахтах, проходящих через полы, стены, перегородки или потолки, внутри каналов следует предусмотреть барьеры с соответствующим уровнем огнестойкости для предотвращения распространения огня, за исключением случаев, когда в случае воздуховодов и шахт конструкция воздуховода или шахты обеспечивает эквивалентную огнестойкость конструкции, в которую проникает; в последнем случае противопожарную защиту необходимо обеспечивать только там, где кабели проходят в канал или шахту или выходят из нее.

По завершении прокладки проводки или ее участков установщик должен провести испытания, чтобы убедиться в целостности изоляции кабеля и достаточности заземления. Обычно испытания кабелей проводятся при отключенном оборудовании и до завершения всей установки. Поэтому дальнейшие испытания следует проводить по завершении установки; эти испытания могут стать частью процесса ввода в эксплуатацию.

Результаты всех испытаний должны регистрироваться и предоставляться организации, ответственной за ввод системы в эксплуатацию.

Требования к вводу в эксплуатацию.

До начала монтажных работ должна быть четко определена организация, ответственная за ввод системы в эксплуатацию.

Как правило, инженер-наладчик не несет ответственности за проверку соответствия проекта или монтажных работ. В целом, ответственность инженера по вводу в эксплуатацию заключается в проверке того, что система работает правильно и в соответствии с проектом, и что качество монтажа в целом соответствует соответствующему стандарту. Инженеру по вводу в эксплуатацию должна быть предоставлена спецификация системы.

Применимы следующие рекомендации: система должна быть введена в эксплуатацию компетентным лицом, имеющим доступ к требованиям проектировщика (к спецификации системы). При вводе в эксплуатацию вся система должна быть проверена и испытана, чтобы убедиться в ее удовлетворительной работе и, в частности, в том, что:

- все органы управления и индикаторы на удаленных и мастер-станциях работают корректно;
- имеются соответствующие записи о сопротивлении изоляции, непрерывности заземления;
- вся соответствующая документация была предоставлена пользователю или заказчику;
- если они не были проведены и задокументированы установщиком, испытания, следует их провести, а результаты записать;
- на батареях должны быть закреплены этикетки, видимые, когда батареи находятся в нормальном положении, с указанием даты установки.

Приведенная выше рекомендация не подразумевает, что инженер по вводу в эксплуатацию несет ответственность за проверку или сертификацию соответствия проекта установки. Однако, если инженером по вводу в эксплуатацию выявлены отклонения, особенно отклонения, связанные с обстоятельствами, которые могли быть неизвестны проектировщику, они должны быть задокументированы для направления проектировщику, пользователю или покупателю для согласования или принятия мер.

По завершении работы над системой следует убедиться, что заказчику или пользователю предоставлены соответствующие записи и другая документация. Особое значение следует придавать монтажным чертежам и руководствам по эксплуатации и техническому обслуживанию. Без этих чертежей и руководств обслуживание или будущая модификация системы могут быть затруднены.

Заказчику или пользователю системы рекомендуется предоставить

следующую документацию:

- а) акт на проектирование, монтаж и пуско-наладку системы;
- б) соответствующие инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию системы, они должны предоставлять информацию относительно следующего:
 - 1) предоставляемое оборудование и его конфигурация,
 - 2) значение всех показаний и использование всех органов управления;
- в) плановое тестирование системы;
- г) обслуживание системы;
- д) чертежи.

Показанные кабельные маршруты должны представлять собой разумное представление пройденного маршрута, например, чтобы дать возможность компетентному лицу определить местонахождение кабеля в случае неисправности или необходимости модификации или расширения системы.

По завершении наладки системы она будет передана заказчику или пользователю. Прежде чем принять передачу системы, заказчик должен убедиться, что он удовлетворен установленной системой и что пользователь имеет адекватное понимание работы системы. Это должно включать обучение персонала работе и использованию средств управления систем АПС или АУПТ. Применимы следующие рекомендации: прежде чем принять систему, заказчик (или соответствующий представитель заказчика) должен убедиться, что достаточное количество представителей пользователя прошли надлежащее обучение работе с системой. Ответственность за проведение обучения должна нести организация, несущая договорную ответственность перед заказчиком системы, хотя поставщиком системы.

Пользователь должен назначить одного ответственного человека, который будет курировать все вопросы, относящиеся к обслуживанию системы. Роль ответственного лица должна заключаться в том, чтобы

гарантировать, что система тестируется и обслуживается в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя, что соответствующие записи ведутся, и что соответствующие лица, находящиеся в защищаемых помещениях, знают свои роли и обязанности на случай возникновения пожара.

Применимы следующие рекомендации:

- ответственному лицу должны быть предоставлены достаточные полномочия для выполнения обязанностей;
- ответственное лицо должно обеспечить организацию тестирования и обслуживания системы в соответствии с рекомендациями;
- ответственное лицо должно обеспечить ведение соответствующих записей, касающихся испытаний и обслуживания.

При внесении изменений в систему ответственное лицо должно обеспечить обновление чертежей записей.

3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Автоматическими установками пожаротушения предложено защитить наиболее пожароопасные помещения и участки.

Сравнительные данные по вариантам оценивания эффективности предлагаемых инновационных технологий представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные данные по вариантам оценивания эффективности предлагаемых инновационных технологий, методов, способов и средств

Сравниваемые параметры	Базовый вариант	Проектный вариант
Защита электротехнических помещений блока 1, 2	Отсутствует автоматическая система пожаротушения.	Для защиты электротехнических помещений блока 1, 2 установками газового пожаротушения, в помещении 119 предлагается установить станцию газового пожаротушения.

Продолжение таблицы 1

Сравниваемые параметры	Базовый вариант	Проектный вариант
-	Тушение пожара производится при помощи первичных средств тушения и привозными средствами	В качестве газового огнетушащего вещества (ГОТВ) применить аргон, хранение ГОТВ – централизованное, способ тушения – объемный.
Защита электротехнических помещений блока №3, 4	Отсутствует автоматическая система пожаротушения. Тушение пожара производится при помощи первичных средств тушения и привозными средствами	Для защиты электротехнических помещений блока №3, 4 установками газового пожаротушения, в помещении 126 необходимо установить станцию газового пожаротушения. В качестве газового огнетушащего вещества (ГОТВ) применить аргон, хранение ГОТВ – централизованное, способ тушения – объемный.
Защита пространства двойного пола	Отсутствует автоматическая система пожаротушения. Тушение пожара производится при помощи первичных средств тушения и привозными средствами	Для защиты пространства двойного пола с объемом горючей массы кабельной изоляции 7 и более литров на метр кабельной линии необходимо предусмотреть автоматические установки аэрозольного пожаротушения.
Защита электротехнических помещений блоков №1, 2, 3, 4	Отсутствует автоматическая система пожаротушения. Тушение пожара производится при помощи первичных средств тушения и привозными средствами	На отметке плюс 18,900 в электротехнических помещениях блоков №1, 2, 3, 4 установками аэрозольного пожаротушения необходимо защищать: ОЩУ (помещение 506), релейного щита (помещение 514), серверных помещений (помещения 510, 512, 513), релейного щита (помещение 525).
Защита блоков отключающей арматуры (помещения 105, 107, 108)	Отсутствует автоматическая система пожаротушения. Тушение пожара производится при помощи первичных средств тушения и привозными средствами	Для защиты блоков отключающей арматуры (помещения 105, 107, 108) категории А по взрывопожарной опасности, необходимо применить автоматические установки порошкового пожаротушения. Объем защищаемых помещений более 400 м ³ , в соответствии с требованиями п.9.2.8, способ тушения – по всей площади помещения.

Продолжение таблицы 1

Сравниваемые параметры	Базовый вариант	Проектный вариант
Защита КРУЭ №1	Отсутствует автоматическая система пожаротушения. Тушение пожара производится при помощи первичных средств тушения и привозными средствами	В КРУЭ №1 для защиты кабельных сооружений установками газового пожаротушения, в помещении 125 предложена установка станции газового пожаротушения. В качестве газового огнетушащего вещества (ГОТВ) применен аргон, хранение ГОТВ – централизованное, способ тушения – объемный.
Защита помещения контроллерной	Отсутствует автоматическая система пожаротушения. Тушение пожара производится при помощи первичных средств тушения и привозными средствами	Для размещения в помещении контроллерной применены модули газового пожаротушения типа Заря 22 или аналоги.

Стоимость монтажа предлагаемых систем пожаротушения представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Стоимость монтажа предлагаемых систем пожаротушения

Виды работ	Стоимость, руб.
Проектирование газового пожаротушения для защиты электротехнических помещений блока 1, 2	30000
Проектирование газового пожаротушения для защиты электротехнических помещений блока №3, 4	30000
Проектирование аэрозольного пожаротушения для защиты пространства двойного пола	30000
Проектирование газового пожаротушения на отметке плюс 18,900 в электротехнических помещениях блоков №1, 2, 3, 4	30000
Проектирование порошкового пожаротушения для защиты блоков отключающей арматуры (помещения 105, 107, 108)	30000
Проектирование газового пожаротушения в КРУЭ №1 для защиты кабельных сооружений	30000
Проектирование газового пожаротушения в помещении контроллерной	30000
Монтаж системы пожаротушения в электротехнических помещениях блока 1, 2	150000

Продолжение таблицы 2

Виды работ	Стоимость, руб.
Монтаж системы пожаротушения в электротехнических помещениях блока №3, 4	140000
Монтаж системы пожаротушения для защиты пространства двойного пола	200000
Монтаж системы пожаротушения на отметке плюс 18,900 в электротехнических помещениях блоков №1, 2, 3, 4	180000
Монтаж системы пожаротушения для защиты пространства двойного пола	120000
Монтаж системы пожаротушения в КРУЭ №1 для защиты кабельных сооружений	400000
Монтаж системы пожаротушения в помещении контроллерной	100000
Пуско-наладочные работы	200000
Итого:	1700000

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Единицы измерения	Условные обозначения	1		2	
			вариант		вариант	
«Площадь объекта» [25]	м ²	F	5292			
«Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов» [25]	руб./м ²	C _T	30000		30000	
«Стоимость поврежденных частей здания» [25]	руб./м ²	C _K	30000			
«Площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения» [25]	м ²	F'' _{пож}	5292			
«Площадь пожара на время тушения первичными средствами» [25]	м ²	F _{пож}	4			
«Вероятность возникновения пожара» [25]	1/м ² в год	J	5×10 ⁻⁵			
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [25]	-	p ₁	0,79			
«Вероятность тушения пожара привозными средствами» [25]	-	p ₂	0,86			
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [25]	-	-	0,52			
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [25]	-	к	1,63			
«Линейная скорость распространения горения по поверхности» [25]	м/мин	v _л	1,5			

Продолжение таблицы 3

Показатель	Единицы измерения	Условные обозначения	1 вариант	2 вариант
Площадь тушения пожара автоматическими средствами тушения	м ²		-	10
«Время свободного горения» [25]	мин	В _{свг}	12	12
«Норма текущего ремонта» [25]	%	Н _{т.р.}	-	5
«Норма амортизационных отчислений» [25]	%	Н _а	-	10
«Период реализации мероприятия» [25]	лет	Т	10	

Рассчитаем площадь пожара при тушении привозными средствами по формуле 1:

$$F'_{\text{пож}} = \pi \times (v_{\text{л}} \cdot B_{\text{свг}})^2, \text{ м}^2, \quad (1)$$

«где $v_{\text{л}}$ – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;
 $B_{\text{свг}}$ – время свободного горения, мин» [25].

$$F'_{\text{пож}} = 3,14 \times (1,5 \cdot 12)^2 = 1017,36 \text{ м}^2,$$

Произведём расчёт ожидаемых потерь от пожаров по формуле 2.

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) + M(\Pi_4), \quad (2)$$

«где $M(\Pi_1)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;
 $M(\Pi_2)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, ликвидированных подразделениями пожарной охраны;
 $M(\Pi_3)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [25]:

$$M(\Pi_1) = J \times F \times C_m \times F_{\text{пож}} \times (1+k) \times p_1; \quad (3)$$

«где J – вероятность возникновения пожара, 1/м² в год;

F – площадь объекта, м²;

C_T – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./м²;

F_{пож} – площадь пожара на время тушения первичными средствами;

p₁ – вероятность тушения пожара первичными средствами;

k – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [25].

$$M(\Pi_2) = J \times F \times (C_m \times F'_{\text{пож}} + C_k) \times 0,52 \times (1+k) \times (1-p_1) \times p_2; \quad (4)$$

«где p₂ – вероятность тушения пожара привозными средствами;

C_к – стоимость поврежденных частей здания, руб./м²;

F'_{пож} – площадь пожара за время тушения привозными средствами» [25].

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1+k) \cdot [1-p_1 - (1-p_1) \cdot p_2] \quad (5)$$

где F''_{пож} – площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения, м².

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1+k) \cdot \{1-p_1 - (1-p_1) \cdot p_3 - [1-p_1 - (1-p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (6)$$

Для первого варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \times 10^{-5} \times 5292 \times 30000 \times 4 \times (1+1,63) \times 0,86 = 71816,67 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 5 \times 10^{-5} \times 5292 \times (30000 \times 1017,36 + 30000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,86 = 1996591,72 \text{ руб./год},$$

$$M(\Pi_3) = 5 \times 10^{-5} \times 5292 \times (30000 \times 5292 + 30000) \times (1+1,63) \times [1-0,79 - (1-0,79) \times 0,86] =$$

$$=3315049,30 \text{ руб./год,}$$

Для второго варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \times 10^{-5} \times 5292 \times 30000 \times 4 \times (1+1,63) \times 0,86 = 71816,67 \text{ руб./год;}$$

$$M(\Pi_2) = 5 \times 10^{-5} \times 5292 \times (30000 \times 10 + 30000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,86 = \\ = 21566,55 \text{ руб./год;}$$

$$M(\Pi_3) = 5 \times 10^{-5} \times 5292 \times (30000 \times 1017,36 + 30000) \times (1+1,63) \times [1-0,79 - (1- \\ -0,79) \times 0,86] = 637807,22 \text{ руб./год,}$$

$$M(\Pi_4) = 5 \times 10^{-5} \times 5292 \times (30000 \times 5292 + 30000) \times (1+1,63) \times \\ \times \{1-0,79 - (1-0,79) \times 0,95 - [1-0,79 - (1-0,79) \times 0,95] \times 0,86\} = 187852,79 \text{ руб./год.}$$

Общие ожидаемые потери от пожаров составят:

- если системы автоматического пожаротушения не будут спроектированы и установлены:

$$M(\Pi)_1 = 71816,67 + 1996591,72 + 3315049,30 = 5383457,69 \text{ руб./год;}$$

- если системы автоматического пожаротушения будут спроектированы и установлены:

$$M(\Pi)_2 = 71816,67 + 21566,55 + 637807,22 + 187852,79 = 919043,23 \text{ руб./год.}$$

Рассчитаем эксплуатационные расходы на содержание автоматических систем пожаротушения по формуле 7:

$$P = A + C \quad (7)$$

где A – «затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения, руб./год;

C – текущие затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт и др.), руб./год» [25].

$$P=70000+335000=405000 \text{ руб.}$$

Текущие затраты рассчитаем по формуле 8:

$$C_2=C_{m.p.}+C_{c.o.n.} \quad (8)$$

где « $C_{т.р.}$ – затраты на текущий ремонт;

$C_{с.о.п.}$ – затраты на оплату труда обслуживающего персонала» [25].

$$C_2=35000+300000=335000 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт рассчитывается по формуле 9:

$$C_{m.p.} = \frac{K_2 \cdot H_{т.р.}}{100\%} \quad (9)$$

«где K_2 – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

$H_{т.р.}$ – норма текущего ремонта, %» [25].

$$C_{m.p.} = \frac{700000 \times 5}{100} = 35000 \text{ руб.}$$

$$C_{с.о.п.} = 300000 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения рассчитываются по формуле 10:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%} \quad (10)$$

«где K_2 – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

H_a – норма амортизации, %» [25].

$$A = \frac{700000 \times 10}{100} = 70000 \text{ руб.}$$

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+НД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (11)$$

«где T – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода);

t – год осуществления затрат;

$НД$ – постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал,

$M(\Pi_1)$, $M(\Pi_2)$ – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

K_1 , K_2 – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

P_1 , P_2 – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t -м году, руб./год» [25].

Таблица 4 – Расчёт денежных потоков

Год осуществления проекта T	$M(\Pi_1) - M(\Pi_2)$	$P_2 - P_1$	$\frac{1}{(1+НД)^t}$	$[M(\Pi_1) - M(\Pi_2) - (C_2 - C_1)] \cdot \frac{1}{(1+НД)^t}$ *	$K_2 - K_1$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта (И)
1	4464414,46	405000	0,91	3694067,16	1700000	1994067,16
2	4464414,46	405000	0,83	3369314,00	-	3369314,00
3	4464414,46	405000	0,75	3044560,85	-	3044560,85

4	4464414,46	405000	0,68	2760401,83	-	2760401,83
5	4464414,46	405000	0,62	2516836,97	-	2516836,97
6	4464414,46	405000	0,56	2273272,10	-	2273272,10
7	4464414,46	405000	0,51	2070301,37	-	2070301,37
8	4464414,46	405000	0,47	1907924,80	-	1907924,80
9	4464414,46	405000	0,42	1704954,07	-	1704954,07
10	4464414,46	405000	0,39	1583171,64	-	1583171,64
Экономический эффект						23224804,79

Интегральный экономический эффект от установки предложенных систем автоматического пожаротушения за десять лет составит 14521965,68 рублей.

Вывод по разделу.

В разделе разработан стандарт предприятия от 01.10.2024 СТП 01.01.1-2024 «Установки противопожарной защиты. Требования к внедрению на предприятии». В стандарте приведены основные требования к инновационным установкам противопожарной защиты, по:

- порядку организации проектной работы;
- принципиальным схемам систем противопожарной защиты;
- порядку организации приемки в эксплуатацию вновь смонтированных систем;
- персоналу и организациям, привлекаемым для осуществления внедрения инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности.

При вводе в эксплуатацию вся система должна быть проверена и испытана, чтобы убедиться в ее удовлетворительной работе, в том, что:

- все органы управления и индикаторы на удаленных и мастер-станциях работают корректно;
- имеются соответствующие записи о сопротивлении изоляции, непрерывности заземления;
- вся соответствующая документация была предоставлена пользователю или заказчику;

- если они не были проведены и задокументированы установщиком, испытания, следует их провести, а результаты записать;
- на батареях должны быть закреплены этикетки, видимые, когда батареи находятся в нормальном положении, с указанием даты установки.

Приведенная выше рекомендация не подразумевает, что инженер по вводу в эксплуатацию несет ответственность за проверку или сертификацию соответствия проекта установки. Однако, если инженером по вводу в эксплуатацию выявлены отклонения, особенно отклонения, связанные с обстоятельствами, которые могли быть неизвестны проектировщику, они должны быть задокументированы для направления проектировщику, пользователю или покупателю для согласования или принятия мер.

Прежде чем принять передачу системы, заказчик должен убедиться, что он удовлетворен установленной системой и что пользователь имеет адекватное понимание работы системы. Это должно включать обучение персонала работе и использованию средств управления систем АПС или АУПТ.

Определено, что интегральный экономический эффект от установки предложенных систем автоматического пожаротушения за десять лет составит 14521965,68 рублей.

Заключение

В первом разделе рассматривается новая система автоматического пожаротушения аэрозолем, разработанная для обеспечения пожарной безопасности оборудования на объекте электроснабжения, устранения пожарной опасности в прослойках кабелей и траншеях, улучшения пожарной сигнализации и мер безопасности, а также предотвращения распространения пожара посредством локализованного целевого тушения. Для тушения пожаров в электротехнических помещениях электроподстанции предложено использовать системы газового пожаротушения, в которых газовым огнетушащим веществом является Аргон.

Физическое сходство аргона и CO_2 дает то преимущество, что системы пожаротушения, использующие аргон в качестве огнетушащего вещества, могут в значительной степени основываться на рекомендациях по планированию и установке систем пожаротушения CO_2 .

Использование Аргона в качестве огнетушащего вещества не создает никаких дополнительных физиологических рисков для работников объекта, напротив, он обеспечивает существенное повышение пожарной безопасности.

Во втором разделе определено, что электрооборудование может стать причиной пожаров из-за старения изоляции, снижения напряжения и механической прочности, а также коротких замыканий, дуг и искр во время работы, при этом в настоящее время противопожарное оборудование на подстанциях в основном состоит из основных противопожарных устройств, требующих ручного управления. Кроме того, поскольку большинство подстанций не обслуживаются персоналом, персоналу потребуется около часа, чтобы добраться до места в случае пожара, что делает своевременное тушение пожара нецелесообразным. Следовательно, чтобы минимизировать риски возникновения пожара, подстанциям крайне важно повысить возможности активного тушения пожара своим противопожарным

оборудованием.

Разработанные системы пожаротушения турбогенератора и трансформатора играют важную роль в предотвращении пожаров в области оборудования преобразования энергии. Однако данные системы пожаротушения могут работать неправильно или не работать совсем из-за электромагнитных помех, что влияет на надежность тушения пожара. Соответственно устройства для пожаротушения нуждается в специальной электромагнитной защите, чтобы гарантировать, что оно не будет подвержено помехам.

В третьем разделе разработан стандарт предприятия, где приведены основные требования к инновационным установкам противопожарной защиты, по:

- порядку организации приемки в эксплуатацию вновь смонтированных систем;
- персоналу и организациям, привлекаемым для осуществления внедрения инновационных методов и средств обеспечения пожарной безопасности.

При вводе в эксплуатацию вся система должна быть проверена и испытана, чтобы убедиться в ее удовлетворительной работе, в том, что:

- все органы управления и индикаторы на удаленных и мастер-станциях работают корректно;
- имеются соответствующие записи о сопротивлении изоляции, непрерывности заземления;
- вся соответствующая документация была предоставлена пользователю или заказчику;
- если они не были проведены и задокументированы установщиком, испытания, следует их провести, а результаты записать;
- на батареях должны быть закреплены этикетки, видимые, когда батареи находятся в нормальном положении, с указанием даты установки.

Приведенная выше рекомендация не подразумевает, что инженер по вводу в эксплуатацию несет ответственность за проверку или сертификацию соответствия проекта установки. Однако, если инженером по вводу в эксплуатацию выявлены отклонения, особенно отклонения, связанные с обстоятельствами, которые могли быть неизвестны проектировщику, они должны быть задокументированы для направления проектировщику, пользователю или покупателю для согласования или принятия мер.

Прежде чем принять передачу системы, заказчик должен убедиться, что он удовлетворен установленной системой и что пользователь имеет адекватное понимание работы системы. Это должно включать обучение персонала работе и использованию средств управления систем АПС или АУПТ.

Список используемых источников

1. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 10.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249684> (дата обращения: 17.09.2024).
2. Волкова С. Н., Маркова Л. Ю. Газовое пожаротушение как один из видов систем противопожарной защиты // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. №9. С. 121-123. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gazovoe-pozharotushenie-kak-odin-iz-vidov-sistem-protivopozharnoy-zaschity> (дата обращения: 07.01.2024).
3. Григорьев А. Н., Захаревский В. Б., Евтеев Д. С., Аникин С. Н. Обоснование возможности пожаротушения углекислым газом коллекторов инженерных коммуникаций с использованием передвижной пожарной техники // Пожаровзрывобезопасность. 2023. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-vozmozhnosti-pozharotusheniya-uglekislym-gazom-kollektorov-inzhenernyh-kommunikatsiy-s-ispolzovaniem-pereдвижной> (дата обращения: 06.11.2024).
4. Киздермишов А. А., Киздермишова С. Х. Проблемы применения автоматических систем (установок) газового пожаротушения // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2019. №1 (236). С. 11-115. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-primeneniya-avtomaticheskikh-sistem-ustanovok-gazovogo-pozharotusheniya> (дата обращения: 07.01.2024).
5. Мизина Е. Н., Васильев Г. Н., Егорова Т. Н., Утюгова Н. А. Автономные установки и устройства пожаротушения. Особенности применения и сертификации // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2022. №1 (11). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtonomnye-ustanovki-i-ustroystva-pozharotusheniya-osobennosti-primeneniya-i-sertifikatsii> (дата обращения: 07.01.2024).
6. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный

закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. От 11.06.2021). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438 (дата обращения: 07.01.2024).

7. О техническом регулировании [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 02.07.2021). URL: <https://docs.cntd.ru/document/901836556?ysclid=m37dsmi3lt892543716> (дата обращения: 07.01.2024).

8. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление правительства РФ от 16.09.2020 № 1479. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_363263 (дата обращения: 07.01.2024).

9. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 12.3.047-2012. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103505> (дата обращения: 07.01.2024).

10. Производственные здания [Электронный ресурс] : СП 56.13330.2011. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200085105?ysclid=m3bu3q0v3t977580938> (дата обращения: 17.09.2024).

11. Самединов Д. А. Автоматические установки оповещения и пожаротушения // Символ науки. 2022. №12-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomaticheskie-ustanovki-opovescheniya-i-rozharotusheniya> (дата обращения: 07.01.2024).

12. Свод правил определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]: СП 12.13130.2009 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 07.01.2024).

13. Свод правил системы противопожарной защиты [Электронный ресурс]: СП 2.13130.2020 URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248963> (дата обращения: 07.01.2024).

14. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение [Электронный ресурс] : СП 8.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565391175> (дата обращения: 07.01.2024).

15. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара [Электронный ресурс] : СП 4.13130.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 02.09.2024).

16. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/675> (дата обращения: 07.01.2024).

17. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 484.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686> (дата обращения: 17.07.2024).

18. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 485.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573004280?ysclid=l6kc9vem4v317416032> (дата обращения: 18.07.2024).

19. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы [Электронный ресурс] : СП 1.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 07.01.2024).

20. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 155.13130.2014. URL: https://auth.kodeks.ru/sso?command=attach&broker=927dacf7-9bde-4367-bdbc-0b14a97d7136&token=0ipbfuyawk3TGrMQpMK3WEQ4Ce2K8tsv&checksum=b f86736a5e22ccee2231add84ceeedf90ff58c39e9b5d1b0708644ea0c5d0bd5&return_url=https://docs.cntd.ru/document/1200108948 (дата обращения: 27.09.2024).

21. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций.

Общие положения [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 1.4-2004. URL: [https://internet-](https://internet-law.ru/gosts/gost/855/function()%7Bfor(var%20a=[],b=0;b%3Cthis.length;b++)a.contains(this[b])%7C%7Ca.push(this[b]);return%20a%7D)

[law.ru/gosts/gost/855/function\(\)%7Bfor\(var%20a=\[\],b=0;b%3Cthis.length;b++\)a.contains\(this\[b\]\)%7C%7Ca.push\(this\[b\]\);return%20a%7D](https://internet-law.ru/gosts/gost/855/function()%7Bfor(var%20a=[],b=0;b%3Cthis.length;b++)a.contains(this[b])%7C%7Ca.push(this[b]);return%20a%7D) (дата обращения: 17.07.2024).

22. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720 (дата обращения: 07.01.2024).

23. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 07.01.2024).

24. Троценко Е. В. Автоматические системы пожаротушения // Научный журнал молодых ученых. 2020. №1 (18). С. 65-69. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomaticheskie-sistemy-pozharotusheniya> (дата обращения: 07.01.2024).

25. Фрезе Т. Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности. Выполнение раздела выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» : электронное учебно-методическое пособие / Т. Ю. Фрезе. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2022. 1 оптический диск. ISBN 978-5-8259-1456-5 (дата обращения: 17.04.2024).

26. Fire extinguishing installations and equipment on premises [electronic resource]. URL: http://iso-iran.ir/standards/bs/BS_5306_3_2003_%2C_Fire_Extinguishing.pdf (дата обращения: 18.03.2024).

27. Fire Protection of Buildings [Электронный ресурс]. URL: <https://highrisefirefighting.co.uk/docs/fpb.pdf> (дата обращения: 18.03.2024).

28. Portable Fire Extinguishers Guide [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.firesafe.org.uk/wp-content/uploads/docs/pffeguid.pdf> (дата обращения: 18.03.2024).

29. Gas fire extinguishing system [Электронный ресурс]. URL: <https://programmersought.com/article/67684318416/> (дата обращения: 18.03.2024).

30. Gas extinguishing systems are used when water [Электронный ресурс]. URL: <https://accuro.at/en/solutions/gas-extinguishing-systems> (дата обращения: 18.03.2024).