

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

| Тема работы |
|--|
| Расчёт территориальных рисков при взрыве трансформаторов на электрической станции УДК 614.841.415.026.1:621.314.2 |

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------------|---------|------|
| 1ЕМ71 | Михалева Снежана Константиновна | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Амелькович Ю.А | к.т.н | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Фадеева В.Н | к.ф.н | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Гуляев М.В | - | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Профессор | Перминов В.А | д.ф.-м.н. | | |

Томск – 2019 г.

Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.04.01 Техносферная безопасность

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) | Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон |
|-------------------------------------|--|---|
| <i>Профессиональные компетенции</i> | | |
| P1 | Использовать на основе <i>глубоких и принципиальных</i> знаний необходимое оборудование, инструменты, технологии, методы и средства обеспечения безопасности человека и окружающей среды от техногенных и антропогенных воздействий в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений | Требования ФГОС (ПК-3–7; ОПК-1–3, 5; ОК-4–6) ¹ , Критерий 5 АИОР ² (пп.5.2.1, 5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P2 | Проводить <i>инновационные</i> инженерные исследования опасных природных и техногенных процессов и систем защиты от них, включая <i>критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности</i> с применением <i>глубоких и принципиальных</i> знаний и <i>оригинальных</i> методов в области современных информационных технологий, современной измерительной техники и методов измерения. | Требования ФГОС (ПК-8–13; ОПК-1–3, 5; ОК-4, 9, 10, 11, 12), критерии АИОР Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.2, 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P3 | Организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания и безопасному размещению и применению технических средств в регионах, осуществлять взаимодействие с государственными службами в области экологической, производственной, пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях, находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области техносферной безопасности | Требования ФГОС (ПК-4, 6, 14–18; ОПК-1–5; ОК-1, 7, 8), Критерий 5 АИОР (пп.5.2.5, 5.3.1–2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P4 | Организовывать мониторинг в техносфере, составлять краткосрочные и долгосрочные прогнозы развития ситуации на основе его результатов с использованием <i>глубоких фундаментальных и специальных</i> знаний, аналитических методов и <i>сложных</i> моделей <i>в условиях неопределенности</i> , анализировать и оценивать потенциальную опасность объектов экономики для человека и среды обитания и разрабатывать рекомендации по повышению уровня безопасности | Требования ФГОС (ПК-2, 19, 21, 22; ОПК-1–5; ОК-2), Критерий 5 АИОР (п.5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P5 | Проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов, аудит систем безопасности, осуществлять мероприятия по надзору и контролю на объекте экономики, территории в соответствии с действующей | Требования ФГОС (ПК-20, 23–25; ОПК-1–3, 5), Критерий 5 АИОР (пп.5.2.5–6), согласованный с требованиями |

¹ Указаны коды компетенций по ФГОС ВО (направление 20.04.01 – Техносферная безопасность).

² Критерии АИОР (Ассоциации инженерного образования России) согласованы с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

| | | |
|-----------------------------------|--|---|
| | нормативно-правовой базой | международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| <i>Общекультурные компетенции</i> | | |
| P6 | Работать в интернациональной профессиональной среде, включая разработку документации, презентацию и защиту результатов <i>инновационной</i> инженерной деятельности <i>с использованием иностранного языка</i> | Требования ФГОС (ОК-5, 6, 10–12; ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п.5.3.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P7 | Эффективно работать индивидуально, а также в качестве <i>руководителя группы</i> с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области техносферной безопасности, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам, понимать необходимость и уметь <i>самостоятельно учиться</i> и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности | Требования ФГОС ВО (ОК-1-3, 5, 8, 11, 12, ОПК 1-4, ПК-18) Критерий 5 АИОР (пп.5.3.3–6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
20.04.01 Техносферная безопасность
_____ В.А. Перминов
04.02.2019 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|----------------------------------|
| 1EM71 | Михалевой Снежане Константиновне |

Тема работы:

Расчёт территориальных рисков при взрыве трансформаторов на электрической станции

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

27.05.2019 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|---|
| <p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Трансформаторная подстанция Томской государственной районной электростанции – 2. Режим работы непрерывный, так как работа осуществляется круглосуточно.</p> |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной</i></p> | <p>Провести аналитический обзор по литературным источникам с целью набора материала по опасным производственным объектам.; обсуждение результатов выполненной работы. Составление вариационной модели развития ЧС на исследуемом объекте (за верхнее событие принять останов трансформатора). Проведение расчетов с целью</p> |

| | |
|--|---|
| <i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i> | определения масштаба последствий в результате взрыва трансформатора. Предложение инженерно-технических мероприятий направленных на предупреждение ЧС. |
| Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i> | Таблицы, рисунки |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i> | |
| Раздел | Консультант |
| Социальная ответственность | Гуляев Милий Всеволодович |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Фадеева Вера Николаевна |
| Раздел на иностранном языке | Ажель Юлия Петровна |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| Обзор литературы, объект исследования | |

| | |
|---|---------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 04.02.2019 г. |
|---|---------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---------|---------------|
| Доцент | Амелькович Ю.А. | к.т.н | | 04.02.2019 г. |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------------|---------|---------------|
| 1ЕМ71 | Михалева Снежана Константиновна | | 04.02.2019 г. |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
 Уровень образования магистратура
 Отделение контроля и диагностики
 Период выполнения весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

| | |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 27.05.2019 г. |
|--|---------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|------------------------------------|
| 11.03.2019 г. | Раздел «Обзор литературы» и раздел «Объект и методы исследования», подбор литературы, проведение теоретических обоснований | 20 |
| 25.03.2019 г. | Раздел «Расчеты и аналитика», возможные аварийные ситуации и их расчет | 10 |
| 08.04.2019 г. | Раздел «Расчеты и аналитика», расчет территориальных рисков на основе полученных результатов | 25 |
| 22.04.2019 г. | Разработка раздела на иностранном языке | 15 |
| 10.05.2019 г. | Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» | 10 |
| 27.05.2019 г. | Оформление и представление ВКР | 20 |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент | Амелькович Ю.А. | к.т.н | | 04.02.2019 |

СОГЛАСОВАНО:

| Руководитель ООП 20.04.01 Техносферная безопасность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---|---------------|------------------------|---------|------------|
| Профессор | Перминов В.А. | д.ф.-м.н. | | 04.02.2019 |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
« ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| | |
|---------------|----------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 1ЕМ71 | Михалевой Снежане Константиновне |

| | | | |
|---------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|
| Школа | ИШНКБ | Отделение школы (НОЦ) | ОКД |
| Уровень образования | Магистр | Направление/специальность | Техносферная безопасность |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Для разработки проекта потребуются следующие ресурсы: финансовые ресурсы для оплаты труда исполнителям проекта (районный коэффициент для Томска, коэффициент дополнительной зарплаты); человеческие ресурсы (руководитель, исполнитель проекта). |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | Оплата труда в соответствии с Приказом ректора ТПУ от 25.05.2016г. №5994; Ставка дополнительной заработной платы – 12 %; Районный коэффициент – 1,3 %. |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Отчисления во внебюджетные страховые фонды – 22 % |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | -Анализ конкурентных технических решений - SWOT-анализ |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований | Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы. |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | - Определение эффективности исследования |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Оценочная карта конкурентных технических решений 2. График Гантта 3. Карта оценки готовности проекта к коммерциализации 4. Расчет бюджета затрат НИ |
|---|

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|------------------|-------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент | Фадеева В.Н | к.ф.н | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|---------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 1ЕМ71 | Михалева С.К. | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|--------|-----------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 1ЕМ71 | Михалевой Снежане Константиновной |

| | | | |
|---------------------|--------------|---------------------------|------------------------------|
| Школа | ИШНКБ | Отделение (НОЦ) | ОКД |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | Техносферная безопасность |

Тема ВКР:

Расчет территориального риска при взрыве трансформатора на электрической станции

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|--|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Трансформаторная подстанция, расположенная на территории ГРЭС-2, рабочая зона электромонтера по обслуживанию трансформаторной подстанции |
|--|--|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|--|
| 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: | Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны |
| 2. Производственная безопасность: 2.1 Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды 2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов | Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы работы электромонтера по обслуживанию трансформаторной подстанции: <ul style="list-style-type: none"> – электроопасность – неудовлетворительное освещение; – повышенная напряженность электромагнитных полей – работа на высоте – неудовлетворительные метеорологические условия рабочей зоны |
| 3. Экологическая безопасность | Негативное воздействие на атмосферу и литосферу при эксплуатации трансформаторной подстанции |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | <ul style="list-style-type: none"> – Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий; – пожаровзрывоопасность |

| | |
|--|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|--|--|

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|--------------------------|------------|---------------------------|---------|------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Старший преподаватель | Гуляев М.В | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|--------|---------------------------------|---------|------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 1ЕМ71 | Михалева Снежана Константиновна | | |

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация содержит 122 страницы, 5 рисунков, 21 таблицу, 32 источника.

Ключевые слова: ТРАНСФОРМАТОР, ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ РИСК, ВЗРЫВ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ, ВЗРЫВ ТРАНСФОРМАТОРА.

Объектом исследования является Томская государственная районная электростанция–2, в качестве предмета исследования выбрана – трансформаторная подстанция.

Цель работы – расчет территориальных рисков при взрыве трансформаторов на электрической станции.

В ходе выполнения работы исследуемый объект был проанализирован на возможные потенциальные опасности, которые способны привести к взрыву. На основании проведенного анализа была построена вариационная модель развития сценариев, которые способны привести к возникновению ЧС. При взрыве трансформатора были определены зоны полных, сильных, средних и слабых разрушений, а так же определена интенсивность теплового излучения на расстоянии расположения жилых объектов и время действия огненного шара.

В конечном итоге были предложены мероприятия направленные на предупреждение возникновения ЧС и повышения уровня безопасности исследуемого объекта

Предложенные мероприятия позволят минимизировать риск возникновения ЧС на объекте, и ему функционировать на наиболее безопасном уровне.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГРЭС – Государственная районная электростанция;

РД – Руководящий документ;

ЧС – Чрезвычайная ситуация;

ТП – трансформаторная подстанция;

ОПО – опасный производственный объект;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

СНИП – строительные нормы и правила;

ЭО – электрооборудование;

ТБ – техника безопасности;

ОРУ – открытое распределительное устройство

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

1. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
2. ПУЭ: правила устройства электроустановок
3. РД 34.45-51.300-97 Объем и нормы испытаний электрооборудования
4. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения
5. СО 153-34.20.501-03 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации
6. Постановление Правительства РФ от 01.12.2009 N 982 (ред. от 21.02.2018)
7. РД 34.03.601 Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты
8. ПОТ Р М-012-2000 Межотраслевые правила по охране труда при работе на высоте
9. СН 245-63. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий
10. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля
11. ГОСТ 24291-90 «Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения»

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| РЕФЕРАТ | 9 |
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ..... | 10 |
| НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ..... | 11 |
| ОГЛАВЛЕНИЕ | 12 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 14 |
| 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ | 15 |
| 1.1 Трансформаторная подстанция..... | 15 |
| 1.2 Принципиальная схема работы тепловой электростанции. Какую роль в ней играют трансформаторы? | 15 |
| 1.3 Требования безопасности к эксплуатации электрической станции | 18 |
| 1.4 Анализ опасных и вредных факторов при эксплуатации электрической станции | 22 |
| 2 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ | 26 |
| 2.1 Техничко-экономические показатели ЭС | 26 |
| 2.2 Технологическая схема станции..... | 27 |
| 2.3 Технические данные трансформаторов на территории ГРЭС-2..... | 29 |
| 3 РАССЧЕТЫ И АНАЛИТИКА | 32 |
| 3.1 Анализ причин возникновения взрыва трансформаторов на электрической станции | 32 |
| 3.1.2 Построение «дерева-отказов» | 33 |
| 3.1.3 Анализ «дерева-отказов»..... | 34 |
| 3.1.4 Метод экспертных оценок..... | 39 |
| 3.2 Расчет поражающих факторов взрыва | 41 |
| 3.2.1 Расчет интенсивности теплового излучения и времени существования огненного шара | 42 |
| 3.2.2 Определение зон очага взрыва..... | 43 |
| 3.3 Разработка мероприятий направленных на предупреждение ЧС и повышение безопасности объекта | 45 |
| 4 РЕЗУЛЬТАТЫ..... | 49 |
| 5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.... | 50 |
| 5.1.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения..... | 50 |
| 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений | 51 |
| 5.1.3 SWOT-анализ..... | 52 |
| 5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации | 54 |
| 5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования..... | 55 |
| 5.2.1 Планирование научно-исследовательских работ структура работ в рамках научного исследования | 56 |
| 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ..... | 57 |

| | |
|--|------------|
| 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования..... | 60 |
| 5.3.1 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)..... | 65 |
| 5.3.2 Расчет материальных затрат НТИ | 65 |
| 5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы | 65 |
| 5.3.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала | 68 |
| 5.3.5 Отчисления на социальные нужды..... | 68 |
| 5.3.6 Накладные расходы..... | 68 |
| 5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта | 73 |
| 5.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования..... | 69 |
| 5.5 Вывод | 75 |
| 6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ..... | 71 |
| 6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 77 |
| 6.2 Производственная безопасность..... | 78 |
| 6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов | 79 |
| 6.2.1.1 Электробезопасность | 79 |
| 6.2.1.2 Неудовлетворительное освещение рабочей зоны | 76 |
| 6.2.1.3 Повышенная напряженность электромагнитных полей..... | 77 |
| 6.2.1.4 Работа на высоте | 78 |
| 6.2.1.5 Неудовлетворительные метеорологические условия рабочей зоны | 79 |
| 6.3 Экологическая безопасность..... | 82 |
| 6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 85 |
| 6.5 Вывод | 90 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 92 |
| СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА..... | 93 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... | 94 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А | 98 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б..... | 101 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В | 106 |
| Приложение II..... | 107 |

ВВЕДЕНИЕ

Развитие народного хозяйства напрямую зависит от электроэнергетики.

На данном этапе предприятия России отработали собственные запасы целиком или более чем на половину, что в свою очередь говорит нам о том, что необходимо конструировать и сооружать новые электростанции. Но речь пойдет не об этом.

Нужно не забывать о безопасной эксплуатации существующих в настоящее время электрических подстанций.

Цель данной работы состоит в том, чтоб рассчитать возможный риск при взрыве трансформатора на электроподстанции Томской ГРЭС-2.

Актуальность рассмотрения данной темы состоит в том, что по миру не прекращаются взрывы трансформаторов, все чаще и чаще мы слышим из новостей , что в какой то части земного шара произошел взрыв либо самого трансформатора, либо трансформаторной подстанции.

Томская ГРЭС-2 начала свою историю с 1943 года и по сей день несет в себе значимую роль в функционировании города Томска.

Для решения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Анализ причин возникновения взрыва на трансформаторной подстанции, построение дерево-отказов;
2. рассчитать поражающие факторы взрыва;
3. рассчитать и проанализировать территориальный риск при взрыве трансформатора;
4. разработка мероприятий по уменьшению рисков возникновения взрыва.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Трансформаторная подстанция

Подстанция является частью системы производства, передачи и распределения электроэнергии. Между генерирующей станцией и потребителем электроэнергия может протекать через несколько подстанций с различными уровнями напряжения. Подстанция может включать в себя трансформаторы для изменения уровней напряжения между высокими напряжениями передачи и более низкими напряжениями распределения или при соединении двух разных напряжений передачи.

Подстанции могут принадлежать и эксплуатироваться электростанцией, или могут принадлежать крупному промышленному или коммерческому потребителю.

Первые подстанции были подключены только к одной электростанции, где размещались генераторы, и являлись дочерними предприятиями этой электростанции.

Трансформаторы (иногда называемые «трансформаторами напряжения») – это устройства, используемые в электрических цепях для изменения напряжения электричества, протекающего в цепи. Трансформаторы можно использовать либо для увеличения напряжения (называемого «повышением»), либо для уменьшения напряжения («понижением»)[22].

1.2 Принципиальная схема работы тепловой электростанции. Роль трансформаторов при работе станции

Тепловая электростанция – это электростанция, в которой тепловая энергия преобразуется в электрическую.

Электростанция имеет простой и понятный принцип работы, который следует циклу Ренкина.

Поскольку уголь сначала измельчают до мелкого порошка, который измельчают, а затем сжигают в печи (камере сгорания котла); и используют тепловую энергию, выделяемую для нагрева воды, в очень горячий пар,

который при высоком давлении и температуре используется для вращения турбин, соединенных с электрическими генераторами, с помощью вала, который затем приводит в движение генераторы для выработки электроэнергии.

После этого процесса электричество транспортируется по линиям электропередачи и распределения в дома, на предприятия, в больницы, на рабочие места и так далее[23].

На рисунке 1 изображен принцип работы тепловой электростанции.

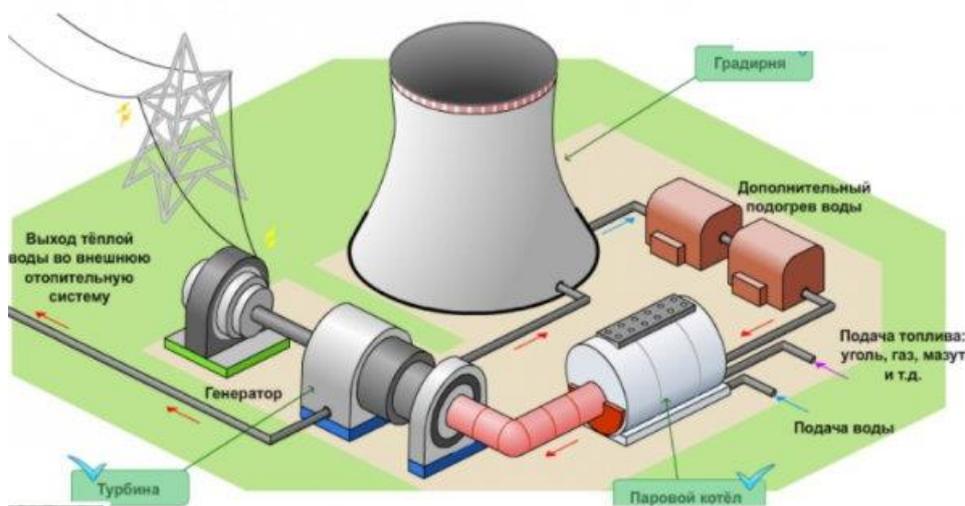


Рисунок 1.1 – Схема работы ТЭЦ

Трансформаторы часто используются в электрических цепях для изменения напряжения электричества, протекающего по цепи. Катушки провода на каждой стороне трансформатора имеют различное число витков, в результате чего напряжение на выходе будет отличаться от напряжения на входе.

Энергия теряется в процессе передачи электроэнергии на большие расстояния, например, от электростанции к вашему дому. Меньше энергии теряется, если напряжение очень высокое, поэтому электрические сети используют высокое напряжение в проводах передачи на большие расстояния. Однако это высокое напряжение слишком опасно для домашнего

использования. Электрические коммунальные предприятия используют трансформаторы для изменения напряжения электричества при его перемещении от электростанции к вам. Во-первых, напряжение электроэнергии, поступающей от электростанции, «повышается» с помощью трансформаторов до нужного уровня для передачи на большие расстояния. Позже напряжение снижается, прежде чем оно поступает в ваш дом - снова с помощью трансформаторов.

Для того чтобы распределительная электрическая сеть функционировала, необходимо повысить напряжение до того, как мощность будет передана на большие расстояния по линиям электропередачи. Одна из основных проблем заключается в том, что между электростанцией и потребителями теряется мощность, поскольку токи используют часть энергии для обогрева линий электропередачи. Мощность, передаваемая по линии, равна напряжению, умноженному на ток. Чем выше напряжение, тем ниже ток, который должен протекать в линиях электропередачи, чтобы обеспечить одинаковую мощность. Более низкие токи производят намного меньше нагрева и намного меньше потерь энергии. Конечно, высокие напряжения (необходимые для возбуждения низких токов) должны быть понижены, прежде чем электричество будет подано в наши дома. Трансформаторы являются критическими элементами, которые повышают и понижают напряжения на каждом конце линии.

Любой трансформатор, такой как коробка передач, является устройством постоянной мощности и в основном используется для того, чтобы сделать передачу мощности на большие расстояния более экономически эффективной за счет уменьшения потерь при передаче.

Это достигается путем преобразования напряжения на гораздо более высокий уровень и аналогичным образом уменьшая ток на тот же коэффициент.

Однако главная роль любого трансформатора заключается в ферромагнитных свойствах материала сердечника. Обнаружено, что такие материалы при воздействии слабого внешнего индуцирующего магнитного

поля создают плотности магнитного потока в материале сердечника трансформатора примерно в 10000-20000 раз сильнее, чем в воздухе. Таким образом, материал ферромагнитного сердечника трансформатора действует как виртуальный усилитель потока, который позволяет использовать более низкие скорости индукции (50/60 Гц), в то же время позволяя генерировать, передавать и распределять очень большие количества энергии на большие расстояния с относительно низкими потерями (обычно ~ 10% от общего)[18].

1.3 Требования безопасности к эксплуатации электрической станции

Электробезопасность является важной проблемой в любой отрасли и требует адекватного внимания при планировании, проектировании, установке, эксплуатации и обслуживании электрооборудования.

Электробезопасность является предметом законодательства и различных законов и правил.

Правила безопасности, разработанные для удовлетворения требований, изложенных в национальных правилах техники безопасности при работе с электричеством и других стандартах, имеют большое значение для повышения безопасности подстанций. Учитывая тот факт, что все помещения обильны потенциальными электрическими и химическими опасностями, даже малейшая небрежность может оказаться опасной. Тщательный анализ общих и специфических для конкретного места факторов риска является обязательным для составления комплексной процедуры безопасности.

Чрезвычайно важный аспект проектирования подстанции связан с защитой безопасности. Справедливо сказать, что безопасность всегда является приоритетом № 1 при проектировании, эксплуатации и обслуживании подстанций.

Стандарты безопасности содержат требования для:

- Корпус электрооборудования
- Комнаты и помещения

- освещение
- Полы, проемы, проходы, лестницы
- Выходы

Согласно Правилам устройства электроустановки (ПУЭ)[6] необходимо обеспечить достаточный зазор от частей, находящихся под напряжением, чтобы избежать случайного контакта с ними. Если это не может быть выполнено, токоведущие части должны быть защищены или закрыты.

Минимальная высота от земли до любой незаземленной части электроустановки должна составлять 0,015-0,02 м, поэтому человек, находящийся на земле, не может касаться элемента подстанции или ее части, которая может случайно включиться. Например, в нижней части опорного изолятора поддерживая под напряжением шины обычно не имеют какой-либо потенциал.

Должно быть достаточное освещение для персонала, чтобы четко видеть его окружение и выполнять любую работу безопасно. Требуемые уровни освещенности указаны в СНиП 23-05-95(актуализированная версия СП 52.13330.2016)[5].

Все проходы и лестницы должны быть достаточно широкими, чтобы персонал мог безопасно перемещаться по ним, должны быть предусмотрены соответствующие перила, а также наличие ограждений.

Все металлические конструкции, ограждения и резервуары подстанции должны быть заземлены так, чтобы гарантировать, что значения шагового напряжения и напряжения касания, ниже значений, указанных в применимых стандартах.

Для того чтоб ввести в эксплуатации электрооборудования подстанции необходимо основываться на РД 34.45 - 51.300 – 97[7]. В тоже время нужно действовать согласно руководящих документов, инструкций изготовителей электрооборудования, если нет противоречий требованиям Норм.

ГОСТом Р 32144 – 2013[8] определяются показатели и нормы качества электрической энергии в местах передачи ее пользователям электрических сетей всех видов напряжения систем электроснабжения общего назначения переменного тока частотой 50 Гц.

Определение должностных функций персонала, распределение обязанностей, а также распределение границ и функций по обслуживанию производственных помещений на энергообъекте, определяется СО 153-34.20.501-2003.

Согласно СО 153-34.20.501-2003[9], для того чтоб работа на энергообъекте была безопасной, необходимость соблюдения мер пожарной и промышленной безопасности, соблюдения мер по охране труда является обязательной.

В соответствии с рядом нормативных документов целью функционирования электросетевого комплекса является снабжение электроэнергией надлежащего качества, в необходимом объеме и с заданным уровнем надежности. В текущий период развития на рынке электросетевых предприятий произошли значительные трансформации.

Ключевыми требованиями к деятельности сетевой компании являются: качество электрической энергии; надежность электроснабжения; объем поставок электроэнергии; мощность максимума; уровень потерь; рентабельность. В постановлении Правительства РФ № 1013 от 13.08.97 г.[10] электроэнергия определена перечнем товаров и услуг, требующих необходимой сертификации. Юридической причиной для подобных действий с электрической энергией стали законы Российской Федерации «Об электроэнергетике» «О сертификации продукции и услуг», «О защите прав потребителей», а также «Гражданский кодекс РФ».

Характеризующие показатели качества электрической энергии, и их номенклатура регламентируются ГОСТом Р 32144 – 2013[8]. Одним из главных нормативных документов, необходимых при вводе электрооборудования (ЭО)

подстанций в работу и в процессе эксплуатации ЭО является РД 34.45 - 51.300 – 97[7].

Необходимо также учитывать действующие руководящие и нормативные документы, инструкции заводов - производителей ЭО, в случае не противоречия требованиям. Сроки межремонтных периодов и цикла ЭО, если они не указаны в Правилах технической эксплуатации или в соответствующих разделах «Объем и нормы испытаний электрооборудования», определяются техническим руководителем энергетического предприятия на основе учета условий, опыта обслуживания, технического состояния и срока эксплуатации ЭО. Техническое состояние ЭО подстанций должно определяться не только результатами сравнения проводимых испытаний при нормируемых значениях, но также по результатам других проводимых испытаний и эксплуатационных данных. Технические данные, получаемые в результате испытаний, требуется сопоставлять с данными измерений на других фазах ЭО, а также однотипного ЭО.

В этом случае основным будет сравнение полученных в испытаниях данных параметров ЭО с их начальными значениями и последующая оценка возможных отличий от допустимых изменений. Превышение значений данных сверх установленных границ или предельных значений необходимо учитывать как признак появления дефекта, который может привести к повреждению ЭО.

За исходные значения контролируемых показателей при вводе в работу нового ЭО берутся паспортные значения или протокольные данные заводских испытаний. В процессе эксплуатационных испытаний, а также при испытаниях для вывода ЭО в капитальный ремонт, исходными считаются данные показателей, определяемые испытаниями в результате ввода в работу нового ЭО. Качество ремонта, проводимого на энергетическом предприятии, подвергается оценке и сравнению с результатами испытаний после ремонта с исходными значениями показателей при вводе в работу нового ЭО. После завершения реконструкции, капитального и восстановительного ремонтов, выполняемых на специализированных предприятиях, исходными для контроля

дальнейшей работы берутся данные, получаемые по результатам проведенных работ.

Энергетическим предприятиям рекомендуется к использованию предусмотренного РД 34.45 - 51.300 – 97[7] контроля состояния ЭО под рабочим напряжением, что позволяет выявить дефекты и начинающиеся повреждения на начальных стадиях своего развития, используя при этом организации, имеющие право проведения необходимых испытаний и работ.

В процессе накопления собственного опыта проводимых под рабочим напряжением испытаний, допустим переход к разработке последующих периодов ремонта, мониторинга и диагностики состояния, выполняемых на отключенном ЭО. 58

Планирование функционирования и контроля подстанционного ЭО базируется на документах, описывающих: номенклатуру этапов эксплуатации и их сроки; периодические планы и графики работ; инструктивные материалы для всех видов работ; расчеты в потребности ЭО, запчастей, материалов, инструмента, механизмов. Подобные документы разрабатываются на основании Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, а также Правил устройства электроустановок.

1.4 Анализ опасных и вредных факторов при эксплуатации электрической станции

Разумеется, поражение электрическим током является одной из первых опасностей при работе с электрооборудованием. Удар током или поражение электрическим током может вызвать много проблем в организме человека. Это может привести к остановке человеческого сердца и, как следствие, к смерти. Даже если поражение электрическим током не является смертельным, оно может вызвать другие проблемы, такие как повреждение внутренних органов из-за чрезмерного нагревания тканей организма, ожоги в месте контакта кожи с

проводниками под напряжением, потеря сознания или потеря равновесия, приводящие к падению работая на высоте.

Помимо поражения электрическим током, вызванного контактом с частями, которые находятся под напряжением, другой серьезной опасностью для тех, кто работает с электрооборудованием, являются ожоги из-за дуговых замыканий. Такие неисправности часто вызываются самими пострадавшими работниками, когда они работают на работающем оборудовании или поблизости от него, и непреднамеренно вызывают короткое замыкание. Фактически, дуговые неисправности в оборудовании и их потенциальные опасности являются предметом всестороннего изучения и привели к появлению стандартов, таких как Руководство по выполнению расчетов опасности дуги и вспышки.

Опасностей от механического оборудования довольно много, и они в значительной степени зависят от типа производственного процесса и используемого оборудования. Ниже приведен список опасностей, с которыми можно столкнуться в промышленной среде.

- травмы от движущихся частей статического оборудования
- травмы от движущихся транспортных средств
- травмы от падающих предметов (включая травмы головы)
- травмы от летящих предметов после взрыва
- травмы глаза от движущихся частиц
- травмы глаз при длительном воздействии яркого света
- Потеря слуха из-за длительного воздействия шума

В отличие от электрических опасностей, большинство опасностей, связанных с механическим оборудованием, перечисленным выше, совершенно очевидно для тех, кто работает рядом с ними, за исключением случаев, когда они происходят неожиданно.

Опасность из-за обращения с токсичными материалами возникает в результате одного из следующих действий:

- Внешний контакт на коже и глазах
- проглатывание
- Вдыхание

Одним из примеров является свинцовая пыль, с которой может столкнуться человек, работая над пластинами свинцово-кислотных аккумуляторов. Здесь воздействие может происходить любым из перечисленных выше способов, и для предотвращения всех этих способов контакта необходимы соответствующие меры предосторожности. Серьезность травмы зависит от природы опасного материала и концентрации материала / количества, которому подвергается человек.

В таблице 1.2 представлены основные опасные факторы при эксплуатации электростанции, носитель фактора, а также возможные последствия воздействия опасного фактора и средства защиты от воздействия данных факторов .

Таблица 1.2 – производственные факторов при эксплуатации электростанции

| Название факторов | Источник опасного фактора | Воздействие фактора на персонал | Последствия | Средства защиты и ограничения воздействия фактора, ГОСТы |
|-------------------------------|---|--|--|--|
| Поражение электрическим током | Токоведущие части станции. | Оперативный, ремонтный и обслуживающий персонал. | Ожоги, электротравмы, возможен летальный исход | Защитное заземление оборудования, выполнение требований Межотраслевых правил безопасности устройства электроустановок, ПУЭ. |
| Пожароопасность | Трансформаторы, масляные выключатели, территории ОРУ, ЗРУ, ОПУ, кабели. | Оперативный, ремонтный и обслуживающий персонал. | Ожоги, травмы, иногда летальный исход | Соблюдение норм и правил пожарной безопасности [3], установка пожарных щитов с ведрами, лопатами баграми, топорами, ящиков с песком, объемом не менее 0,25 м ² , огнетушителей ОХП, ОХП – 10, ОУ – 8. |

Продолжение таблицы 1.2

| | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---|---|
| Вредные выделения | Трансформаторное масло и пары. | Ремонтный и обслуживающий персонал. | Отравления, головная боль, тошнота, рвота, утомление. | Применение средств индивидуальной защиты. Соблюдение правил ТБ при эксплуатации электрооборудования. |
| Воздействие электромагнитного поля | ОРУ 110 кВ, ОРУ 220 кВ. | Ремонтный и обслуживающий персонал. | Головные боли, общее ухудшение самочувствия, тошнота. | Экранирующие устройства, на территории ОРУ 110 и 220кВ – экранирующие костюмы. Кратковременное пребывание на территории ОРУ 110 и ОРУ 220кВ. Гигиена труда руководство Р 2.2.2006-05 |

2 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является трансформаторная подстанция расположенная на территории ГРЭС-2.

Строительство Томской ГРЭС-2 было начато 5 мая 1943 г. по приказу государственного комитета обороны за № 31860 от 16 апреля 1943 года.

К 1963 г. станция была построена полностью и введена в энергосистему Сибири.

2.1 Техничко-экономические показатели ЭС

Электрическая мощность 331 МВт, тепловая — 815 Гкал/ч. Выброс вредных веществ 1200 тонн в год.

Техничко-экономические показатели электрической станции представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – технико-экономические показатели ЭС

| № п/п | Наименование показателей | ед. изм. | значение |
|-------|-------------------------------|----------|----------|
| 1 | Выработка электроэнергии | млн. кВт | 72,147 |
| 2 | Отпуск электроэнергии | млн. кВт | 61,998 |
| 3 | Отпуск тепла | Гкал | 45572 |
| 4 | Расходы электроэнергии на с/н | млн. кВт | 10,149 |
| 5 | расход газа | млн. м3 | 27,08 |
| 6 | расход угля | тыс.т | 0,701 |
| 7 | Ограничение мощности | МВт | 3 |
| 8 | Располагаемая мощность | МВт | 328 |
| 9 | Топливная мощность | руб./МВт | 896,07 |

Отпуск электроэнергии осуществляется по линиям 35, 10 и 110кВ. Напряжения для собственных нужд составляет 0.6, 3 и 6 кВ.

ГРЭС-2 использует каменный уголь как основное топливо, резервным является мазут. Ниже представлены характеристики каменного угля.

Низшая теплота сгорания угля:

1. $Q_n^p=26958$ кДж/кг;

2. Влажность угля: $W^P=11/5\%$;
3. Зольность угля: $A^P=8/5\%$;
4. Выход летучих веществ угля: $V^Г=44\%$.

Уголь поставляется на территорию ГРЭС-2 с южной стороны. Поставка угля следует осуществлять в соответствии с договором поставки. Качество топлива должно соответствовать ГОСТ и техническим условиям на поставку.

2.2 Технологическая схема станции

В таблице 2.2 представлены цеха, имеющиеся на территории ГРЭС-2, а так же основное назначение каждого цеха.

Таблица 2.2 – Цеха на территории ГРЭС-2

| Название цеха | Назначение цеха |
|---------------|--|
| Электрический | Электрификация всех агрегатов и устройств; электроснабжение промышленных помещений |
| Топливный | Подготовка топлива |
| Котельный | Выработка пара и пароводяной смеси |
| Турбинный | Выработка тепловой и электрической энергии |
| Химический | Очистка питательной и сетевой воды |
| Ремонтный | Осуществление монтажных работ на территории станции |

Рисунок 2.1 отображает территорию ГРЭС-2, вид со спутника. А схема электрических соединений на Томской ГРЭС-2 изображена на рисунке 2.2.



Рисунок 2.1 – Территория ГРЭС-2, вид со спутника

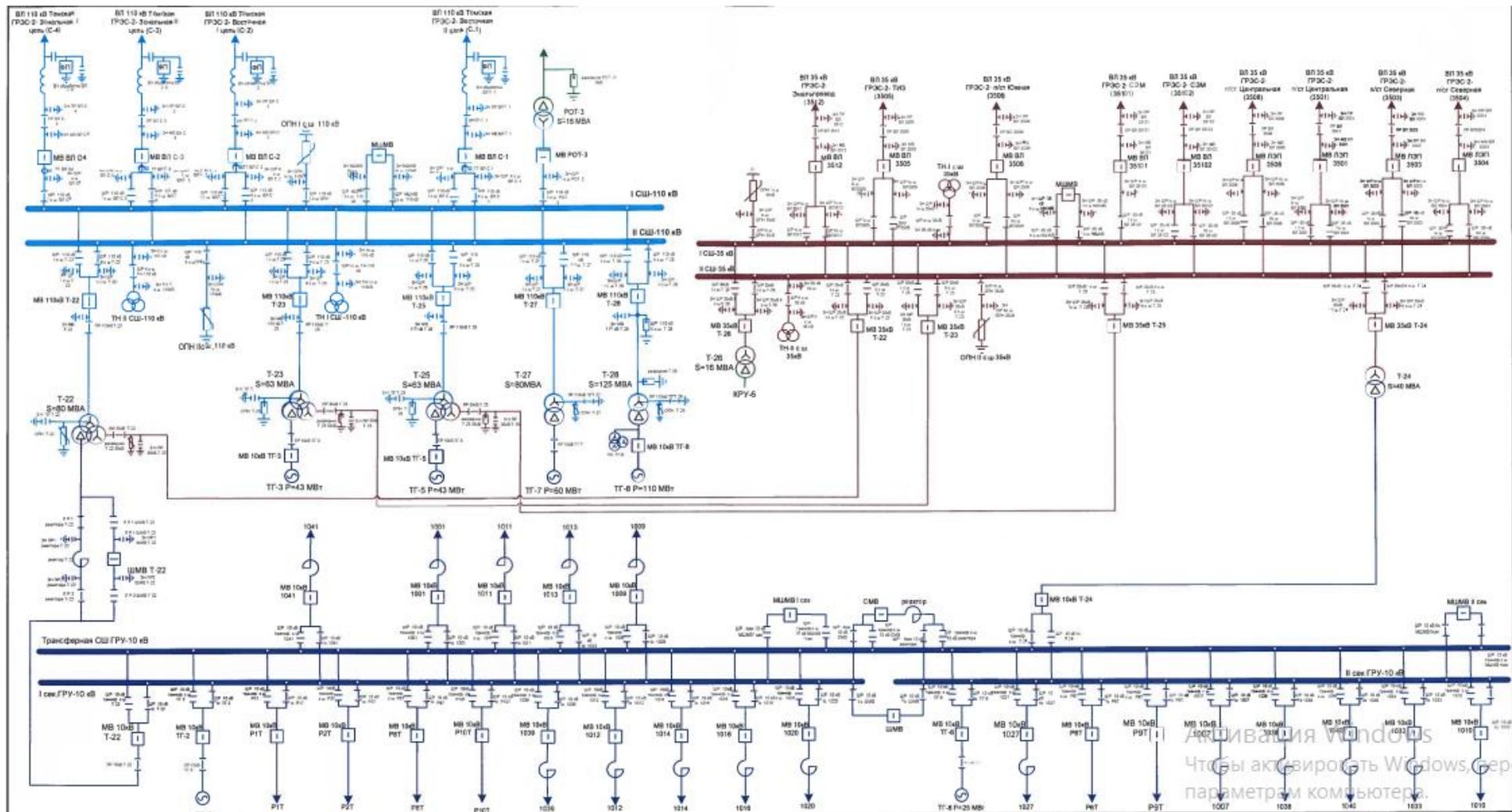


Рисунок 2.2 – Нормальная схема электрических соединений Томской ГРЭС-2

2.3 Технические данные трансформаторов на территории ГРЭС-2

Трансформаторы с номинальным первичным напряжением до 330 кV изготавливаются в классах точности для основной вторичной обмотки 0,5; 1,0 и 3,0, а трансформаторы на 400 и 500 кV в классах точности 1,0 и 3,0. Класс точности вторичной дополнительной обмотки всех трансформаторов 3,0.

Номинальные напряжения обмоток, предельные мощности и номинальные мощности для каждого класса точности трансформаторов приведены в их паспортах и табличках. Указанные мощности являются суммарными мощностями основной и дополнительной вторичных обмоток

Трансформаторы с номинальным напряжением вторичной дополнительной обмотки 100:3V предназначены для работы в сетях с изолированной нейтралью, а с номинальным напряжением 100V в сетях с эффективно заземлённой нейтралью[17].

Погрешности трансформаторов в зависимости от класса точности удовлетворяют нормам, приведенным в табл. 1, при условии, что:

- частота питающей сети (50+- 0,5)Hz или (60+-0,6)Hz;
- первичное напряжение - от 80 до 120% номинального значения;
- мощность нагрузки обмоток при номинальном напряжении – от 25 до 100% номинального значения;
- коэффициент мощности активно - индуктивной нагрузки вторичной обмотки, равный 0,8.

Схема и группа соединения обмоток трансформаторов соответствует условному обозначению 1/1/1-0-0.

Трансформаторы, предназначенные для работы в сетях с изолированной нейтралью и включенные в трёхфазную группу, выдерживают в течение 8 часов однофазные замыкания сети на землю при наибольшем рабочем напряжении (110% от номинального линейного напряжения).

Напряжение на вводах разомкнутого треугольника дополнительных вторичных обмоток трансформаторов, включённых в трёхфазную группу над

номинальное линейное симметричное напряжение, составляет от 90 до 110 кV при однофазном замыкании на землю со стороны первичных обмоток. При этом значения мощности нагрузки вторичных обмоток при коэффициенте мощности 0,8 должны быть не более значений, указанных в паспорте трансформатора. Номинальной нагрузкой, соответствующей классу точности 3.0, на вводах разомкнутого треугольника считается номинальная нагрузка одной фазы[18].

Трансформаторы, предназначенные для работы в сетях с эффективно заземлённой нейтралью, выдерживают в течение 30с повышение первичного напряжения до 150% номинального значения.

В зависимости от длины пути утечки внешней изоляции трансформаторы разделены на следующие категории:

А – нормальное исполнение, отношение длины пути утечки внешней изоляции к наибольшему рабочему линейному напряжению составляет не менее $1.5 \text{ см/кВ}_{\text{действия}}$ для электрических цепей с эффективно заземлённой нейтралью и не менее $1.7 \text{ см/кВ}_{\text{действия}}$ для цепей с изолированной нейтралью.

Б - усиленное исполнение, отношение длины пути утечки внешней изоляции к наибольшему рабочему линейному напряжению составляет соответственно не менее 2.25 и 2.6 $\text{см/кВ}_{\text{действия}}$.

Категория трансформатора по внешней изоляции указана на табличке и в паспорте на трансформатор. Для трансформатора НКФ-110-83 категория внешней изоляции указана в паспорте на трансформатор.

Таблица 2.3 отображает характеристики установленных на станции силовых трансформаторов.

Таблица 2.3 – Характеристика установленных на станции силовых трансформаторов

| Тип тр-ра | Место установки | Станц. номер | Мощность кВА | Токи в обмотке А | | |
|---------------------|-----------------|--------------|--------------|------------------|-------------|-------------|
| | | | | выс. напр. | средн напр. | низш. напр. |
| ТДЦТН80000/110-УХЛ1 | ОРУ-110кВ | 22 | 80000 | 401,6 | 1200 | 4400 |

Продолжение таблицы 2.3

| | | | | | | |
|---------------------|-----------|-------|--------|-------|-----|--------|
| ТДТГ 60000/110 | ОРУ-110кВ | 23 | 60000 | 287 | 900 | 3300 |
| ТРДНС40000/35-74У1 | ОРУ-35кВ | 24 | 40000 | 660 | --- | 2200 |
| ТДТН 63000/110-76У1 | ОРУ-110кВ | 25 | 63000 | 316 | 969 | 3464 |
| ТДНС16000/35-УХЛ1 | ОРУ-35кВ | 26 | 16000 | 251,5 | --- | 1466 |
| ТДЦ80000/110-У1 | ОРУ-110кВ | 27 | 80000 | 382 | --- | 4400 |
| ТДЦ-125000/110-85У1 | ОРУ-10кВ | 28 | 125000 | 596,4 | --- | 6873,2 |
| ТДНС-10000/35 | ОРУ-35кВ | РОТ-1 | 10000 | 550 | --- | 1830 |
| ТДНС 10000/35 | ОРУ-10кВ | РОТ-2 | 10000 | 550 | --- | 1830 |
| ТДН16000/110 | ОРУ-110кВ | РОТ-3 | 16000 | 80,3 | --- | 1400 |
| ТМ 6300/35 | ОРУ-35кВ | Р1Т | 6300 | 363,5 | --- | 1156 |
| ТМ 5600/35 | ОРУ-110кВ | Р2Т | 5600 | 308 | --- | 1026 |
| ТМ5600/35 | ОРУ-110кВ | Р3Т | 5600 | 308 | --- | 1026 |
| ТМ5600/35 | ОРУ-110кВ | Р4Т | 5600 | 513 | --- | 1026 |
| ТМ7500/35 | ОРУ-10кВ | Р5Т | 7500 | 412 | --- | 1375 |
| ТДНС 10000/35 | ОРУ-10кВ | Р6Т | 10000 | 550 | --- | 1830.3 |
| ТДНС10000/35 | ОРУ-10кВ | Р7Т | 10000 | 550 | --- | 1830 |
| ТМ7500/35 | ОРУ-10кВ | Р8Т | 7500 | 412 | --- | 1375 |
| ТДНС16000/35 | ОРУ-10кВ | Р9Т | 16000 | 880 | --- | 1466.3 |
| ТДНС 10000/35 | ОРУ-10кВ | Р10Т | 10000 | 550 | --- | 916 |
| ТДНС16000/35 | ОРУ-10кВ | Р11Т | 16000 | 880 | --- | 1466.3 |

ПРИМЕЧАНИЕ:

Т - трехфазный

Р - наличие расщепленной обмотки низшего напряжения (Т24)

Д - принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла.

М - естественная циркуляция воздуха и масла.

ДЦ - принудительная циркуляция воздуха и масла с направленным потоком масла (Т28, Т27, Т22).

СЗ - естественное воздушное охлаждение при защищенном исполнении.

Т - число обмоток-3хобмоточный(2хобмоточный без обозначения).

Н - наличие системы регулирования напряжения.

Г - исполнение грозоупорное.

З - исполнение защищенное.

У - исполнение усовершенствованное.

С - для систем собственных нужд.

3 РАССЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

Анализ и картографирование территориального риска представляют собой проблему, которая в связи с соображениями о защите критически важной инфраструктуры становится все более важной. Традиционно риски вытекают только из определенного рассмотренного сценария аварии.

Со временем обнаружилось, что некоторые независимые события имеют потенциал для значительного увеличения негативных последствий (синергетические эффекты), тогда как другие могут привести к каскаду неудач (эффект домино). Таким образом, если мы хотим оценить риски на определенной территории, мы должны сделать это комплексно для всех рисков одновременно.

Риск – количественная оценка опасности – отношение числа тех или иных нежелательных последствий (неблагоприятных) к их возможному числу за определенный период времени.

Анализ рисков – это процесс выявления и анализа потенциальных проблем, которые могут негативно повлиять на ключевые бизнес-инициативы или критические проекты, чтобы помочь организациям избежать или уменьшить эти риски.

3.1 Анализ причин возникновения взрыва трансформаторов на электрической станции

Для анализа причин возникновения взрыва трансформатора необходимо определить следующие пункты:

1. Определить верхнее событие;
2. определить риск останова и его составную часть – взрыва;
3. выяснить, какие основные признаки неисправности, приводят к останову работы трансформатора;
4. выяснить, какие выявление неисправности силовых трансформаторов путем испытаний, приводят к останову работы трансформатора;

5. выяснить, какие повреждения, наиболее характерные для отдельных элементов силовых трансформаторов, приводят к останову работы трансформатора.

3.1.2 Построение «дерева-отказов»

Из-за частых взрывов трансформаторных подстанций, возникает проблема рассмотрения их едино в комплексе.

Для удобного практического решения данного вопроса, используем метод построения «дерева-отказов».

Анализ «дерева-отказов» позволит идентифицировать факторы, которые приводят к аварийной ситуации на исследуемом объекте.

Для построения, необходимо изучить алгоритм построения «дерева-отказов», который представлен на рисунке 3.1.

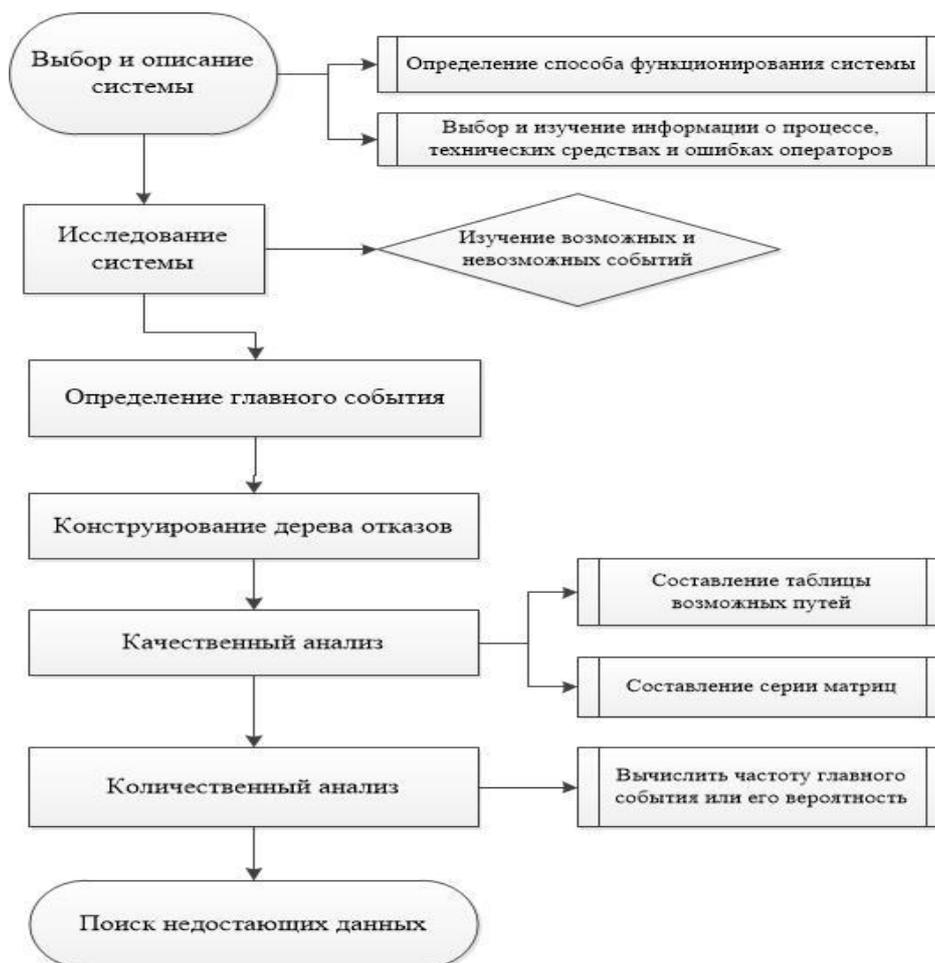


Рисунок 3.1 – Алгоритм строения «дерева-отказов»

3.1.3 Анализ «дерева-отказов»

Метод «дерева-отказов» определяет главное событие – взрыв трансформатора на подстанции.

Обозначения Т, М, В определяют главные, промежуточные и базовые/неразвитые события.

Верхнее событие (останов-взрыв трансформатора) может быть спровоцировано следующими действиями[27]:

М1 – Основные признаки неисправности, приводящие к останову

М2 – Выявления неисправностей путем испытаний

М3 – Поломка трансформатора

М4 – Повышенный нагрев, увеличенный ток на стороне питания, разница омических сопротивлений постоянному току отдельных фаз обмоток трансформатора

М5 – Выброс масла с разрушением стеклянной мембраны выхлопной трубы, в результате протекания сверхтоков при сквозных коротких замыканиях

М6 – Появление трещин на изоляторах, скользящих разрядов или следов перекрытия изоляторов

М7 – Появление течи масла из кранов или швов бака из под прокладок

М8 – Срабатывание реле газовой защиты трансформатора на сигнал

М9 – Срабатывание реле газовой защиты трансформатора на отключение

М10 – Срабатывание максимальной (токовой) или дифференциальной защиты

М11 – Значительная разница в сопротивлениях изоляции одной и другой обмотки, а также между обмотками, в результате повреждения изолятора вывода

М12 – Значительная разница в сопротивлении изоляции обмоток при измерении их в холодном и горячем состоянии из-за влажности изоляции обмоток

М13 – Значительный разброс показаний приборов на разных ступенях переключателя при плохом контакте в переключателе вследствие загрязнения или оплавления поверхности контакта

М14 – Значительная разница в величинах сопротивления по фазам

М15 – Получаемые результаты не соответствуют ни одной группе соединений, так как одна из обмоток одной фазы "вывернута" (перепутано направление намотки или начало и конец обмотки)

М16 – Значительно завышенный ток и потери х.х.

М17 – Значительное увеличение тока х. х., из-за недоброкачественной шихтовки магнитопровода, неполного сечения верхнего ярма за счет недоукладки числа листов

М18 – Значительное увеличение потерь х. х.

М19 – Значительно повышенное напряжение и потери к. з. или значительное повышение напряжения к. з.

М20 – Значительное повышение потерь к. з., из-за неправильного токораспределения на параллельных ветвях

М21 – Витковое замыкание

М22 – Замыкание на корпусе (пробой). Междуфазное к.з.

М23 – Обрыв цепи, в результате отгорания отводов (выводных концов) обмотки вследствие низкого качества соединения или электродинамических усилий при коротком замыкании.

М24 – При нарушении регулировки переключающего устройства отсутствует контакт

М25 – Оплавление контактной поверхности, в результате термического воздействия сверхтоков на контакт при коротком замыкании.

М26 – Перекрытие на корпус

М27 – Перекрытие между вводами отдельных фаз, при набросе постороннего предмета

М28 – "Пожар стали"

М29 – Течь масла из сварного шва, кранов и фланцевых соединений

М30 – Срабатывание реле газовой защиты при отсутствии повреждений в трансформаторе (ложное срабатывание), из-за резкого повышения или понижение уровня масла вследствие быстрого нагрева или охлаждения масла.

Вероятности (частоты) возникновения событий, влекущих в совокупности за собой взрыв трансформатора, представлены в таблице 3.1.

Так как для событий отсутствуют статистические данные, в дальнейшем будет применен метод экспертных оценок, суть данного метода представлена в следующем разделе.

Таблица 3.1 – События и вероятности их возникновения

| Обозначение | Характеристика события | Вероятность (частота) события (год ⁻¹) |
|-------------|---|--|
| T | Останов трансформатора | $1,0786 \times 10^{-1}$ |
| M1 | Основные признаки неисправности, приводящие к останову | $4,429 \times 10^{-3}$ |
| M2 | Выявления неисправностей путем испытаний | $3,22 \times 10^{-4}$ |
| M3 | Повреждения трансформатора | $1,011 \times 10^{-1}$ |
| M4 | Повышенный нагрев, небольшое увеличение тока на стороне питания, разница омических сопротивлений постоянному току отдельных фаз обмоток трансформатора | $2,999 \times 10^{-6}$ |
| M5 | Выброс масла с разрушением стеклянной мембраны выхлопной трубы, в результате протекания сверхтоков при сквозных коротких замыканиях | 1×10^{-5} |
| M6 | Появление трещин на изоляторах, скользящих разрядов или следов перекрытия изоляторов | 3×10^{-8} |
| M7 | Появление течи масла из кранов или швов бака из под прокладок | $4,4 \times 10^{-3}$ |
| M8 | Срабатывание реле газовой защиты трансформатора на сигнал | $2,999 \times 10^{-6}$ |
| M9 | Срабатывание реле газовой защиты трансформатора на отключение | $1,1999 \times 10^{-5}$ |
| M10 | Срабатывание максимальной (токовой) или дифференциальной защиты | $1,999 \times 10^{-6}$ |
| M11 | Значительная разница в сопротивлениях изоляции одной и другой обмотки, а также между обмотками, в результате повреждения изолятора вывода | 1×10^{-6} |
| M12 | Значительная разница в сопротивлении изоляции обмоток при измерении их в холодном и горячем состоянии из-за влажности изоляции обмоток | 1×10^{-4} |
| M13 | Значительный разброс показаний приборов на разных ступенях переключателя при плохом контакте в переключателе вследствие загрязнения или оплавления поверхности контакта | 1×10^{-4} |
| M14 | Значительная разница в величинах сопротивления по фазам | $1,1 \times 10^{-4}$ |

Продолжение таблицы 3.1

| | | |
|-----|---|-------------------------|
| M15 | Получаемые результаты не соответствуют ни одной группе соединений, так как одна из обмоток одной фазы "вывернута" (перепутано направление намотки или начало и конец обмотки) | 1×10^{-6} |
| M16 | Значительно завышенный ток и потери х.х. | $2,999 \times 10^{-6}$ |
| M17 | Значительное увеличение тока х. х., из-за недоброкачественной шихтовки магнитопровода, неполного сечения верхнего ярма за счет недоукладки числа листов | 1×10^{-6} |
| M18 | Значительное увеличение потерь х. х. | $1,999 \times 10^{-6}$ |
| M19 | Значительно повышенное напряжение и потери к. з. или значительное повышение напряжения к. з. | $2,999 \times 10^{-6}$ |
| M20 | Значительное повышение потерь к. з., из-за неправильного токораспределения на параллельных ветвях | 1×10^{-6} |
| M21 | Витковое замыкание | $1,999 \times 10^{-5}$ |
| M22 | Замыкание на корпусе (пробой). Междофазное к.з. | 1×10^{-1} |
| M23 | Обрыв цепи, в результате отгорания отводов (выводных концов) обмотки вследствие низкого качества соединения или электродинамических усилий при к. з. | 1×10^{-5} |
| M24 | Отсутствие контакта при нарушении регулировки переключающего устройства | 1×10^{-6} |
| M25 | Оплавление контактной поверхности, в результате термического воздействия сверхтоков на контакт при к.з. | 1×10^{-4} |
| M26 | Перекрытие на корпус | $1,01 \times 10^{-6}$ |
| M27 | Перекрытие между вводами отдельных фаз, при набросе постороннего предмета | 1×10^{-8} |
| M28 | "Пожар стали" | $3,999 \times 10^{-6}$ |
| M29 | Течь масла из сварного шва, кранов и фланцевых соединений | $2,0999 \times 10^{-5}$ |
| M30 | Срабатывание реле газовой защиты при отсутствии повреждений в трансформаторе (ложное срабатывание), из-за резкого повышения или понижение уровня масла вследствие быстрого нагрева или охлаждения масла | 1×10^{-4} |
| M31 | Отказ реле газовой защиты (несрабатывание) при возникновении или развитии повреждения в трансформаторе | $1,999 \times 10^{-6}$ |
| B1 | Естественное старения изоляции | 1×10^{-6} |
| B2 | Систематические перегрузки | 1×10^{-6} |
| B3 | Динамические усилия при коротких замыканиях | 1×10^{-6} |
| B4 | Не обнаруженные ранее трещины заводского происхождения или появившиеся при монтаже и эксплуатации | 1×10^{-8} |
| B5 | Набросы посторонних предметов | 1×10^{-8} |
| B6 | Перекрытие между вводами различных фаз | 1×10^{-8} |
| B7 | Недоброкачественный сварной шов | 4×10^{-4} |
| B8 | Недостаточное уплотнение в месте установки прокладки | $4,4 \times 10^{-4}$ |
| B9 | Витковое замыкание в обмотке | 1×10^{-6} |
| B10 | Замыкание на корпус (пробой) | 1×10^{-6} |
| B11 | Выгорание контактной поверхности переключателя | 1×10^{-6} |
| B12 | "Пожара стали", возникшего в результате циркуляции больших токов, вызванных образовавшимся замкнутым контуром | 1×10^{-6} |
| B13 | Междофазное короткое замыкание | 1×10^{-5} |

Продолжение таблицы 3.1

| | | |
|-----|--|--------------------|
| V14 | Внутренних или внешние перенапряжения | 1×10^{-6} |
| V15 | Пробой на корпус вводов трансформатора | 1×10^{-6} |
| V16 | Перекрытие между фазами вследствие наброса или других причин | 1×10^{-6} |
| V17 | Неправильное присоединение отводов к зажимам переключателя | 1×10^{-7} |
| V18 | Плохой контакт на присоединениях выводов | 1×10^{-4} |
| V19 | Плохой контакт в пайках | 1×10^{-5} |
| V20 | Витковое замыкание в обмотке | 1×10^{-6} |
| V21 | Наличие замкнутого контура через стяжные болты и прессующие плиты | 1×10^{-6} |
| V22 | Неправильное включение параллельных обмоток | 1×10^{-6} |
| V23 | Плохая изоляция между листами стали магнитопровода | 1×10^{-6} |
| V24 | Начавшийся процесс "пожара стали" | 1×10^{-6} |
| V25 | Плохой контакт на перемычке, закорачивающей выводы обмоток | 1×10^{-6} |
| V26 | Плохой контакт на выводах или переключателе | 1×10^{-6} |
| V27 | Плохой контакт в схеме обмоток или в переключателе со стороны питания | 1×10^{-6} |
| V28 | Естественное старение и износ изоляции | 1×10^{-6} |
| V29 | Систематические перегрузки трансформатора | 1×10^{-6} |
| V30 | Динамические усилия при. сквозных к.з | 1×10^{-5} |
| V31 | Старение изоляции, увлажнение масла и понижение его уровня | 1×10^{-1} |
| V32 | Внутренние и внешние перенапряжения | 1×10^{-6} |
| V33 | Деформация обмоток вследствие протекания сверхтоков при сквозных к. з. | 1×10^{-5} |
| V34 | Трещины в изоляторах. Попадание влаги внутрь мастико-наполненных вводов | 1×10^{-8} |
| V35 | Понижение уровня масла в трансформаторе при одновременном загрязнении внутренней поверхности изоляторов | 1×10^{-6} |
| V36 | Нарушение изоляции между отдельными листами стали или стяжных болтов | 1×10^{-6} |
| V37 | Слабая прессовка стали | 1×10^{-6} |
| V38 | Образование короткозамкнутого контура при повреждении изоляционных прокладок между ярмом и стержнями магнитопровода у стыковых трансформаторов | 1×10^{-6} |
| V39 | Образование короткозамкнутого контура при выполнении заземления магнитопровода со стороны выводов обмоток ВН и НН | 1×10^{-6} |
| V40 | Плохое качество сварки или нарушение сварного шва от механических воздействий | 1×10^{-5} |
| V41 | Недостаточно притерта пробка в корпусе крана | 1×10^{-6} |
| V42 | Низкое качество прокладок и уплотнений в местах фланцевых соединений | 1×10^{-5} |
| V43 | На работающем трансформаторе не была включена газовая защита | 1×10^{-6} |
| V44 | Заедание поплавков в камере. Неудовлетворительное состояние контактов реле | 1×10^{-6} |

Вариационную модель развития ЧС на объекте строим в виде «дерева отказов», которое представлено на рисунке 3.2.

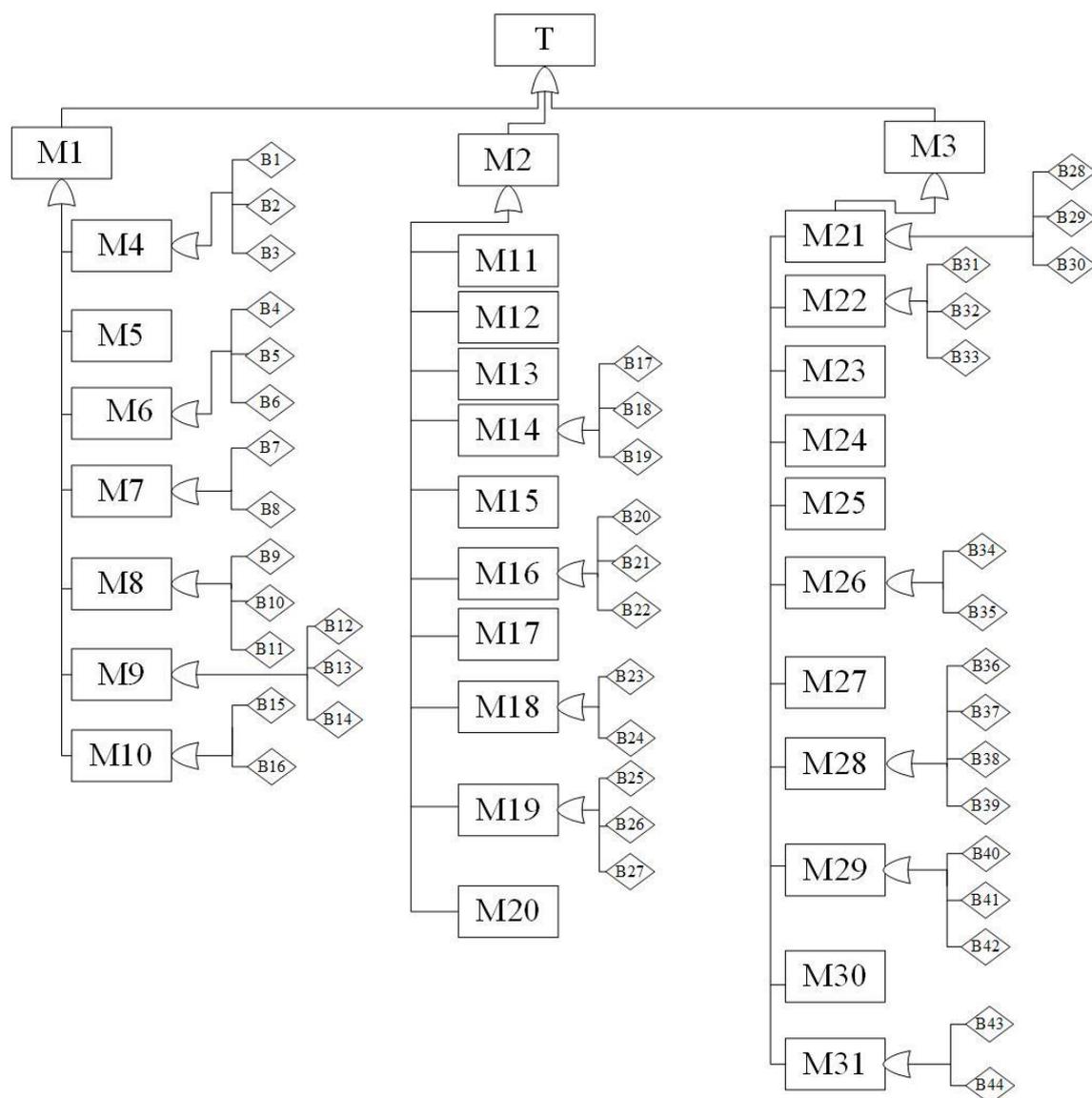


Рисунок 3.2 – Вариационная модель взрыва на трансформаторной подстанции

3.1.4 Метод экспертных оценок

Для определения вероятности реализации несчастного случая был использован метод экспертных оценок.

С каждым из экспертов была проведена индивидуальная работа в виде интервью. Каждому эксперту было предложено заполнить опросной лист (Приложение А), который был создан на основе дерева отказов.

Протокол опроса представлен в Приложении Б.

Состав экспертной комиссии в Приложении В.

Проведем расчет вероятности развития сценариев возникновения взрыва.

$$P(M4) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) = 2,999 \times 10^{-6}$$

$$P(M5) = 1 \times 10^{-5}$$

$$P(M6) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-8}) (1 - 1 \times 10^{-8}) (1 - 1 \times 10^{-8}) = 3 \times 10^{-8}$$

$$P(M7) = 1 - (1 - 4 \times 10^{-4}) (1 - 4,4 \times 10^{-4}) = 4,4 \times 10^{-3}$$

$$P(M8) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) = 2,999 \times 10^{-6}$$

$$P(M9) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-5}) (1 - 1 \times 10^{-6}) = 1,1999 \times 10^{-5}$$

$$P(M10) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) = 1,999 \times 10^{-6}$$

$$P(M11) = 1 \times 10^{-6}$$

$$P(M12) = 1 \times 10^{-4}$$

$$P(M13) = 1 \times 10^{-4}$$

$$P(M14) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-7}) (1 - 1 \times 10^{-4}) (1 - 1 \times 10^{-5}) = 1,1 \times 10^{-4}$$

$$P(M15) = 1 \times 10^{-6}$$

$$P(M16) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) = 2,999 \times 10^{-6}$$

$$P(M17) = 1 \times 10^{-6}$$

$$P(M18) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) = 1,999 \times 10^{-6}$$

$$P(M19) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) = 2,999 \times 10^{-6}$$

$$P(M20) = 1 \times 10^{-6}$$

$$P(M21) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-5}) (1 - 1 \times 10^{-6}) = 1,1999 \times 10^{-5}$$

$$P(M22) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-1}) (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-5}) = 1 \times 10^{-1}$$

$$P(M26) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-8}) (1 - 1 \times 10^{-6}) = 1,01 \times 10^{-6}$$

$$P(M27) = 1 \times 10^{-8}$$

$$P(M28) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-6}) = \\ = 3,999 \times 10^{-6}$$

$$P(M29) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-5}) (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-5}) = 2,0999 \times 10^{-5}$$

$$P(M30) = 1 \times 10^{-4}$$

$$P(M31) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) = 1,999 \times 10^{-6}$$

$$P(M1) = 1 - (1 - 2,999 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-5}) (1 - 3 \times 10^{-8}) (1 - 4,4 \times 10^{-3}) (1 - 2,999 \times 10^{-6}) (1 - 1,999 \times 10^{-5}) (1 - 1,999 \times 10^{-6}) = 4,429 \times 10^{-3}$$

$$P(M2) = 1 - (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-4}) (1 - 1,1 \times 10^{-4}) (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 2,999 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1,999 \times 10^{-6}) (1 - 2,999 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-6}) = 3,22 \times 10^{-4}$$

$$P(M3) = 1 - (1 - 1,999 \times 10^{-5}) (1 - 1 \times 10^{-1}) (1 - 1 \times 10^{-5}) (1 - 1 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-4}) (1 - 1,01 \times 10^{-6}) (1 - 1 \times 10^{-8}) (1 - 3,999 \times 10^{-6}) (1 - 2,0999 \times 10^{-5}) (1 - 1 \times 10^{-4}) (1 - 1,999 \times 10^{-6}) = 1,01 \times 10^{-1}$$

$$P(T) = 1 - (1 - 4,429 \times 10^{-3}) (1 - 3,22 \times 10^{-4}) (1 - 1,01 \times 10^{-1}) = 1,0786 \times 10^{-1}$$

Наиболее вероятные события, которые могут привести к взрыву трансформатора событие M22 – замыкание на корпус (пробой), междуфазное коротко замыкание, событие M25 – оплавление контактной поверхности, в результате термического воздействия сверхтоков на контакт при коротком замыкании, событие M30- срабатывание реле газовой защиты при отсутствии повреждений в трансформаторе (ложное срабатывание), из-за резкого повышения или понижения уровня масла вследствие быстрого нагрева или охлаждения масла.

Риск останова трансформатора и его составной части – взрыва трансформатора, составляет $1,0786 \times 10^{-1}$ год⁻¹.

3.2 Расчет поражающих факторов взрыва

На рисунке 3.3 представлена территория трансформаторной подстанции, красной точкой обозначено место взрыва трансформатора Т-22 (тип ТДЦТН 80000/110-УХЛ1), ОРУ – 110кВ. Полная масса трансформатора 96200 кг, полная масса масла 19500 кг.

Исходя из расчета парциальных давлений взрывоопасных веществ (трансформаторное масло) было получено, что масса взрываемого вещества составляет 30% от общей массы трансформаторного масла, т.е 5850 кг.

Так как средний радиус от места взрыва до жилой зоны, и зоны с наибольшей потенциальной опасностью в плане развития вторичных факторов

составляет 300 м., то наиболее значимым является рассмотрение параметров взрыва на данном расстоянии.

3.2.1 Расчет интенсивности теплового излучения и времени существования огненного шара

Для рассмотрения параметров взрыва рассчитаем интенсивность теплового излучения на расстоянии 300 м. (в это расстояние попадают первые жилые дома, торговые павильоны и другие места скопления людей) и время существования огненного шара.

$$q = E_f \times F_q \times \tau \quad (1)$$

где,

E_f – средняя поверхностная плотность теплового излучения пламени;

F_q – угловой коэффициент облученности;

τ – коэффициент пропускания атмосферы

Для расчета F_q используется формула 2

$$F_q = \frac{\frac{H}{D_s} + 0.5}{4 \times \left[\left(\frac{H}{D_s} + 0.5 \right)^2 + \left(\frac{r}{D_s} \right)^2 \right]^{1.5}} \quad (2)$$

где:

H – высота центра огненного шара;

D_s – эффективный диаметр огненного шара;

r – расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром огненного шара.

Высота центра огненного шара и эффективный диаметр рассчитываются по следующим формулам:

$$H = \frac{D_s}{2} \quad (3)$$

$$D_s = 5.33 \times m^{0.327} \quad (4)$$

где m – это масса горючего вещества.

Коэффициент пропускания атмосферы τ рассчитывается по формуле 5.

$$\tau = e^{[-0.0007 \times (\sqrt{r^2 + H^2} - \frac{D_s}{2})]} \quad (5)$$

Имея массу можем рассчитать интенсивность теплового излучения, тогда интенсивность теплового излучения составит 22689 кВт/м².

Для расчета времени существования огненного шара воспользуемся формулой 6.

$$t_s = 0.92 \times m^{0.303} \quad (6)$$

Тогда t_s составит 12,74 секунд.

Из полученных значений видно, что интенсивность теплового излучения огненного шара на расстоянии 300 м, где расположены жилая зона, АЗС и промышленные зоны, для объектов и для человека использовавшего специальную одежду или одежду из брезентовой ткани не возникает существенных угроз, для человека без специальной одежды, вероятность того, что получит ожог первой степени составляет 10% при длительности облучения 30 секунд.

Уровень поражения излучения безопасно в брезентовой одежде.

3.2.2 Определение зон очага взрыва

Для определения зон очага взрыва необходимо провести оценку воздействия ударной волны.

При взрыве выделяют следующие зоны:

1. зона бризантного действия;
2. зона действия огненного шара;
3. зона воздушной ударной волны

А так же выделяют:

1. зону полных разрушений ($\Delta P_\phi = 50$ кПа);
2. зону сильных разрушений ($\Delta P_\phi = 30$ кПа);

3. зону средних разрушений ($\Delta P_{\phi} = 20$ кПа);
4. зону слабых разрушений ($\Delta P_{\phi} = 10$ кПа).

Для определения зон очага взрыва необходимо расчетным путем найти радиусы зон разрушений.

В предыдущем разделе за массу взрывающего вещества мы брали 30% от общей массы трансформаторного масла, которая составила 5850 кг.

Тогда радиус зоны детонационной волны составит:

$$R_1 = 1,75 \sqrt[3]{M} \quad (7)$$

Где M – масса взрывающего вещества.

Согласно формуле 7 радиус зоны детонационной волны будет равен 31,53 м. Величина избыточного давления в зоне детонационной волны постоянна $\Delta P_{\phi 1} = 1750$ кПа.

Радиус зоны продуктов взрыва:

$$R_2 = 1,7 \times R_1 \quad (8)$$

Избыточное давление на границе зоны действия продуктов взрыва:

$$\Delta P_{\phi 2} = \frac{233}{\sqrt{1 + 0,41 \times \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3 - 1}} \quad (9)$$

Для определения радиусов зон полных, сильных, средних и слабых разрушений необходимо использовать значение относительной величины Ψ , а полученные результаты свести в таблицу для определения радиусов зон поражения.

$$\Psi = 0,24 \times \frac{R_2}{R_1} \quad (10)$$

$$\text{При } \Psi \leq 2, \Delta P_{\phi 3} = \frac{700}{3 \times (\sqrt{1 + 29,8 \times (\Psi)^3} - 1)} \quad (11)$$

$$\text{При } \Psi \geq 2, \Delta P_{\phi 3} = \frac{22}{\Psi \times \sqrt{\log \Psi + 0,158}} \quad (12)$$

При взрыве 5850 кг паров трансформаторного масла будут следующие величины избыточного давления (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – зависимость избыточного давления от радиуса при взрыве трансформатора

| R, м | 5 | 10 | 15 | 20 |
|--------------------------|---------|--------|--------|-------|
| Избыточное давление, кПа | 291,666 | 36,842 | 11,864 | 5,035 |

По данным таблицы 3.2, методом интерполяции были получены значения радиусов зон поражения, которые представлены ниже:

1. зоны полных разрушений – 9,7 м;
2. зона сильных разрушений – 11,3684 м
3. зона средних разрушений – 13,3684 м
4. зона слабых разрушений – 16,3 м

Проанализировав результаты видно, что при взрыве трансформатора, разрушения получит лишь сам трансформатор, у близлежащих строений (в зону попадает главный щит управления) возможно выбивание стекол, разрушение слабых конструкций, возгорание деревянных конструкций и сооружений.

3.3 Разработка мероприятий направленных на предупреждение ЧС и повышение безопасности объекта

Осмотр трансформаторов необходимо производить согласно графика. Трансформаторы освещения, сети задвижек и хоз. нужд осматривается один раз в неделю.

Кроме того, начальник смены обязан произвести внеочередной осмотр трансформаторов при появлении сигнала газового реле. При резком изменении погоды, а также в зимних условиях при резком снижении нагрузки.

После каждого включения трансформатора №Т-25 начальник смены обязан осмотреть вводы 110кВ на предмет отсутствия трещин во фланцах.

О результатах осмотра производится запись в оперативном журнале.

При осмотре трансформаторов необходимо обращать внимание на:

– уровень и цвет масла в расширителе и в маслонаполненных изоляторах, (если конструкция изоляторов позволяет это сделать), а также отсутствия течи масла. В случае значительного понижения уровня масла при резком снижении температуры наружного воздуха оперативному персоналу следует повысить нагрузку на этом трансформаторе.

- состояние изоляторов вводов трансформаторов (отсутствие следов разрядов, загрязнения, трещин т.д.)
- характер гуда трансформатора
- исправную работу охлаждающих устройств
- состояние ошиновки, фланцевых соединений маслопроводов.
- температуру масла трансформатора.
- целостность мембраны выхлопной трубы, газового реле, маслоуказателя.

На трансформаторе №Т-25 нужно контролировать давление масла вводов 110кВ, которое должно быть в пределах 0,2-2,3 атм. в зависимости от температуры наружного воздуха и нагрузки трансформатора.

Давление масла и температура наружного воздуха записывается в журнал контроля изоляции один раз в десять дней согласно графику осмотров.

Включать и отключать трансформаторы №Т-23, Т-25, Т-27 Т-28Т-22 необходимо только с включенным нулем обмотки 110кВ.

Включение всех трансформаторов после капитального ремонта со сменой обмоток производится толчком в сеть на полное напряжение. При этом со стороны питания должна быть включена быстродействующая защита (токовая отсечка).

Трансформаторы №Т-23, Т-25, Т-27 и Т-28 могут в этом случае включаться подъемом напряжения с нуля.

Трансформаторы с естественным и дутьевым охлаждением масла №Т-23, Т-25, допустимо включать под напряжение и нагрузку при любой температуре наружного воздуха и верхних слоев масла.

Трансформаторы Т-27, Т-28,Т-22 допустимо включать под напряжение при любой температуре наружного воздуха на XX, включать под нагрузку при температуре от -25 и выше верхних слоев масла.

Трансформаторы с напряжением до 35кВ допустимо включать под напряжение и нагрузку без отстоя масла для удаления пузырьков воздуха.

В блоке «генератор – трансформатор» необходимо устанавливать дифференциальная и максимальная токовые защиты, которые необходимы для защиты электрического оборудования (генератора, трансформатора) и линий от токов короткого замыкания и перегрузки. При срабатывании защиты происходит отключение одного из выключателей.

К линиям, к которым подключены трансформаторы тока и трансформаторы напряжения. Трансформаторы тока необходимо устанавливать на каждую фазу для измерения тока в них. На отдельный прибор или защиту выделяется отдельная группа трансформаторов тока, что повышает надежность работы защиты. На линии генератор – трансформатор устанавливать измерительные трансформаторы тока. В блоке «генератор – трансформатор» использовать трансформаторы тока с различным коэффициентом трансформации от 600/5 до 4000/5.

Принцип действия МТЗ заключается в том, что при превышении заданного значения тока, проходящего через реле тока, происходит отключение выключателя.

Дифференциальная защита основана на сравнении токов в разных участках защищаемого объекта. В данном блоке применена как и продольная, так и поперечная дифференциальные защиты. Поперечная устанавливается на генератор и предупреждает токи короткого замыкания на выводах генератора. Продольная дифференциальная защита устанавливается на трансформаторе.

Чтобы предотвратить взрывы трансформаторов в первую очередь нужно соблюдать разработанные инструкции на предприятии по охране труда при эксплуатации трансформаторов, соблюдать от начала до конца все

требования безопасности перед началом работы, во время работы и по окончании работ.

Не эксплуатировать трансформатор без масла или при понижении уровня масла в расширителе ниже температурной отметки.

Не эксплуатировать трансформатор при несоответствии отобранного масла нормам качества по результатам физико-химического анализа.

Использовать более качественные материалы изоляции, или увеличить их выносливость при высоких температурах и мощностях.

При проектировке электрической станции главную понизительную подстанцию (ГПП) размещать к центрам электрических нагрузок с учетом планировки предприятия и возможности прохождения воздушных линий 35-110 кВ.

Допустимые расстояния приближения ТП к взрывоопасным цехам регламентируются 0,8-100 м в зависимости от взрывоопасности цеха, открытой или закрытой установки масляных трансформаторов.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ

Наиболее вероятные события, которые могут привести к взрыву трансформатора (рисунок 3.2) событие M22 – замыкание на корпус (пробой), междуфазное коротко замыкание, событие M25 – оплавление контактной поверхности, в результате термического воздействия сверхтоков на контакт при коротком замыкании, событие M30- срабатывание реле газовой защиты при отсутствии повреждений в трансформаторе (ложное срабатывание), из-за резкого повышения или понижения уровня масла вследствие быстрого нагрева или охлаждения масла.

Риск останова трансформатора и его составной части – взрыва трансформатора, составляет $1,0786 \times 10^{-1}$ год⁻¹.

Интенсивность теплового излучения огненного шара на расстоянии 300 м, где расположены жилая зона, АЗС и промышленные зоны, не представляет серьезной опасности для объектов и для человека, защищенного специальной одеждой или брезентовой одеждой (вероятность получения ожогов первой степени для людей без специальной одежды составляет 10 % при длительности экспозиции 30секунд). Уровень поражения излучения безопасно в брезентовой одежде.

При взрыве трансформатора, разрушения получит лишь сам трансформатор, у близлежащих строений (в зону попадает главный щит управления) возможно выбивание стекол, разрушение слабых конструкций, возгорание деревянных конструкций и сооружений.

актуальным произвести анализ-сравнение активной и пассивной молниезащиты.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

На рассматриваемом рынке имеется два конкурирующих технических решения – это установка активной (А) и пассивной молниезащиты (П).

Для проведения данного анализа составим оценочную карту сравнения конкурентных технических решений (таблица 5.1), где:

- 1 – слабая позиция;
- 2 – позиция ниже среднего;
- 3 – средняя позиция;
- 4 – позиция выше среднего;
- 5 – сильная позиция

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | Конкурентноспособность | |
|---|--------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | Б _А | Б _П | К _А | К _П |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | |
| 1. Простота эксплуатации | 0,06 | 4 | 4 | 0,24 | 0,24 |
| 2. Зона защиты | 0,09 | 5 | 2 | 0,45 | 0,18 |
| 3. Геометрия зоны защиты | 0,09 | 5 | 1 | 0,45 | 0,09 |
| 4. Устойчивость к климатическому воздействию | 0,07 | 4 | 4 | 0,32 | 0,32 |
| 5. Надежность | 0,07 | 3 | 4 | 0,21 | 0,28 |
| 6. Огнеустойчивость | 0,06 | 3 | 3 | 0,18 | 0,18 |
| 7. Безопасность (электромагнитное воздействие) | 0,08 | 4 | 2 | 0,32 | 0,16 |
| 8. Монтаж | 0,07 | 4 | 3 | 0,28 | 0,21 |
| 9. Заземлители (длина контура) | 0,04 | 5 | 3 | 0,20 | 0,12 |
| 10. Внешний облик | 0,03 | 4 | 2 | 0,12 | 0,06 |

| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | |
|--|----------|---|---|-------------|-------------|
| 1. Конкурентоспособность продукта | 0,06 | 5 | 3 | 0,30 | 0,18 |
| 2. Послепродажное обслуживание | 0,07 | 3 | 4 | 0,21 | 0,28 |
| 3. Цена | 0,09 | 2 | 4 | 0,18 | 0,36 |
| 4. Предполагаемый срок эксплуатации | 0,08 | 4 | 4 | 0,32 | 0,32 |
| 5. Срок выхода на рынок | 0,04 | 4 | 4 | 0,16 | 0,16 |
| Итого | 1 | | | 3,94 | 3,14 |

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (13)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Из анализа полученных данных можно сделать вывод о том, что наиболее конкурентоспособной разработкой является устройство с активной молниезащитой. Такой вид молниезащиты имеет более широкую зону защиты, по сравнению с ее пассивным аналогом, обладает низким уровнем электромагнитного воздействия, а так же для ее разработки потребуется меньший расход материалов для изготовления молниеотвода.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для нахождения сильных и слабых сторон применения активной молниезащиты, проведем SWOT–анализ (таблица 5.2)

Таблица 5.2 – Матрица SWOT

| | | |
|--|---|---|
| | <p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Повышение уровня безопасности труда и технологического процесса. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологическими решениями. С4. Снижение воздействия на окружающую среду С5. Актуальность проекта.</p> | <p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Высокие цены на оборудование. Сл2. Вероятность появления новых технологий Сл3. Отсутствие финансирования для реализации проекта. Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца. Сл5. Отсутствие опыта в проектировании.</p> |
| <p>Возможности: В1. Широкая область применения. В2. Финансирование и реализация проекта.</p> | <p>-Возможность применения данного проекта для других опасных производственных</p> | <p>-отсутствие альтернативных аналогов оборудования имеющих более низкую себестоимость;</p> |
| <p>В3. Возможность дополнительного спроса на данный проект в целях минимизации последствий в случае возникновения ЧС и повышения уровня</p> | <p>объектов, возникновение ЧС на которых носит масштабный характер для жизни людей и хозяйственно-экономической деятельности;</p> | <p>-отсутствие развития данного проекта в имеющихся условиях, из-за отсутствия проведения дополнительных испытаний</p> |
| <p>безопасности; В4. Поддержание проекта со стороны органов исполнительной власти Томской области</p> | <p>-Возможность обязательной реализации проекта, благодаря введению нормативных актов и документов исполнительной властью, обязывающих предприятия имеющие площадки ОПО минимизировать риски и последствия в случае возникновения ЧС</p> | <p>-отсутствие спроса некоммерческих организаций с целью реализации проекта.</p> |
| <p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Повышение конкуренции на данном рынке; У3. Изменение нормативно-технической базы для подобных объектов; У4. Непредвиденные затраты для реализации проекта</p> | <p>-возникновение угрозы неприменимости данного проекта в новых условиях; -выведение на рынок аналогов проекта более низких по себестоимости.</p> | <p>-более медленный и вывод данного проекта на рынок позволит минимизировать негативные последствия</p> |

5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполняется специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Данная заполненная форма представлена в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

| № п/п | Наименование | Степень проработанности научного проекта | Уровень имеющихся знаний у разработчика |
|-------|---|--|---|
| 1 | Определен имеющийся научно-технический задел | 4 | 4 |
| 2 | Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела | 3 | 3 |
| 3 | Определены отрасли и технологии(товары, услуги) для предложения на рынке | 3 | 3 |
| 4 | Определена товарная форма научно-технического задела для представителей на рынок | 3 | 1 |
| 5 | Определены авторы и осуществлена охрана их прав | 3 | 2 |
| 6 | Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности | 2 | 2 |
| 7 | Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта | 2 | 2 |
| 8 | Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки | 1 | 3 |
| 9 | Определены пути продвижения научной разработки на рынок | 1 | 3 |
| 10 | Разработка стратегии(форма)реализации научной разработки | 3 | 2 |
| 11 | Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок | 1 | 1 |
| 12 | Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот | 1 | 1 |

Продолжение таблицы 5.3

| | | | |
|----|--|----|----|
| 13 | Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки | 2 | 2 |
| 14 | Имеется команда для коммерциализации научного проекта | 1 | 1 |
| 15 | Проработан механизм реализации научного проекта | 1 | 1 |
| | ИТОГО БАЛЛОВ | 31 | 31 |

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (14)$$

По результатам оценки видно, что данная разработка является перспективной, а знания разработчиков достаточны для выполнения проекта

5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Выбор способа коммерциализации — основной момент в процессе разработки стратегии.

Наиболее целесообразным способом коммерциализации результатов научно-технического исследования разработчики считают передачу во временное пользование на основании лицензионного соглашения. Для этого результаты исследования планируется запатентовать.

Таким образом, право собственности на результаты исследования сохранится за разработчиками проекта, но в то же время будет возможной передача на определенный срок за установленное вознаграждение прав на использование результатов проекта. В данном случае речь идет о купле-продаже лицензии (разрешения) на использование изобретения, которая осуществляется на основе лицензионного соглашения. С экономической точки зрения продажа лицензий эквивалентен аренде изобретения как товара, поскольку обладатель научно-технических знаний передает права на

пользование ими только на время, сохраняя при этом право собственности на них.

В пакет проекта для коммерциализации будут входить методика расчета территориального риска, а так же пример расчета территориального риска опасного производственного объекта расположенного на территории Томской ГРЭС-2, а именно трансформаторная подстанция.

Полученные данные могут представлять большой интерес для Главного управления МЧС России по Томской области, а так же для самого предприятия в целом, так как предприятие является опасным производственным объектом, то и существует риск возникновения ЧС на данном объекте, что в свою очередь принесет большой ущерб территории города.

5.2.1 Планирование научно-исследовательских работ структура работ в рамках научного исследования

Структура работы в рамках научного исследования по теме «Расчет территориальных рисков при взрыве трансформаторов на электрической подстанции» для опасного производственного объекта Томской ГРЭС–2 состоит из 10 этапов, представленных в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | № раб. | Содержание работ | Должность исполнителя |
|-----------------------|--------|---|-------------------------------|
| Подготовительный этап | 1 | Выбор направления исследования | Научный руководитель, студент |
| | 2 | Составление и утверждение темы магистерской диссертации | Научный руководитель, студент |
| | 3 | Составление календарного плана-графика выполнения магистерской диссертации | Научный руководитель |
| Основной этап | 4 | Изучение литературы по теме магистерской диссертации (нормативные источники, учебники, учебные пособие, периодика, электронные источники) | Студент |

| | | | |
|---------------------|----|--|-------------------------------|
| | 5 | Сбор, анализ, систематизация информации по теме магистерской диссертации | Студент |
| | 6 | Написание теоретической части магистерской диссертации | Студент |
| | 7 | Подведение промежуточных итогов | Научный руководитель, студент |
| | 8 | Выполнение практической части магистерской диссертации | Студент |
| Заключительный этап | 9 | Оценка и анализ полученных результатов | Научный руководитель, студент |
| | 10 | Оформление расчетно-пояснительной записки магистерской диссертации | Студент |

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудовых затрат необходимо определить трудоемкость работ каждого участника научного исследования. Для определения ожидаемого значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (15)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 1-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 1 + 2 * 3}{5} = 1,8 \text{ чел. - дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 2-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.2}} = \frac{3 * 2 + 2 * 4}{5} = 2,8 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 3-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.3}} = \frac{3 * 2 + 2 * 3}{5} = 2,4 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 4-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.4}} = \frac{3 * 7 + 2 * 12}{5} = 9 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 5-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.5}} = \frac{3 * 12 + 2 * 17}{5} = 14 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 6-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.6}} = \frac{3 * 7 + 2 * 15}{5} = 10,2 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 7-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.7}} = \frac{3 * 1 + 2 * 4}{5} = 2,2 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{\text{ож.8}} = \frac{3 * 7 + 2 * 18}{5} = 11,4 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 9-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.9}} = \frac{3 * 2 + 2 * 3}{5} = 2,4 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 10-ого этапа работы:

$$t_{\text{ож.10}} = \frac{3 * 15 + 2 * 25}{5} = 19 \text{ чел. - дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (16)$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Продолжительность 1-ого этапа:

$$T_{p1} = \frac{1,8}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 2- ого этапа:

$$T_{p2} = \frac{2,8}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 3- ого этапа:

$$T_{p3} = \frac{2.4}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 4- ого этапа:

$$T_{p4} = \frac{9}{1} = 9 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 5- ого этапа:

$$T_{p5} = \frac{14}{1} = 14 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 6- ого этапа:

$$T_{p6} = \frac{10,2}{1} = 10 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 7- ого этапа:

$$T_{p7} = \frac{2,2}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 8- ого этапа:

$$T_{p8} = \frac{11,4}{2} = 6 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 9- ого этапа:

$$T_{p9} = \frac{2,4}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 10- ого этапа:

$$T_{p10} = \frac{19}{1} = 19 \text{ раб. дн.}$$

Из проведенных расчетов видно, что наибольшую трудоемкость и продолжительность будут иметь 4, 5,6 и 10 этапы.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

С целью построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (17)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (18)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности в 2017 году составил:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1.48$$

Продолжительность выполнения 1-ого этапа в календарных днях

$$T_{k1} = 1 * 1.48 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 2- ого этапа в календарных днях

$$T_{k2} = 1 * 1.48 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 3- ого этапа в календарных днях

$$T_{k3} = 2 * 1.48 = 3 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 4- ого этапа в календарных днях

$$T_{k4} = 9 * 1.48 = 13 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 5- ого этапа в календарных днях

$$T_{k5} = 14 * 1.48 = 21 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 6- ого этапа в календарных днях

$$T_{k6} = 10 * 1.48 = 15 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 7- ого этапа в календарных днях

$$T_{k7} = 1 * 1.48 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 8- ого этапа в календарных днях

$$T_{k8} = 6 * 1.48 = 9 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 9- ого этапа в календарных днях

$$T_{k9} = 1 * 1.48 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 10- ого этапа в календарных днях

$$T_{k10} = 19 * 1.48 = 28 \text{ кал. дн.}$$

Полученные временные показатели проведения научного исследования сведем в таблицу 5.5

Таблица 5.5 – Временные показатели проведения научного исследования

| № | Название | Трудоёмкость работ | | | Исполнители | Длительность | Длительность работ в календарных днях, |
|----|---|--------------------|--------------|-------------------|-------------------------------|--------------|--|
| | | t_{\min} , | t_{\max} , | $t_{\text{ож}}$, | | | |
| 1 | Выбор направления исследования | 1 | 3 | 1,8 | Научный руководитель, студент | 1 | 1 |
| 2 | Составление и утверждение темы магистерской диссертации | 2 | 4 | 2,8 | Научный руководитель, студент | 1 | 1 |
| 3 | Составление календарного плана-графика выполнения магистерской диссертации | 2 | 3 | 2,4 | Научный руководитель | 2 | 3 |
| 4 | Изучение литературы по теме магистерской диссертации (нормативные источники, учебники, учебные пособие, периодика, электронные источники) | 7 | 12 | 9 | Студент | 9 | 13 |
| 5 | Сбор, анализ, систематизация информации по теме магистерской диссертации | 12 | 17 | 14 | Студент | 14 | 21 |
| 6 | Написание теоретической части магистерской диссертации | 7 | 15 | 10,2 | Студент | 10 | 15 |
| 7 | Подведение промежуточных итогов | 1 | 4 | 2,2 | Научный руководитель, студент | 1 | 1 |
| 8 | Выполнение практической части магистерской диссертации | 7 | 18 | 11,4 | Студент | 6 | 9 |
| 9 | Оценка и анализ полученных результатов | 2 | 3 | 2,4 | Научный руководитель, студент | 1 | 1 |
| 10 | Оформление расчетно-пояснительной записки магистерской диссертации | 15 | 25 | 19 | Студент | 19 | 28 |

На основе таблицы 5.5 строим календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

| № работ | Вид работ | Исполнители | T _{кi} , кал. дн. | Продолжительность выполнения работ | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|------|---|
| | | | | февр. | | март | | | Апрель | | | май | | | июнь | |
| | | | | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| 1 | Выбор направления исследования | Науч.руководитель, студент | 1 | ■ | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Составление и утверждение темы магистерской диссертации | Науч.руководитель, студент | 1 | | ■ | | | | | | | | | | | |
| 3 | Составление календарного плана-графика выполнения магистерской диссертации | Науч.руководитель | 3 | | | ■ | | | | | | | | | | |
| 4 | Изучение литературы по теме магистерской диссертации (нормативные источники, учебники, учебные пособие, периодика, электронные источники) | Студент | 13 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| 5 | Сбор, анализ, систематизация информации по теме магистерской диссертации | Студент | 21 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| 6 | Написание теоретической части магистерской диссертации | Студент | 15 | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| 7 | Подведение промежуточных итогов | Науч.руководитель, студент | 1 | | | | | | | | | ■ | | | | |
| 8 | Выполнение практической части магистерской диссертации | Студент | 9 | | | | | | | | | | ■ | | | |

5.3.1 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

5.3.2 Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данного научного исследования необходимы материалы, которые указаны в таблице 5.7

Таблица 5.7 – Материальные затраты

| Наименование | Единица измерения | Количество | Цена за ед., руб. | Затраты на материалы, (З _м), руб. |
|----------------------|-------------------|------------|-------------------|---|
| Бумага | лист | 200 | 2 | 400 |
| Ручка | шт. | 2 | 20 | 40 |
| Карандаш | шт. | 2 | 15 | 30 |
| Маркер цветной | шт. | 4 | 40 | 160 |
| Скрепки канцелярские | упаковка | 2 | 35 | 70 |
| Мультифора | шт. | 16 | 2 | 38 |
| Картридж | шт. | 2 | 900 | 1800 |
| Итого | | | | 2538 2050 1550 |

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата научного руководителя и студента включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (19)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (15 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) научного руководителя и студента рассчитана по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (20)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (21)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p \quad (22)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

k_p – районный коэффициент.

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$З_m = 36800 * (1 + 0,3 + 0,28) * 1,3 = 76544$$

Месячный должностной оклад инженера (дипломника), руб.:

$$З_m = 17000 * (1 + 0,2 + 0,15) * 1,3 = 30940$$

Таблица 5.8 – Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени | Руководитель темы | Инженер (дипломник) |
|--|----------------------|------------------------|
| Календарное число дней | 365 | 365 |
| Количество нерабочих дней | | |
| - выходные дни | 104 | 104 |
| - праздничные дни | 14 | 14 |
| Потери рабочего времени | | |
| - отпуск | 28 | 28 |
| - невыходы по болезни | 15 | 5 |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 204 | 214 |

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$З_{дн} = \frac{76544 * 10,4}{204} = 3902$$

Среднедневная заработная плата студента, руб.:

$$З_{дн} = \frac{30940 * 11,2}{214} = 1619$$

Рассчитаем рабочее время:

Руководитель: $T_r=10$ раб.дней

Студент: $T_r=48$ раб.дней

Основная заработная плата научного руководителя составила:

$$З_{осн} = 3902 * 10 = 39020 \text{руб.}$$

Основная заработная плата студента составила:

$$З_{осн} = 1619,29 * 48 = 77726 \text{руб.}$$

Таблица 5.9 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и студента

| Исполнители | $З_{тс}$, руб. | $k_{пр}$ | k_d | k_p | $З_m$, руб. | $З_{дн}$, руб. | T_r , раб. дн. | $З_{осн}$, руб. |
|-------------------------|--------------------|----------|-------|-------|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Научный руководитель | 36800 | 0,3 | 0,3 | 1,3 | 76544 | 3902 | 6 | 23412 |

Продолжение таблицы 5.9

| | | | | | | | | |
|------------------------|-------|-----|-----|-----|-------|------|----|--------|
| Студент | 17000 | 0,2 | 0,2 | 1,3 | 30940 | 1619 | 48 | 77726 |
| Итого $Z_{\text{осн}}$ | | | | | | | | 101138 |

5.3.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (23)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты, 0,12;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 5.10 – Дополнительная заработная плата исполнителей НИИ

| Заработная плата | Руководитель | Студент |
|-------------------------|--------------|---------|
| Основная зарплата | 23412 | 77726 |
| Дополнительная зарплата | 2810 | 9327 |
| Итого, руб | 113275 | |

5.3.5 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (24)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,22 * 130755 = 33983 \text{ руб}$$

5.3.6 Накладные расходы

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}} \quad (25)$$

Накладные расходы составили:

$$Z_{\text{накл}} = 175520 \times 0,16 = 23967 \text{руб}$$

5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанные выше величины затрат научно-исследовательской работы представляет собой основу формирования бюджета затрат проекта. В таблице 5.11 отражены сводные показатели, которые формируют бюджет затрат магистерской диссертации.

Таблица 5.11 – Расчет бюджета затрат магистерской диссертации

| Наименование статьи | Сумма, руб. | Доля от общих затрат, % |
|---|----------------|----------------------------|
| 1. Материальные затраты НТИ | 2538 | 1,46 |
| 2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы | 101138 | 58,2 |
| 3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 12137 | 6,98 |
| 4. Отчисления на социальные нужды | 33983 | 19,6 |
| 5. Накладные расходы | 23967 | 13,8 |
| 6. Бюджет затрат НТИ | 173763 | 100 |

5.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение ресурсной эффективности исследования проводится на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Для этого экспертом определяются критерии оценки, по которым оцениваются разрабатываемый проект и аналог.

Таблица 5.12 – Сравнительная эффективность разработки

| Критерий оценки | Вес критерия | Разработка | Аналог |
|--|--------------|------------|--------|
| 1. Простота эксплуатации | 0,06 | 4 | 4 |
| 2. Зона защиты | 0,09 | 5 | 2 |
| 3. Геометрия зоны защиты | 0,09 | 5 | 1 |
| 4. Устойчивость к климатическому воздействию | 0,07 | 4 | 4 |
| 5. Надежность | 0,07 | 3 | 4 |
| 6. Огнеустойчивость | 0,06 | 3 | 3 |
| 7. Безопасность (электромагнитное воздействие) | 0,08 | 4 | 2 |
| 8. Монтаж | 0,07 | 4 | 3 |
| 9. Заземлители (длина контура) | 0,04 | 5 | 3 |
| 10. Внешний облик | 0,03 | 4 | 2 |
| 11. Конкурентоспособность продукта | 0,06 | 5 | 3 |
| 12. Послепродажное обслуживание | 0,07 | 3 | 4 |
| 13. Цена | 0,09 | 2 | 4 |
| 14. Предполагаемый срок эксплуатации | 0,08 | 4 | 4 |
| 15. Срок выхода на рынок | 0,04 | 4 | 4 |
| Итого | 1 | | |

Интегральный показатель ресурсоэффективности проекта равен 3,94.

Интегральный показатель ресурсоэффективности аналога 3,14.

Следовательно, сравнительная эффективность проекта составила 0,8.

Данный анализ доказывает, что разрабатываемый проект более эффективен, чем представленный аналог

5.5 Вывод

Данная работа имеет высокую эффективность и большой потенциал реализации в области защиты ЧС. Так как применение активной молниезащиты позволит исключить одну из наиболее вероятных причин взрыва на площадке ОПО Томской ГРЭС–2 и значительно сократить риск развития ЧС, тем самым понизить уровень потенциально возможных разрушений промышленных объектов, жилых зданий и гибели людей. Полученная информация может представлять большой интерес для Главного управления МЧС России по Томской области.

В ходе выполнения работы над данным разделом была проведена оценка коммерческого потенциала активной молниезащиты. Расчетным путем было доказано, что, не смотря на более высокую себестоимость, активная молниезащита будет более эффективна по сравнению с пассивной.

Для выполнения данной исследовательской работы необходимо провести ключевых 10 этапов, позволяющие построить диаграмму Ганта, которая наглядно отражает продолжительность исследования во времени. Общая продолжительность исследования составила 64 дня.

Проведенный расчет стоимости НТИ показал, что общая стоимость составляет 173763 рубля.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность – ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях.

В работе рассматривается трансформаторная подстанция, расположенная на территории Томской ГРЭС–2. Проведение анализа условий труда рабочей зоны электромонтера по обслуживанию трансформаторных подстанций.

Анализируя рабочую зону электромонтера по обслуживанию трансформаторной подстанции были рассмотрены вредные и опасные факторы оказывающие негативное влияние на электромонтера по обслуживанию трансформаторных подстанций, факторы способные привести к развитию ЧС на данном объекте, а так же факторы оказывающие воздействие на окружающую среду.

Силовые трансформаторы относятся к основному оборудованию систем электроснабжения промышленных предприятий.

Продолжительность срока эксплуатации силовых трансформаторов напрямую зависит от срока службы изоляционных материалов, которые используются в конструкции трансформатора.

Продолжительные температурные, химические и динамические воздействия вызывают старение изоляционных материалов, что приводит к

снижению электрической прочности и изменению механических характеристик. В конечном итоге силовой трансформатор выходит из строя. При этом возможен взрыв трансформаторного масла или самого трансформатора и как следствие пожар.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Распределительные подстанции служат для приема электрической энергии, ее преобразования и распределения потребителям или другим подстанциям.

На подстанциях расположено большое количество различного электрического оборудования и устройств, которые обеспечивают бесперебойную работу данного оборудования, и защищают его от повреждения в случае возникновения аварийных ситуаций - силовые и измерительные трансформаторы, высоковольтные, разъединители, выключатели нагрузки, отделители и короткозамыкатели, высоковольтные предохранители, разрядники, конденсаторные батареи, реакторы, устройства релейной защиты и автоматики.

Для того чтобы обеспечить надежную работу данного объекта необходимо постоянно осуществлять контроль над режимом работы и в случае возникновения каких-либо отклонений от нормального режима работы принимать оперативные меры по его нормализации.

Обслуживание подстанции осуществляется электромонтерами по обслуживанию подстанций. Анализируя основные обязанности электромонтера по обслуживанию трансформаторной подстанции, которые изложены в ТИ Р М-068-2002 «Типовая инструкция по охране труда для электромонтера по обслуживанию подстанций», к ним относятся:

1. контроль над режимом работы оборудования, который осуществляет в течение своей смены, постоянно контролирует режим работы как отдельных элементов оборудования и устройств, так и подстанции в целом. Он фиксирует нагрузку по отходящим присоединениям, питающих потребителей или смежные

2. подстанции, напряжение на шинах всех классов напряжения, частоту рабочей сети; осуществляет контроль над различными устройствами и приспособлениями (зарядные агрегаты аккумуляторной батареи подстанции, обогрев и устройства охлаждения оборудования, устройства связи);

3. ликвидация аварий и технологических нарушений;

4. осуществление оперативного обслуживания подстанции: оперативные переключения в режимных целях, а также для вывода оборудования в ремонт;

5. участие в организации безопасного выполнения работ, в частности выполнение работ по подготовке рабочих мест и допуска бригад к выполнению работ на территории подстанции.

Сложность работы и величина ответственности зависит от величины подстанции и категории потребителей.

6.2 Производственная безопасность

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»[32]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представить в виде таблицы.

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные факторы электромонтера трансформаторной подстанции

| Факторы | Нормативный документ |
|---|--|
| Неудовлетворительное освещение | СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* |
| Воздействие электромагнитных полей | РД 34.03.601 |
| Работа на высоте | Правила ПОТ РМ-012-2000 |
| Неудовлетворительные метеорологические условия рабочей зоны | СН 245-63 |

6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

6.2.1.1 Электробезопасность

Опасность поражения электрическим током зависит от окружающей среды и обстановки. Сырость, жара, едкие пары и газы, токопроводящая пыль разрушающе действуют на изоляцию электроустановок, значительно снижают ее сопротивление. Создается опасность перехода напряжения на нетоковедущие части электрооборудования (корпуса, станины, кожухи), с которыми работающий находится в контакте.

Опасность усугубляется наличием токопроводящих полов и близко расположенных к оборудованию металлических заземленных предметов: при одновременном прикосновении к этим предметам и корпусам электрооборудования, случайно оказавшимися под напряжением.

Открытая трансформаторная подстанция относится к III классу особо опасные помещения, так как территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током эти территории приравниваются к особо опасным помещениям.

Анализируя потенциально возможные непосредственные причины поражения электрическим током на трансформаторной подстанции с целью обеспечения безопасности на объекте необходимо использовать средства общетехнические, специальные и средства индивидуальной защиты.

Общетехнические средства защиты:

- Рабочая изоляция
- Для оценки изоляции используют сопротивление изоляции с нагрузкой и без нагрузки.
- Двойная изоляция
- Ограничение доступа к токоведущим частям (кожухи, корпуса, заглушки и т.п.)

- Защитные блокировки
 - Пониженное напряжение в сети
 - Предупредительная маркировка
- Специальные средства защиты:
- Заземление (при заземлении снижается напряжение между корпусом под напряжением и землей)
 - Зануление(при занулении срабатывает токовая защита при замыкании на корпус)
 - Защитное заземление (при защитном отключении электроустановка преднамеренно обесточивается)

Средства индивидуальной защиты:

- Перчатки диэлектрические
- Коврик диэлектрический
- Галоши диэлектрические

При правильной практической эксплуатации, указанные технические меры защиты при работе в электрических установках – риск электротравматизма минимальный.

6.2.1.2 Неудовлетворительное освещение рабочей зоны

Неудовлетворительное освещение часто служит причиной производственного травматизма.

При недостаточном освещении рабочей зоны следует применять комбинированное освещение.

Переносные светильники должны применяться только заводского изготовления. У ручного переносного светильника должна быть металлическая сетка, крючок для подвески и шланговый провод с вилкой.

Освещение трансформаторных подстанций с помощью ламп накаливания и люминесцентных ламп и помещений станций управления: 1 - НСП11 с лампами накаливания мощностью 150 Вт; 2 - ЛПО03х40 без рассеивателя; 3 - ЛСО05-2х40.

Нормой освещенности открытой площадки считается не менее 10 лк.

Для обеспечения электробезопасности при обслуживании светильников расстояние между ними и открытыми токоведущими частями в установках до 1000 В рекомендуется принимать не менее 0,7 м в любом направлении.

На открытых территориях следует применять лампы типа: ДРЛ, ксеноновые ДКСТ, кварцевые галогенные КГ.

Для освещения мест производства работ на открытых территориях применяются осветительные приборы прожекторного типа и светильники наружного освещения с газоразрядными источниками света и лампами накаливания.

Эксплуатация осветительных установок должна обеспечивать постоянство количественных и качественных показателей освещения, рациональное использование электроэнергии при минимуме эксплуатационных расходов.

6.2.1.3 Повышенная напряженность электромагнитных полей

Электромагнитные поля, создаваемые электросетевыми объектами, не должны превышать допустимые уровни напряженности поля на различных частотах, приведенные в ГОСТ 22012.(см.табл.ниже).

Таблица 6.2 – Допустимые уровни напряженности электромагнитных полей

| Частота, F, МГц | 00,15 | 00,25 | 00,5 | 1 | 11,5 | 33 | 110 | 220 | 30-1000 |
|---|-------|-------|------|----|------|----|-----|-----|---------|
| Допустимый уровень поля, Еп.доп, дБ | 448 | 446 | 443 | 38 | 35 | 30 | 20 | 12 | 30 |

В ОРУ напряжением и выше находиться без средств защиты в зоне влияния электрического поля напряженностью выше 5 кВ/м можно ограниченное время.

Для защиты от воздействия электрического поля напряженностью выше 5 кВ/м более допустимого времени необходимо применять индивидуальный экранирующий комплект одежды, кроме случаев, когда возможно прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

При работе в зоне влияния электрического поля необходимо ограничивать время пребывания в этой зоне в зависимости от уровня напряженности электрического поля или применять экранирующие устройства либо экранирующие комплекты одежды.

Переносные и передвижные экранирующие устройства должны быть заземлены на месте их установки гибким медным проводом сечением не менее 100 кв. мм. При работах на изолирующем основании или связанных с прикосновением к заземленным конструкциям рукой экранирующая одежда должна заземляться гибким проводником сечением 10 кв. мм.

6.2.1.4 Работа на высоте

Опасным фактором работ на высоте является расположение рабочего места на высоте от земли, пола или другой поверхности и связанная с этим возможность падения работника с высоты или падения предметов на работника.

К работе на высоте на открытой распределительной трансформаторной подстанции относится по следующим критериям:

- возможность падения работника;
- высота объекта;
- способ подъема на высоту;
- расположенные рядом объекты;
- объекты, расположенные внизу.

При работе на высоте более 1,8 м над уровнем земли, пола, площадки необходимо применять предохранительный пояс.

Для защиты головы от ударов случайными предметами в помещениях с действующим энергооборудованием, в закрытых распределительных устройствах (ЗРУ), открытых распределительных устройствах (ОРУ), колодцах, камерах, каналах и туннелях, строительных площадках и ремонтных зонах необходимо носить защитную каску, застегнутую подбородным ремнем.

Работать на переносных лестницах и стремянках не допускается, если требуется:

- применять переносный электроинструмент;
- осуществлять натяжение проводов;
- поддерживать на высоте тяжелые предметы.

При работе на высоте основным средством, предохраняющим работника от падения, являются: ИСС. Для защиты головы работника применяются каски. На руках перчатки. Так же применяются защитные рабочие костюмы, обувь с защитным подноском. Все применяемые СИЗ должны иметь сертификаты качества, быть проверенным каждый день перед работой.

При соблюдении мер защиты при работе на высоте, риск возникновения травматизма сводится к минимуму.

6.2.1.5 Неудовлетворительные метеорологические условия рабочей зоны

Производственный микроклимат или метеорологические условия, определяются состоянием температуры, влажности и движения воздуха производственных помещений, а также тепловым излучением от нагретого оборудования и обрабатываемых материалов.

Производственный микроклимат, как правило, отличается большой изменчивостью, неравномерностью по горизонтали и вертикали, разнообразием сочетаний температуры и влажности движения воздуха и интенсивности излучения. Многообразие это определяется особенностями технологии

производства, климатическими особенностями местности, конфигурацией зданий, организацией воздухообмена с внешней атмосферой и т. п.

В зависимости от энергозатрат работа электромонтера по обслуживанию трансформаторной подстанции относится к категории II (2б), так как работа выполняется сидя, стоя, при ходьбе с переносом тяжести до 10 кг, при этом расход энергии 150-250 ккал/час.

При работе на открытой трансформаторной подстанции в холодный период года необходимо:

- 1) ограничить продолжительность работ;
- 2) организовать перерывы для обогрева и отдыха, которые включены в рабочее время;
- 3) в помещениях с большим объемом использование лучистого обогрева отдельных рабочих мест;
- 4) использование спецодежд для защиты от холода.

Представленная таблица 6.3 отображает общую картину производственных факторов при эксплуатации трансформаторной подстанции, расположенной на ГРЭС-2, а так же его носителя этого фактора и возможные последствия воздействий с средствами технической защиты и локализации опасного фактора.

Таблица 6.3 – производственные факторов при эксплуатации трансформаторной подстанции ГРЭС-2

| Наименование факторов | Носитель опасного фактора | Круг лиц, на которых возможно воздействие фактора | Возможные последствия воздействия | Средства технической защиты и локализации опасного фактора, ГОСТы |
|-------------------------------|----------------------------|---|--|---|
| Поражение электрическим током | Токоведущие части станции. | Оперативный, ремонтный и обслуживающий персонал. | Ожоги, электротравмы, иногда летальный исход | Защитное заземление оборудования, выполнение требований Межотраслевых правил безопасности устройства электроустановок, ПУЭ. |

Продолжение таблицы 6.3

| | | | | |
|------------------------------------|---|--|---|--|
| Пожароопасность | Трансформаторы, масляные выключатели, территории ОРУ, ЗРУ, ОПУ, кабели. | Оперативный, ремонтный и обслуживающий персонал. | Ожоги, травмы, иногда летальный исход | Соблюдение норм и правил пожарной безопасности, установка пожарных щитов с ведрами, лопатами баграми, топорами, ящиков с песком, объемом не менее 0,25 м ² , огнетушителей ОХП, ОХП – 10, ОУ – 8. |
| Вредные выделения | Трансформаторное масло и пары. | Ремонтный и обслуживающий персонал. | Отравления, головная боль, тошнота, рвота, утомление. | Применение средств индивидуальной защиты. Соблюдение правил ТБ при эксплуатации электрооборудования. |
| Воздействие электромагнитного поля | ОРУ 110 кВ, ОРУ 220 кВ. | Ремонтный и обслуживающий персонал. | Головные боли, общее ухудшение самочувствия, тошнота. | Экранирующие устройства, на территории ОРУ 110 и 220кВ – экранирующие костюмы. Кратковременное пребывание на территории ОРУ 110 и ОРУ 220кВ. |

Электромонтер должен работать в спецодежде и применять средства защиты, выдаваемые в соответствии с действующими отраслевыми нормами.

Электромонтеру бесплатно выдаются согласно отраслевым нормам следующие средства индивидуальной защиты:

- полукombineзон хлопчатобумажный - на 1 год;
- каска защитная - на 2 года;
- рукавицы комбинированные - на 3 мес.;
- галоши диэлектрические - дежурные;
- перчатки диэлектрические - дежурные.

При выдаче двойного сменного комплекта спецодежды срок носки удваивается.

В зависимости от характера работ и условий их производства электромонтеру бесплатно временно выдаются дополнительная спецодежда и защитные средства для этих условий.

6.3 Экологическая безопасность

Работающая в подстанции не должна оказывать неблагоприятного влияния на атмосферу. Поэтому должны быть проведены действия, которые направлены на понижение ее негативного воздействия. Что именно в работе подстанции плохо влияет на атмосферу:

- выбросы паров серной кислоты, которая содержится в аккумуляторах;
- выбросы, возникающие при проведении пусконаладочных работ;
- испарения масел при их заливке или сливе;
- выхлопные газы автотранспорта, принадлежащего компаниям, обслуживающим трансформаторную подстанцию;
- выбросы, возникающие при варке и спайке элементов оборудования подстанций.

Прилегающие к трансформаторным подстанциям участки, которые в результате эксплуатации электроустановок утратили свою продуктивность (частично или полностью), подлежат рекультивации. Утрата продуктивности земельных участков может произойти по нескольким причинам:

- пожар на подстанции;
- разлив масла;
- взрыв оборудования;
- другие катастрофы.

Не допускается засорение земельных участков в ходе эксплуатации подстанций. После проведения строительных или ремонтных работ траншеи, ямы, находящиеся на территории объекта, должны быть засыпаны, растительный слой

грунта должен быть восстановлен. Какие элементы подстанции считаются наиболее опасными для окружающей среды:

- аккумуляторные батареи;
- замасленные сточные воды;
- компрессорное оборудование;
- трансформаторное масло, попавшее в грунт;
- батареи, установленные в статические конденсаторы;
- сточные воды, которые образуются на территории подстанции.

При техническом обслуживании и ремонте ПС следует выполнять мероприятия по:

- предотвращению попадания трансформаторного масла на рельеф местности;
- применению, где это возможно, сухих реакторов, трансформаторов и конденсаторов, оптико-электронных измерительных трансформаторов;
- соблюдению требований стандартов и санитарных норм в области:
 - электрических полей;
 - магнитных полей;
 - электростатических полей;
 - электромагнитных помех;
 - шумов.
- соблюдению требований по пожарной безопасности;
- применению взрывобезопасного оборудования;
- очистке загрязненных ливнеотоков;
- снижению уровня шума оборудования;
- обеспечению защиты персонала от воздействия электромагнитного поля;

- замене и утилизации оборудования, в котором используется трихлордифенил;
- соблюдению требований стандартов и санитарных норм ГОСТов в области обращения с отходами;
- соблюдению требований экологической безопасности и рационального природопользования.

Для обслуживания маслonaполненного оборудования должны быть организованы централизованные масляные хозяйства, оборудованные:

- резервуарами для хранения масла;
- насосами;
- поддонами для сбора проливов;
- устройствами для очистки, осушки и регенерации масел;
- емкостями для транспортировки масла.

Надежная работа технологических систем маслonaполненного оборудования; сохранение эксплуатационных свойств масел; сбор и регенерация отработанных масел в целях повторного применения по прямому назначению.

На территории ОРУ электростанций и подстанций следует осуществлять мероприятия по сбору и удалению масла (при наличии маслonaполненного оборудования) с целью исключения возможности растекания его по территории и попадания в водоемы, загрязнения почв, подземных вод и атмосферного воздуха.

Газоотводы, выхлопные и предохранительные устройства выключателей должны быть расположены так, чтобы выброс жидкости или газа был направлен в противоположную сторону от места, где может находиться обслуживающий персонал.

Осмотр аккумуляторных батарей должен производиться по графику, утвержденному техническим руководителем объекта.

После ликвидации аварии на трансформаторе весь объем стоков, собранный в маслосборнике, должен вывозиться автотранспортом на

регенерацию, а маслосборник - очищаться от следов масла. Дождевая вода из маслоприемников трансформаторов поступает в маслосборник, а из него должна вывозиться автотранспортом. После очистки дождевые воды отводятся в коллектор хозяйственно-бытовой или ливневой канализации, а при отсутствии последних – на рельеф. В случае загрязнения грунтов нефтепродуктами, загрязненный грунт должен сниматься и вывозиться автотранспортом на специализированный полигон

Для предотвращения загрязнения трихлордифенилом целесообразно применять конденсаторы, использующие в качестве жидкого диэлектрика экологически безопасные вещества.

Должны быть предусмотрены:

- засыпка гравием приемных стоков маслоотводов в маслоприемниках под трансформаторами при его открытой установке;
- сигнализация наполнения маслосборников водой;
- средства удаления из маслосборников воды;
- маслонаполненные устройства под выключателями;
- специальная площадка для складирования банок конденсаторной батареи, при наличии ее на ПС, и др.

На территории подстанции должен проводиться производственный экологический контроль.

Для улучшения экологической обстановки на ПС должно систематически проводиться озеленение и благоустройство территории.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Серьезные аварии на подстанциях, явление достаточно редкое, но если они все же случаются, то их последствия могут быть чрезвычайно значительными. От отключения целых микрорайонов города, до остановки крупных промышленных предприятий. Например, подстанция 110кВ, может снабжать

электроэнергией, целый жилой квартал или завод, так как является крупным центром питания.

Анализируя возможные ЧС на трансформаторной подстанции, выявили, что наиболее вероятной ЧС является пожар в дальнейшем сопровождающийся взрывом трансформатора.

Актуальность проблемы обусловлена ощутимыми негативными последствиями экономического, социального и экологического характера при взрыве трансформаторов, регуляторов напряжения и высоковольтного маслонаполненного электрооборудования. Как свидетельствуют российская и зарубежная статистики, трансформаторы и высоковольтное маслонаполненное оборудование имеют крайне высокий риск (10^{-2}) взрыва и пожара при коротком замыкании (КЗ), что в десятки-сотни раз превышает риск аварий любых других технических систем, для которых характерен риск не более 10^{-4} .

Трансформаторная подстанция, являясь сложным технологическим объектом, должна эксплуатироваться по определенным правилам и инструкциям, электротехническим персоналом высокого уровня. Причин аварий и пожаров на подстанции много, некоторые случаются часто, некоторые случаи единичны.

Основные причины взрывопожарной ситуации на трансформаторной подстанции:

– Ошибочные действия электротехнического персонала довольно частое явление. Возникают они из-за низкой квалификации, невнимательности, нарушения оперативной дисциплины при выполнении обязанностей. Чаще всего, это такие нарушения как подача напряжения путем включения коммутационных аппаратов, на заземленные токоведущие части. Подача напряжения на неисправное или находящееся в ремонте оборудование. Отключение либо включение нагрузки, коммутационными аппаратами не предназначенными для этого. Ошибочные действия оперативного персонала при переключениях в цепях оперативного тока и цепях РЗА.

– Некачественный электромонтаж или ремонт. К этим причинам можно отнести такие недоработки как плохая регулировка приводов коммутационных аппаратов, плохо протянутые контакты, неправильно настроенная система РЗА, заводские дефекты электрооборудования. Не затянутые контакты под нагрузкой начинают греться и гореть, возникает электрическая дуга и если защиты настроены плохо возникает пожар на подстанции. Из-за плохой регулировки вката ячеек могут происходить короткие замыкания. При выкатывании ячеек на ПС-110кВ в следствии некачественного и несвоевременного ремонта нередко отрывались защитные шторки и падали на токоведущие части, что тоже приводило к короткому замыканию.

– Неисправности в сетях релейной защиты и автоматики могут быть следующие: неправильно настроенные токовые уставки, вследствие чего неселективное срабатывание защиты или ее отказ в момент короткого замыкания. Нарушение изоляции или обрывы проводов, в цепях оперативного тока, неисправность релейных или микропроцессорных блоков защиты. Из-за неисправности, неправильного и некачественного электромонтажа, в цепях РЗА, подстанция может сгореть полностью, так как показано на фото.

– Однофазные замыкания на землю в сетях 6-35кВ опасны тем, что при замыкании на землю одной из фаз, ее напряжение относительно земли снижается до нуля, в то время как напряжение "здоровых" фаз повышается до линейных. Возникающие при этом перенапряжения приводят к пробое изоляции и возникновению электрической дуги. Все это приводит к разрушению изоляторов, оплавлению шин и проводов. Поэтому нельзя допускать длительной работы электрооборудования с "землей в сети" необходимо принимать меры по отысканию и отключению поврежденного участка.

– Грозовые и коммутационные перенапряжения в электрических сетях, могут стать причиной повреждения изоляции электрооборудования. Поэтому устройства грозозащиты подстанций и линий электропередач, должны быть в

исправном состоянии и проходить регулярные проверки, в установленные нормативами сроки.

– Последствия аварий на трансформаторных подстанциях могут быть очень тяжелыми. Как уже было сказано выше, при крупных авариях большое количество потребителей остается без электроэнергии. Такие потребители как больницы, общественный электротранспорт, объекты коммунального хозяйства, промышленные предприятия, центры связи, светофорные объекты и т.д. Все это связано с большими финансовыми затратами и волной негодования среди населения. В считанные секунды наступает хаос, в ходе которого даже могут произойти несчастные случаи.

Чтобы это предотвратить взрывы трансформаторов в первую очередь нужно соблюдать разработанные инструкции на предприятии по охране труда при эксплуатации трансформаторов, соблюдать от начала до конца все требования безопасности перед началом работы, во время работы и по окончании работ.

Не эксплуатировать трансформатор без масла или при понижении уровня масла в расширителе ниже температурной отметки.

Не эксплуатировать трансформатор при несоответствии отобранного масла нормам качества по результатам физико-химического анализа.

Использовать более качественные материалы изоляции, или увеличить их выносливость при высоких температурах и мощностях.

Трансформаторы по возможности устанавливать в закрытых помещениях.

Охлаждающее масло должно быть мало воспламеняемым.

Мероприятия, обеспечивающие пожарную безопасность трансформаторов, можно разделить на две группы. К первой относится мероприятие, связанное с оборудованием трансформаторов аппаратами защиты и различными предохранительными устройствами. Во вторую группу входят мероприятия, связанные с рациональным размещением трансформаторов и масляных выключателей, размещением соответствующего оборудования, а также

планировкой помещения и открытых площадок и выбором средств тушения пожаров. На трансформаторах в общем случае должна предусматриваться релейная защита от повреждений и ненормальных режимов.

В случае возникновения аварийной ситуации (несчастного случая, пожара, стихийного бедствия) немедленно прекратить работу и сообщить о ситуации вышестоящему оперативному персоналу.

В случае возникновения пожара:

Оповестить всех работающих в производственном помещении и принять меры к тушению очага возгорания. Горящие части электроустановок и электропроводку, находящиеся под напряжением, следует тушить углекислотными огнетушителями.

Пожар на открытой трансформаторной подстанции относится к классу Е, так как это пожар горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением.

Первичное тушение пожара на электроустановках под напряжением проводится углекислотными огнетушителями (ОУ-2, ОУ-3, ОУ-5, ОП- 2, ОП-10) заполненными специальными, токонепроводящими, ОТВ.

Баллоны ОТ заполнены жидкой углекислотой (не проводит ток) под определенным давлением в 3,6 кПа. При активации устройства углекислота превращается в CO_2 , он охлаждает очаг горения и снижает концентрацию кислорода, который необходим для хода реакции горения.

Тушение пожара в электроустановках углекислотными ОТ проводится двумя людьми – один удерживает раструб, направляя его на очаг пожара, второй – открывает вентиль.

Ручное пожаротушение организуется в случае, если не срабатывает АСПТ.

В электроустановках из первичных средств, предназначенных для тушения пожара, используют:

- песок – для тушения мелких возгораний кабелей, электропроводки или горючих жидкостей;
- войлок или асбестовое волокно;
- огнетушители – водные, воздушно-пенные, углекислотные.

К средствам пожарной автоматики относятся:

- автоматические установки пожарной сигнализации
- автоматические установки пожаротушения;
- системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- автоматические системы противодымной защиты (дымоудаления, или приточно-вытяжной вентиляции);
- автоматические системы управления (исполнительные устройства) различным инженерным и технологическим оборудованием зданий

В соответствии с оперативной обстановкой следует действовать согласно местному оперативному плану пожаротушения.

Для защиты трансформаторов и высоковольтного маслонаполненного оборудования от взрывов и пожаров при коротких замыканиях предложен демпферный принцип гашения гидродинамической волны, возникающей в емкостях маслонаполненного оборудования при коротких замыканиях, обеспечивающий надежную защиту без необходимости сброса масла из масляного бака. Для реализации этого принципа необходимо размещение демпфирующего слоя на стенках емкости маслонаполненного электрооборудования для защиты его от разрушения при коротком замыкании.

6.5 Вывод

Целью раздела «Социальная ответственность» было рассмотрение характеристики объекта исследования и области его применения, и различных факторов влияющих на рабочих, населения и окружающую среду.

В разделе производственная безопасность проведён анализ выявленных вредных факторов на электромонтера по обслуживанию трансформаторных подстанций и представлены меры по снижению влияющих вредных факторов.

В разделе экологическая безопасность произведён анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу, литосферу и разработаны решения по обеспечению экологической безопасности.

В разделе безопасность в ЧС представлен перечень возможных ЧС на объекте, выбрана наиболее типичная ЧС для объекта, которой является пожар и как следствие взрыв трансформатора. Проведены разработки по превентивным мерам предупреждения ЧС в результате взрыва трансформатора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы были выполнены следующие задачи.

Произведен анализ действующего опасного производства Томской ГРЭС–2. Одной из площадок ОПО является трансформаторная подстанция. Была составлена вариационная модель развития взрыва на трансформаторной подстанции.

Проведены расчеты и определены зоны поражения в случае возникновения ЧС на исследуемом объекте в результате взрыва трансформатора. Из полученных данных было выполнено картирование территориального риска, которое наглядно отображает зоны поражения ударной волны в результате взрыва трансформатора.

Выполненные расчеты зоны поражений ударной волны при взрыве трансформатора, которые позволили определить последствия для объекта исследования и для города Томска в случае взрыва трансформатора.

При взрыве трансформатора примыкающие к территории ГРЭС–2 жилые и общественные объекты не получают серьезных разрушений, так же будут минимальным травмированием людей.

В результате взрыва были определены радиусы зон поражения

- радиус зоны полных разрушений – 9,7 м;
- радиус зоны сильных разрушений – 11,3684 м;
- радиус зоны средних разрушений – 13,3684 м;
- радиус зоны слабых разрушений – 16,3 м.

Время действия огненного шара при взрыве составит 11,27 с.

Так же были предложены мероприятия направленные на предупреждение развития ЧС и повышение уровня безопасности исследуемого объекта

Используемая методика расчёта территориального риска позволяет проводить анализ территориального риска для любой площадки ОПО.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Михалева С.К. Анализ безопасности работы газовой котельной в с. Моряковский Затон Томского района// Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее : сборник научных трудов VII Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 187 с

2. Михалева С.К. Анализ опасных производственных факторов при эксплуатации трансформаторов на электростанции// Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов / Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 389-391 с.

3. Михалева С.К. Факторы риска при работе трансформаторов// Всероссийская молодежная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Все грани математики и механики» : Сборник тезисов докладов / Томский государственный университет. – Томск : Изд-во Томского государственного университета, 2019.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 24291-90 «Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения»
2. Справочник по проектированию электрических сетей / Под редакцией Д. Л. Файбисовича. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006
3. Электрическая часть станций и подстанций/ Под ред. Васильева А.А.- М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.:ил.
4. Вторичный источник электропитания//Силовая электроника: краткий энциклопедический словарь терминов и определений —М.:Издательский дом МЭИ, 2008
5. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
6. ПУЭ: правила устройства электроустановок
7. РД 34.45-51.300-97 Объем и нормы испытаний электрооборудования
8. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения
9. СО 153-34.20.501-03 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации
10. Постановление Правительства РФ от 01.12.2009 N 982 (ред. от 21.02.2018)
11. РД 34.03.601 Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты
12. ПОТ Р М-012-2000 Межотраслевые правила по охране труда при работе на высоте

13. СН 245-63. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий
14. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля
15. Ремонт трансформаторов [Электронный ресурс] / – Электрические сети; – Электрон. дан. URL: <http://leg.co.ua/transformatory/praktika/remont-transformatorov.html>, свободный, – Яз. рус. Дата обращения 11.04.2019
16. Виды трансформаторов напряжения и их особенности [Электронный ресурс] / – Инженерный центр ПрофЭнергия; – Электрон. дан. URL: <https://energiatrend.ru/news/vidy-i-princip-deystviya-transformatorov-napryazheniya>, свободный, – Яз. рус. Дата обращения 27.03.2019
17. Технические характеристики трансформаторов [Электронный ресурс] / – Электрофизика; – Электрон. дан. URL: <https://energiatrend.ru/news/vidy-i-princip-deystviya-transformatorov-napryazheniya>, свободный, – Яз. рус. Дата обращения 27.04.2019
18. Эксплуатация электрооборудования. Основы электробезопасности [Электронный ресурс] / – Блог электромеханика; – Электрон. дан. URL: https://www.electroengineer.ru/2011/07/blog-post_08.html, свободный, – Яз. рус. Дата обращения 28.04.2019
19. АО Томск РТС [Электронный ресурс] / Томская ГРЭС–2; – Электрон. дан. URL: <http://energo.tom.ru/about/information/>, свободный, – Яз. рус. Дата обращения 2.04.2019
20. Акимов В.А. Надежность технических систем и техногенный риск. М.: ЗАОФИД «Деловой экспресс», 2002. 368 с.
21. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: Федер. нормы и правила в области пожарной и промышленной безопасности. Сер. 09.

Вып. 37. 2-е изд., доп. М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. 126 с.

22. Electrical substation [Электронный ресурс] / – Wikipedia; – Электрон. дан. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_substation, свободный, – Яз. рус. Дата обращения 29.04.2019

23. Schematic Diagram of Thermal Power Station [Электронный ресурс] / – EEE COMMUNITY; – Электрон. дан. URL: <http://eeecommunity.blogspot.com/2015/06/schematic-diagram-of-thermal-power.html>, свободный, – Яз. рус. Дата обращения 30.04.2019

24. М.Львов,ОАО «Холдинг МРСК». Анализ повреждаемости силовых трансформаторов напряжением 110кВ и выше. Электроэнергетика, № 1, 2012.– С.71-74.

25. Неисправности трансформаторов [Электронный ресурс] / – Силовые трансформаторы; – Электрон. дан. URL: <http://silovoytransformator.ru/stati/neispravnosti-transformatorov.htm> свободный, – Яз. рус. Дата обращения 01.05.2019

26. ТРДЦН-80000/110 – Тольяттинский Трансформатор [Электронный ресурс] / – Силовые трансформаторы; – Электрон. дан. URL: <http://silovoytransformator.ru/110kv/trdcn-80000-110.htm> свободный, – Яз. рус. Дата обращения 02.05.2019

27. Причины отказов силовых трансформаторов [Электронный ресурс] / – Студопедия; – Электрон. дан. URL: <https://studopedia.org/5-53849.html> свободный, – Яз. рус. Дата обращения 03.05.2019

28. Б.М. Степанов Обстоятельства и причины несчастных случаев на энергоустановках // Охрана труда и техника безопасности – 2004.– С.15.

29. Система защиты трансформаторов от взрыва и пожара [Электронный ресурс] / – ЭТК Оникс; – Электрон. дан. URL <http://www.etk-oniks.ru/Dempfernaya-sistema-zashhity-transformatorov-i-vysokovoltnogo-maslonapolnennogo->

elektrooborudovaniya-ot-vzryva-i-i-pozhara-pri-korotkom-zamykanii.html свободный,

– Яз. рус. Дата обращения 03.05.2019

30. Зихерман М. Х. Исследование режимов работы трансформаторов напряжения контроля изоляции / М. Х. Зихерман, С. Г. Дунайцев, В. Г. Алексеев. – Электрическистанции, 1980, № 1. – С. 56–59

31. Ю.Л. Саенко, А.С. Попов Исследование причин повреждения трансформаторов // Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь ; – 66с.

32. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ

10.03.2019 г.

№ 10/03/19

для определения расчетных величин вероятностей событий
Индивидуальный номер эксперта 10/03-007

Заказчик: _____
Адрес: _____
Контактное лицо: Михалева Снежана Константиновна
Телефон: 8-952-892-06-58 Факс : _____
e-mail: snezhana.mikhaleva@mail.ru

| Обозначение | Характеристика события | Вероятность (частота) события (год ⁻¹) |
|-------------|---|--|
| M5 | Выброс масла с разрушением стеклянной мембраны выхлопной трубы, в результате протекания сверхтоков при сквозных коротких замыканиях | 1×10^{-5} |
| M11 | Значительная разница в сопротивлениях изоляции одной и другой обмотки, а также между обмотками, в результате повреждения изолятора вывода | 1×10^{-6} |
| M12 | Значительная разница в сопротивлении изоляции обмоток при измерении их в холодном и горячем состоянии из-за влажности изоляции обмоток | 1×10^{-4} |
| M13 | Значительный разброс показаний приборов на разных ступенях переключателя при плохом контакте в переключателе вследствие загрязнения или оплавления поверхности контакта | 1×10^{-4} |
| M15 | Получаемые результаты не соответствуют ни одной группе соединений, так как одна из обмоток одной фазы "вывернута" (перепутано направление намотки или начало и конец обмотки) | 1×10^{-6} |
| M17 | Значительное увеличение тока х. х., из-за недоброкачественной шихтовки магнитопровода, неполного сечения верхнего ярма за счет недоукладки числа листов | 1×10^{-6} |
| M20 | Значительное повышение потерь к. з., из-за неправильного токораспределения на параллельных ветвях | 1×10^{-6} |
| M23 | Обрыв цепи, в результате отгорания отводов (выводных концов) обмотки вследствие низкого качества соединения или электродинамических усилий при к. з. | 1×10^{-5} |
| M24 | Отсутствие контакта при нарушении регулировки | 1×10^{-6} |

| | | |
|-----|---|----------------------|
| | переключающего устройства | |
| M25 | Оплавление контактной поверхности, в результате термического воздействия сверхтоков на контакт при к.з. | 1×10^{-4} |
| M27 | Перекрытие между вводами отдельных фаз, при набросе постороннего предмета | 1×10^{-8} |
| M30 | Срабатывание реле газовой защиты при отсутствии повреждений в трансформаторе (ложное срабатывание), из-за резкого повышения или понижение уровня масла вследствие быстрого нагрева или охлаждения масла | 1×10^{-4} |
| B1 | Естественное старения изоляции | 1×10^{-6} |
| B2 | Систематические перегрузки | 1×10^{-6} |
| B3 | Динамические усилия при коротких замыканиях | 1×10^{-6} |
| B4 | Не обнаруженные ранее трещины заводского происхождения или появившиеся при монтаже и эксплуатации | 1×10^{-8} |
| B5 | Набросы посторонних предметов | 1×10^{-8} |
| B6 | Перекрытие между вводами различных фаз | 1×10^{-8} |
| B7 | Недоброкачественный сварной шов | 4×10^{-4} |
| B8 | Недостаточное уплотнение в месте установки прокладки | 4.4×10^{-4} |
| B9 | Витковое замыкание в обмотке | 1×10^{-6} |
| B10 | Замыкание на корпус (пробой) | 1×10^{-6} |
| B11 | Выгорание контактной поверхности переключателя | 1×10^{-6} |
| B12 | "Пожара стали", возникшего в результате циркуляции больших токов, вызванных образовавшимся замкнутым контуром | 1×10^{-6} |
| B13 | Междуфазное короткое замыкание | 1×10^{-5} |
| B14 | Внутренних или внешние перенапряжения | 1×10^{-6} |
| B15 | Пробой на корпус вводов трансформатора | 1×10^{-6} |
| B16 | Перекрытие между фазами вследствие наброса или других причин | 1×10^{-6} |
| B17 | Неправильное присоединение отводов к зажимам переключателя | 1×10^{-7} |
| B18 | Плохой контакт на присоединениях выводов | 1×10^{-4} |
| B19 | Плохой контакт в пайках | 1×10^{-5} |
| B20 | Витковое замыкание в обмотке | 1×10^{-6} |
| B21 | Наличие замкнутого контура через стяжные болты и прессующие плиты | 1×10^{-6} |
| B22 | Неправильное включение параллельных обмоток | 1×10^{-6} |
| B23 | Плохая изоляция между листами стали магнитопровода | 1×10^{-6} |
| B24 | Начавшийся процесс "пожара стали" | 1×10^{-6} |
| B25 | Плохой контакт на перемычке, закорачивающей выводы обмоток | 1×10^{-6} |
| B26 | Плохой контакт на выводах или переключателе | 1×10^{-6} |
| B27 | Плохой контакт в схеме обмоток или в переключателе со стороны питания | 1×10^{-6} |
| B28 | Естественное старение и износ изоляции | 1×10^{-6} |
| B29 | Систематические перегрузки трансформатора | 1×10^{-6} |
| B30 | Динамические усилия при. сквозных к.з | 1×10^{-5} |
| B31 | Старение изоляции, увлажнение масла и понижение его уровня | 1×10^{-1} |

| | | |
|-----|--|--------------------|
| V32 | Внутренние и внешние перенапряжения | 1×10^{-6} |
| V33 | Деформация обмоток вследствие протекания сверхтоков при сквозных к. з. | 1×10^{-5} |
| V34 | Трещины в изоляторах. Попадание влаги внутрь мастико-наполненных вводов | 1×10^{-8} |
| V35 | Понижение уровня масла в трансформаторе при одновременном загрязнении внутренней поверхности изоляторов | 1×10^{-6} |
| V36 | Нарушение изоляции между отдельными листами стали или стяжных болтов | 1×10^{-6} |
| V37 | Слабая прессовка стали | 1×10^{-6} |
| V38 | Образование короткозамкнутого контура при повреждении изоляционных прокладок между ярмом и стержнями магнитопровода у стыковых трансформаторов | 1×10^{-6} |
| V39 | Образование короткозамкнутого контура при выполнении заземления магнитопровода со стороны выводов обмоток ВН и НН | 1×10^{-6} |
| V40 | Плохое качество сварки или нарушение сварного шва от механических воздействий | 1×10^{-5} |
| V41 | Недостаточно притерта пробка в корпусе крана | 1×10^{-6} |
| V42 | Низкое качество прокладок и уплотнений в местах фланцевых соединений | 1×10^{-5} |
| V43 | На работающем трансформаторе не была включена газовая защита | 1×10^{-6} |
| V44 | Заедание поплавков в камере. Неудовлетворительное состояние контактов реле | 1×10^{-6} |

Примечание:

Дополнительные данные:

Дата
заполнения: _____ *Подпись:* _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПРОТОКОЛ

10.03.2019 г.

№ 10/03

собрания экспертной комиссии для определения расчетных величин вероятностей событий

Заказчик:

Адрес:

Контактное

Михалева Снежана Константиновна

лицо:

Телефон:

8-952-892-06-58

Факс:

e-mail:

snezhana.mikhaleva@mail.ru

Председатель: Амелькович Ю.А

(Ф.И.О.)

Секретарь: Михалева С.К

(Ф.И.О.)

Присутствовали: эксперты по электробезопасности в количестве 10 чел. (список прилагается в Приложении В).

ПОВЕСТКА ДНЯ:

1. Об определении величин вероятностей возникновения событий:

| | |
|-----|---|
| M5 | Выброс масла с разрушением стеклянной мембраны выхлопной трубы, в результате протекания сверхтоков при сквозных коротких замыканиях |
| M11 | Значительная разница в сопротивлениях изоляции одной и другой обмотки, а также между обмотками, в результате повреждения изолятора вывода |
| M12 | Значительная разница в сопротивлении изоляции обмоток при измерении их в холодном и горячем состоянии из-за влажности изоляции обмоток |
| M13 | Значительный разброс показаний приборов на разных ступенях переключателя при плохом контакте в переключателе вследствие загрязнения или оплавления поверхности контакта |
| M15 | Получаемые результаты не соответствуют ни одной группе соединений, так как одна из обмоток одной фазы "вывернута" (перепутано направление намотки или начало и конец обмотки) |
| M17 | Значительное увеличение тока х. х., из-за недоброкачественной шихтовки магнитопровода, неполного сечения верхнего ярма за счет недоукладки числа листов |
| M20 | Значительное повышение потерь к. з., из-за неправильного токораспределения на параллельных ветвях |
| M23 | Обрыв цепи, в результате отгорания отводов (выводных концов) обмотки |

| | |
|-----|---|
| | вследствие низкого качества соединения или электродинамических усилий при к. з. |
| M24 | Отсутствие контакта при нарушении регулировки переключающего устройства |
| M25 | Оплавление контактной поверхности, в результате термического воздействия сверхтоков на контакт при к.з. |
| M27 | Перекрытие между вводами отдельных фаз, при набросе постороннего предмета |
| M30 | Срабатывание реле газовой защиты при отсутствии повреждений в трансформаторе (ложное срабатывание), из-за резкого повышения или понижение уровня масла вследствие быстрого нагрева или охлаждения масла |
| V1 | Естественное старения изоляции |
| V2 | Систематические перегрузки |
| V3 | Динамические усилия при коротких замыканиях |
| V4 | Не обнаруженные ранее трещины заводского происхождения или появившиеся при монтаже и эксплуатации |
| V5 | Набросы посторонних предметов |
| V6 | Перекрытие между вводами различных фаз |
| V7 | Недоброкачественный сварной шов |
| V8 | Недостаточное уплотнение в месте установки прокладки |
| V9 | Витковое замыкание в обмотке |
| V10 | Замыкание на корпус (пробой) |
| V11 | Выгорание контактной поверхности переключателя |
| V12 | "Пожара стали", возникшего в результате циркуляции больших токов, вызванных образовавшимся замкнутым контуром |
| V13 | Междуфазное короткое замыкание |
| V14 | Внутренних или внешние перенапряжения |
| V15 | Пробой на корпус вводов трансформатора |
| V16 | Перекрытие между фазами вследствие наброса или других причин |
| V17 | Неправильное присоединение отводов к зажимам переключателя |
| V18 | Плохой контакт на присоединениях выводов |
| V19 | Плохой контакт в пайках |
| V20 | Витковое замыкание в обмотке |
| V21 | Наличие замкнутого контура через стяжные болты и прессующие плиты |
| V22 | Неправильное включение параллельных обмоток |
| V23 | Плохая изоляция между листами стали магнитопровода |
| V24 | Начавшийся процесс "пожара стали" |
| V25 | Плохой контакт на перемычке, закорачивающей выводы обмоток |
| V26 | Плохой контакт на выводах или переключателе |
| V27 | Плохой контакт в схеме обмоток или в переключателе со стороны питания |
| V28 | Естественное старение и износ изоляции |
| V29 | Систематические перегрузки трансформатора |
| V30 | Динамические усилия при. сквозных к.з |
| V31 | Старение изоляции, увлажнение масла и понижение его уровня |
| V32 | Внутренние и внешние перенапряжения |
| V33 | Деформация обмоток вследствие протекания сверхтоков при сквозных к. з. |
| V34 | Трещины в изоляторах. Попадание влаги внутрь мастико-наполненных |

| | ВВОДОВ |
|-----|--|
| V35 | Понижение уровня масла в трансформаторе при одновременном загрязнении внутренней поверхности изоляторов |
| V36 | Нарушение изоляции между отдельными листами стали или стяжных болтов |
| V37 | Слабая прессовка стали |
| V38 | Образование короткозамкнутого контура при повреждении изоляционных прокладок между ярмом и стержнями магнитопровода у стыковых трансформаторов |
| V39 | Образование короткозамкнутого контура при выполнении заземления магнитопровода со стороны выводов обмоток ВН и НН |
| V40 | Плохое качество сварки или нарушение сварного шва от механических воздействий |
| V41 | Недостаточно притерта пробка в корпусе крана |
| V42 | Низкое качество прокладок и уплотнений в местах фланцевых соединений |
| V43 | На работающем трансформаторе не была включена газовая защита |
| V44 | Заедание поплавков в камере. Неудовлетворительное состояние контактов реле |

Обобщение и анализ данных были проведены Председателем РГ:

_____ (Ф. И.О., должность)

_____ (Подпись)

ПОСТАНОВИЛИ:

Принять за вероятности возникновения событий следующие значения:

| Обозначение | Характеристика события | Вероятность (частота) события (год ⁻¹) |
|-------------|---|--|
| M5 | Выброс масла с разрушением стеклянной мембраны выхлопной трубы, в результате протекания сверхтоков при сквозных коротких замыканиях | 1×10^{-5} |
| M11 | Значительная разница в сопротивлениях изоляции одной и другой обмотки, а также между обмотками, в результате повреждения изолятора вывода | 1×10^{-6} |
| M12 | Значительная разница в сопротивлении изоляции обмоток при измерении их в холодном и горячем состоянии из-за влажности изоляции обмоток | 1×10^{-4} |
| M13 | Значительный разброс показаний приборов на разных ступенях переключателя при плохом контакте в переключателе вследствие загрязнения или оплавления поверхности контакта | 1×10^{-4} |
| M15 | Получаемые результаты не соответствуют ни одной группе соединений, так как одна из обмоток одной фазы "вывернута" (перепутано направление намотки или начало и конец обмотки) | 1×10^{-6} |
| M17 | Значительное увеличение тока х. х., из-за недоброкачественной | 1×10^{-6} |

| | | |
|-----|---|---------------------|
| | шихтовки магнитопровода, неполного сечения верхнего ярма за счет недоукладки числа листов | |
| M20 | Значительное повышение потерь к. з., из-за неправильного токораспределения на параллельных ветвях | 1×10^{-6} |
| M23 | Обрыв цепи, в результате отгорания отводов (выводных концов) обмотки вследствие низкого качества соединения или электродинамических усилий при к. з. | 1×10^{-5} |
| M24 | Отсутствие контакта при нарушении регулировки переключающего устройства | 1×10^{-6} |
| M25 | Оплавление контактной поверхности, в результате термического воздействия сверхтоков на контакт при к.з. | 1×10^{-4} |
| M27 | Перекрытие между вводами отдельных фаз, при набросе постороннего предмета | 1×10^{-8} |
| M30 | Срабатывание реле газовой защиты при отсутствии повреждений в трансформаторе (ложное срабатывание), из-за резкого повышения или понижение уровня масла вследствие быстрого нагрева или охлаждения масла | 1×10^{-4} |
| B1 | Естественное старения изоляции | 1×10^{-6} |
| B2 | Систематические перегрузки | 1×10^{-6} |
| B3 | Динамические усилия при коротких замыканиях | 1×10^{-6} |
| B4 | Не обнаруженные ранее трещины заводского происхождения или появившиеся при монтаже и эксплуатации | 1×10^{-8} |
| B5 | Набросы посторонних предметов | 1×10^{-8} |
| B6 | Перекрытие между вводами различных фаз | 1×10^{-8} |
| B7 | Недоброкачественный сварной шов | $4 \cdot 10^{-4}$ |
| B8 | Недостаточное уплотнение в месте установки прокладки | $4.4 \cdot 10^{-4}$ |
| B9 | Витковое замыкание в обмотке | 1×10^{-6} |
| B10 | Замыкание на корпус (пробой) | 1×10^{-6} |
| B11 | Выгорание контактной поверхности переключателя | 1×10^{-6} |
| B12 | "Пожара стали", возникшего в результате циркуляции больших токов, вызванных образовавшимся замкнутым контуром | 1×10^{-6} |
| B13 | Междуфазное короткое замыкание | 1×10^{-5} |
| B14 | Внутренних или внешние перенапряжения | 1×10^{-6} |
| B15 | Пробой на корпус вводов трансформатора | 1×10^{-6} |
| B16 | Перекрытие между фазами вследствие наброса или других причин | 1×10^{-6} |
| B17 | Неправильное присоединение отводов к зажимам переключателя | 1×10^{-7} |
| B18 | Плохой контакт на присоединениях выводов | 1×10^{-4} |
| B19 | Плохой контакт в пайках | 1×10^{-5} |
| B20 | Витковое замыкание в обмотке | 1×10^{-6} |
| B21 | Наличие замкнутого контура через стяжные болты и прессующие плиты | 1×10^{-6} |
| B22 | Неправильное включение параллельных обмоток | 1×10^{-6} |
| B23 | Плохая изоляция между листами стали магнитопровода | 1×10^{-6} |
| B24 | Начавшийся процесс "пожара стали" | 1×10^{-6} |
| B25 | Плохой контакт на перемычке, закорачивающей выводы | 1×10^{-6} |

| | обмоток | |
|-----|--|--------------------|
| V26 | Плохой контакт на выводах или переключателе | 1×10^{-6} |
| V27 | Плохой контакт в схеме обмоток или в переключателе со стороны питания | 1×10^{-6} |
| V28 | Естественное старение и износ изоляции | 1×10^{-6} |
| V29 | Систематические перегрузки трансформатора | 1×10^{-6} |
| V30 | Динамические усилия при сквозных к.з | 1×10^{-5} |
| V31 | Старение изоляции, увлажнение масла и понижение его уровня | 1×10^{-1} |
| V32 | Внутренние и внешние перенапряжения | 1×10^{-6} |
| V33 | Деформация обмоток вследствие протекания сверхтоков при сквозных к. з. | 1×10^{-5} |
| V34 | Трещины в изоляторах. Попадание влаги внутрь мастико-наполненных вводов | 1×10^{-8} |
| V35 | Понижение уровня масла в трансформаторе при одновременном загрязнении внутренней поверхности изоляторов | 1×10^{-6} |
| V36 | Нарушение изоляции между отдельными листами стали или стяжных болтов | 1×10^{-6} |
| V37 | Слабая прессовка стали | 1×10^{-6} |
| V38 | Образование короткозамкнутого контура при повреждении изоляционных прокладок между ярмом и стержнями магнитопровода у стыковых трансформаторов | 1×10^{-6} |
| V39 | Образование короткозамкнутого контура при выполнении заземления магнитопровода со стороны выводов обмоток ВН и НН | 1×10^{-6} |
| V40 | Плохое качество сварки или нарушение сварного шва от механических воздействий | 1×10^{-5} |
| V41 | Недостаточно притерта пробка в корпусе крана | 1×10^{-6} |
| V42 | Низкое качество прокладок и уплотнений в местах фланцевых соединений | 1×10^{-5} |
| V43 | На работающем трансформаторе не была включена газовая защита | 1×10^{-6} |
| V44 | Заедание поплавков в камере. Неудовлетворительное состояние контактов реле | 1×10^{-6} |

2. Данные утверждены

_____ - _____ /Председатель РГ/
 (Ф. И.О.) (Подпись)

_____ - _____ /Секретарь РГ/
 (Ф. И.О.) (Подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Состав экспертной группы:

- 1) 10/03-001 _____
(индивидуальный номер)
- 2) 10/03-002 _____
(индивидуальный номер)
- 3) 10/03-003 _____
(индивидуальный номер)
- 4) 10/03-004 _____
(индивидуальный номер)
- 5) 10/03-005 _____
(индивидуальный номер)
- 6) 10/03-006 _____
(индивидуальный номер)
- 7) 10/03-007 _____
(индивидуальный номер)
- 8) 10/03-008 _____
(индивидуальный номер)
- 9) 10/03-009 _____
(индивидуальный номер)
- 10) 10/03-010 _____
(индивидуальный номер)

Приложение II

(справочное)

Literature review

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------|---------|------|
| 1ЕМ71 | Михалева С.К. | | |

Руководитель
магистерской
диссертации

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Амелькович Ю.А. | к.т.н | | |

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------|-----------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Ажель Ю.П | - | | |

1 LITERATURE REVIEW

The development of the national economy is directly dependent on the power industry.

At this stage, Russian power plants have worked out their own reserves in whole or in more than half, which shows us that it is necessary to design and construct new power plants.

In this thesis, we are talking about the need to design and construct new power plants. But it's not about that. We must not forget about the safe operation of the currently existing electrical substations.

The purpose of this work is to calculate the possible risk in the explosion of a transformer at an electrical substation of Tomsk GRES-2.

This topic is relevant because there are still the explosions of transformers all over the world, more and more often we hear that an explosion occurred either of the transformer itself or of the transformer substation.

Tomsk GRES-2 began its history from 1943 and to this day has a significant role in the functioning of the city of Tomsk.

To achieve this goal the following tasks were set:

- Literature review
- Electrical substation

The substation is part of the power generation, transmission, and distribution system. Between the generating station and the consumer, electricity can flow through several substations with different voltage levels. The substation may include transformers for changing voltage levels between high transmission voltages and lower distribution voltages or when connecting two different transmission voltages.

Substations may be owned and operated by a power plant or may belong to a large industrial or commercial consumer.

The first substations were connected to only one power station where the generators were located, and were subsidiaries of this power plant.

Transformers (sometimes referred to as "voltage transformers") are devices used in electrical circuits to change the voltage of electricity flowing in a circuit. Transformers can be used either to increase the voltage or to reduce it.

1.2 Schematic diagram of the thermal power station and the role of transformers

A thermal power station is a power plant in which thermal energy is converted into electrical energy.

The power plant has a simple and clear principle of operation, which follows the Rankine cycle.

Coal is first crushed to a fine powder, and then burned in a furnace (boiler combustion chamber); and use the heat energy released to heat water into very hot steam, which at high pressure and temperature is used to rotate turbines connected to electric generators using a shaft, which then drives the generators to generate electricity.

After this process, electricity is transported by power and distribution lines to homes, businesses, hospitals, and so on.

Figure 1 shows the principle of operation of a thermal power station.

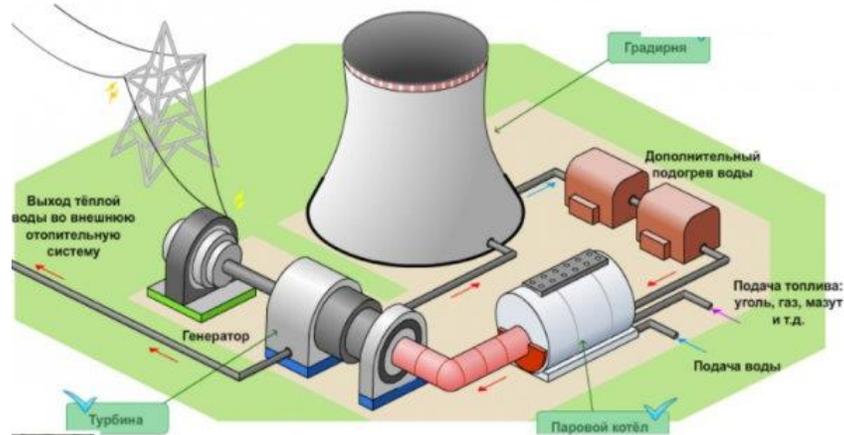


Figure 1.1 - Scheme of operation of CHP

Transformers are often used in electrical circuits to change the voltage of electricity flowing through a circuit. The coils of wire on each side of the transformer have a different number of turns, and it results in the output voltage being different from the input voltage.

Energy is lost in the process of transmitting electricity over long distances, for example, from a power station to homes. Less energy is lost if the voltage is very high, so power companies use high voltage in long-distance transmission wires. However, this high voltage is too dangerous for home use. Electric utilities use transformers to change the voltage of electricity as it travels from a power plant to you. First, the voltage of the electric power coming from the power station is “increased” by means of transformers to the necessary level for transmission over long distances. Later, the voltage drops before it enters your home - again with the help of transformers.

In order for the electrical distribution network to function, it is necessary to increase the voltage before the power is transmitted over long distances via power lines. One of the main problems is that power is lost between the power station and the consumers, since the currents use part of the energy to heat the power lines. The power transmitted by the line is equal to the voltage multiplied by the current. The higher the voltage, the lower the current that must flow in power lines in order to provide the same power. Lower currents produce much less heat and much less energy loss. Of course, high voltages (necessary to drive low currents) must be lowered before electricity is supplied to homes. Transformers are critical elements that increase and decrease the voltage at each end of the line.

Any transformer, just like a gearbox, is a device of constant power and is mainly used to make power transmission over long distances more cost-effective by reducing transmission losses.

This is achieved by converting the voltage to a much higher level and similarly reducing the current by the same factor.

However, the main role of any transformer is in the ferromagnetic properties of the core material. It has been found that such materials, when exposed to a weak external inducing magnetic field, create magnetic flux densities in the material of the transformer core about 10,000–20000 times stronger than in air. Thus, the material of the ferromagnetic transformer core acts as a virtual flow amplifier that allows the use of lower induction speeds (50/60 Hz), while at the same time allowing to generate, transmit and distribute very large amounts of energy over long distances with relatively low losses (~ 10% of the total losses).

1.3 Safety requirements at electrical stations

Electrical safety is an important issue in any industry and requires special attention when planning, designing, installing, operating and maintaining electrical equipment.

Electrical safety is subject to legislation and various laws and regulations.

Safety regulations developed to meet the requirements set out in the national safety regulations when working with electricity and other standards are of great importance for improving the safety of substations. Given the fact that the entire room is rich in potential electrical and chemical hazards, carelessness can be dangerous. A thorough analysis of the general and site-specific risk factors is mandatory for a comprehensive safety procedure.

Safety protection is an extremely important aspect of substation design. It is fair to say that safety is always No. 1 priority in the design, operation and maintenance of substations.

- Safety standards contain requirements for:
- Electrical housing
- Rooms and rooms
- lighting
- Floors, walkways, stairs

– Exits

According to the Electrical Installation Regulations, it is necessary to provide sufficient clearance from the parts under voltage to avoid accidental contact with them. If this cannot be done, live parts must be protected or closed.

The minimum height from the ground to any ungrounded part of the electrical installation should be 0,015-0,02 m, therefore the person on the ground cannot touch the element of the substation or its part that may accidentally turn on. For example, in the lower part of a supporting insulator, maintaining live tires usually do not have any potential.

There must be sufficient lighting for staff to clearly see their surroundings and perform any work safely. The required levels of illumination are specified in SNiP 23-05-95 (an updated version of the joint venture 52.13330.2016).

All aisles and stairs should be wide enough for personnel to move safely, proper railings should be provided, as well as the presence of safety fences.

All metal structures, enclosures, and substation tanks should be grounded to ensure that the values of step voltage and touch voltage are lower than those specified in the applicable standards.

In order to put into operation the electrical equipment of the substation it is necessary to base on RD 34.45 - 51.300 - 97. At the same time, it is necessary to act in accordance with the governing documents, instructions of the manufacturers of electrical equipment, if there are no contradictions with the requirements of SNiP.

GOST R 32144 - 2013 defines the indicators and standards for the quality of electrical energy in the places of its transmission to users of electrical networks of all types of the voltage of general-purpose AC power supply systems with a frequency of 50 Hz.

The definition of job functions of staff, the distribution of responsibilities, as well as the distribution of functions for the maintenance of production facilities at the energy supply, is determined by CO 153-34.20.501-2003.

According to CO 153-34.20.501-2003, for work at a power facility to be safe, the need to comply with fire and industrial safety measures and compliance with labor protection measures is mandatory.

In accordance with a number of regulatory documents, the purpose of the operation of the electric power complex is to supply electricity of adequate quality, in the required volume and with a given level of reliability. In the current period of development, significant changes have taken place in the market of electric power enterprises.

The key requirements for the activities of the power company are: the quality of electrical energy; power supply reliability; getting the maximum power and the lowest loss level; profitability. In the Decree of the Government of the Russian Federation No. 1013 of August 13, 1997, electric power is defined by the list of goods and services requiring the required certification. The legal reason for such actions with electric energy are the laws of the Russian Federation “On electric power industry”, “On certification of products and services”, “On protection of consumer rights”, and also the Civil Code of the Russian Federation.

Characterizing the indicators of quality of electric energy, and their nomenclature is regulated by GOST R 32144 - 2013. One of the main regulatory documents required for commissioning electrical equipment (EO) of substations in operation and during operation of EO is RD 34.45 - 51.300 - 97.

It is also necessary to take into account the current governing and regulatory documents, instructions of plants - manufacturers of EO, in case of non-contradiction with the requirements. The periods between turnarounds and the EO cycle, if they are not specified in the Rules of Technical Operation or in the relevant sections “Scope and Standards of Electrical Equipment Testing”, are determined by the technical manager of the power company on the basis of taking into account the conditions, service experience, technical condition and service life of the EA. The technical state of the substation EO should be determined not only by the results of the comparison of the

tests conducted at normalized values, but also according to the results of other tests and operational data. The technical data obtained as a result of tests is required to be compared with the measurement data on other phases of the EO, as well as of the same type of EO.

In this case, the main thing will be a comparison of the EO parameters obtained in tests with their initial values and the subsequent evaluation of possible differences from the permissible changes. Exceeding the data values beyond the established limits or limit values must be considered as a sign of the appearance of a defect that can lead to damage to the EA.

For the initial values of the monitored indicators when entering into the work of the new EA, passport values or protocol data of factory tests are taken. In the process of operational tests, as well as during tests for the withdrawal of EA in the overhaul, the initial data are the indicators determined by the tests as a result of the commissioning of the new EA. The quality of repairs carried out at the energy company is subject to evaluation and comparison with the results of tests after repair with the initial values of the indicators when a new EA is put into operation. After the completion of reconstruction, capital and rehabilitation repairs carried out at specialized enterprises, the data obtained from the results of the work carried out are taken as the basis for monitoring further work.

Energy companies are recommended to use the control of the state of electrical equipment under working voltage provided for by RD 34.45 - 51.300 - 97, which allows to identify defects and incipient damage in the initial stages of its development, using organizations that have the right to conduct the necessary and works.

In the process of accumulating our own experience of tests carried out under the operating voltage, let us proceed to the development of subsequent periods of repair, monitoring and diagnostics of the condition performed on the disconnected EA. 58

The planning of the operation and control of a substation EO is based on documents describing: the nomenclature of operational phases and their timing; periodic

plans and schedules; guidance materials for all types of work; calculations in need of EO, spare parts, materials, tools, mechanisms. Such documents are developed on the basis of the Rules of technical operation of electrical installations of consumers and the Rules of safety in the operation of electrical installations of consumers, as well as the Rules for the design of electrical installations.

1.4 Analysis of hazardous and harmful factors during operation of the power plant

Naturally, the main danger from electrical equipment is the danger of electric shock. Electric shock or electric shock can cause many problems in the human body. This can lead to the arrest of the human heart and, consequently, to death. Even if an electric shock is not fatal, it can cause other problems, such as damage to internal organs due to excessive heating of body tissues, burns at the site of skin contact with conductors under tension, loss of consciousness or loss of balance, leading to a fall when working at height. .

In addition to electric shock caused by contact with live parts, another serious danger to those working with electrical equipment is burns due to arc faults. Such malfunctions are often caused by the affected workers themselves when they are working on or near operating equipment, and inadvertently cause a short circuit. In fact, arc faults in equipment and their potential hazards are the subject of extensive study and have led to the emergence of standards, such as the Guide for performing arc and flare hazard calculations.

There are a lot of dangers from mechanical equipment, and they largely depend on the type of production process and the equipment used. The following is a list of hazards that may be encountered in an industrial environment.

- injuries from moving parts of static equipment
- injuries from moving vehicles
- injuries from falling objects (including head injuries)
- injuries from flying objects after an explosion

- eye injury from moving particles
- eye injury due to prolonged exposure to bright light
- Hearing loss due to prolonged exposure to noise

Unlike electrical hazards, most of the hazards associated with the mechanical equipment listed above are quite obvious to those who work alongside them, unless they occur unexpectedly.

Hazard from handling toxic materials results from one of the following:

- External contact on skin and eyes.
- ingestion
- Inhalation

One example is lead dust that a person may encounter when working on lead-acid battery plates. Here, exposure can occur by any of the methods listed above, and appropriate precautions are necessary to prevent all of these contact methods. The severity of the injury depends on the nature of the hazardous material and the concentration of material / quantity to which the person is exposed.

Table 1.2 presents the main hazards in the operation of the power plant, the carrier of the factor, as well as the possible consequences of exposure to the hazard and means of protection from the effects of these factors.

Table 1.2 - production factors in the operation of the power plant

| Name of factors | Hazardous source | Personnel Impact | Effects | Means of protection and limiting the impact of the factor, GOST |
|-----------------|----------------------------|--|--|---|
| Electric shock | Live parts of the station. | Operational, repair and maintenance personnel. | Burns, electrical injuries, possible death | Protective grounding of equipment, meeting the requirements of the Intersectoral rules for the safety of electrical installations, PUE. |

Continuation of table 2.1

| | | | | |
|------------------------|--|--|---|--|
| Fire hazard | Transformers, oil switches, territories. | Operational, repair and maintenance personnel. | Burns, injuries, and sometimes death. | Compliance with the rules and regulations of fire safety [3], installation of fire panels with buckets, shovels hooks, axes, sandboxes with a volume of at least 0.25 m ² , fire extinguishers OHP, OHP - 10, OU - 8. |
| Harmful secretions | Transformer oil and vapors. | Repair and maintenance staff. | Poisoning, headache, nausea, vomiting, fatigue. | The use of personal protective equipment. Compliance with the rules of TB in the operation of electrical equipment. |
| Electromagnetic Impact | 110 kV outdoor switchgear 220 kV outdoor switchgear | Repair and maintenance staff. | Headaches, general aggravation, nausea. | Shielding devices, on the territory of the switchgear 110 and 220 kV - shielding suits. Short stay in the territory of the switchyard 110 and 220 kV outdoor switchgear. Occupational Health Guidelines R 2.2.2006-05 |

2 OBJECT OF RESEARCH

The object of the research is a transformer substation located on the territory of a state district power station-2.

The construction of the Tomsk GRES-2 was started on May 5, 1943 by order of the State Defense Committee No. 31860 of April 16, 1943

By 1963, the station was built completely and introduced into the power system of Siberia.

2.1 Technical and economic indicators of the ES

Electric power is 331 MW, thermal power - 815 Gcal / h. Emission of harmful substances 1200 tons per year.

Technical and economic indicators of the power plant are presented in table 2.1.

Table 2.1 - technical and economic indicators of ES

| No. p / p | The name of indicators | units meas. | value |
|-----------|-------------------------------|------------------------|--------|
| 1 | Power generation | million kW | 72,147 |
| 2 | Electricity supply | million kW | 61,998 |
| 3 | Heat release | Gcal | 45572 |
| 4 | Electricity expenses on s / n | million kW | 10,149 |
| 5 | gas consumption | million m ³ | 27,08 |
| 6 | coal consumption | thousand tons | 0,701 |
| 7 | Power limit | MW | 3 |
| 8 | Available power | MW | 328 |
| 9 | Fuel power | RUB / MW | 896,07 |

Electricity is supplied via lines 35, 10 and 110kV. The voltages for own needs are 0.6, 3 and 6 kV.

At TPP-2, coal is used as a solid fuel with the following characteristics.

Net calorific value:

1. $Q_{pn} = 26958 \text{ kJ / kg}$;
2. Humidity: $W_p = 11/5\%$;
3. Ash content: $A_p = 8/5\%$;
4. Volatile matter yield: $V_g = 44\%$.

Coal is supplied in accordance with the supply contract by rail, entering the station from the south side. Fuel quality must comply with GOST and delivery specifications.

2.2 Technological scheme of the station

Table 2.2 presents the workshops available on the territory of GRES-2, as well as the main purpose of each workshop.

Table 2.2 - Workshop on the territory of the state district power station-2

| Shop name | Purpose of the workshop |
|-------------|---|
| Electric | Electrification of all units and devices; power supply of industrial premises |
| Fuel | Fuel preparation |
| Boiler room | Steam and steam-water mixture generation |
| Turbine | Heat and power generation |
| Chemical | Purification of feed and network water |
| Repair | Implementation of installation work at the station |

Figure 2.1 shows the territory of GRES-2, view from the satellite. A diagram of the electrical connections at the Tomsk SDPP-2 is shown in Figure 2.2.



Figure 2.1 - Territory of GRES-2, view from the satellite

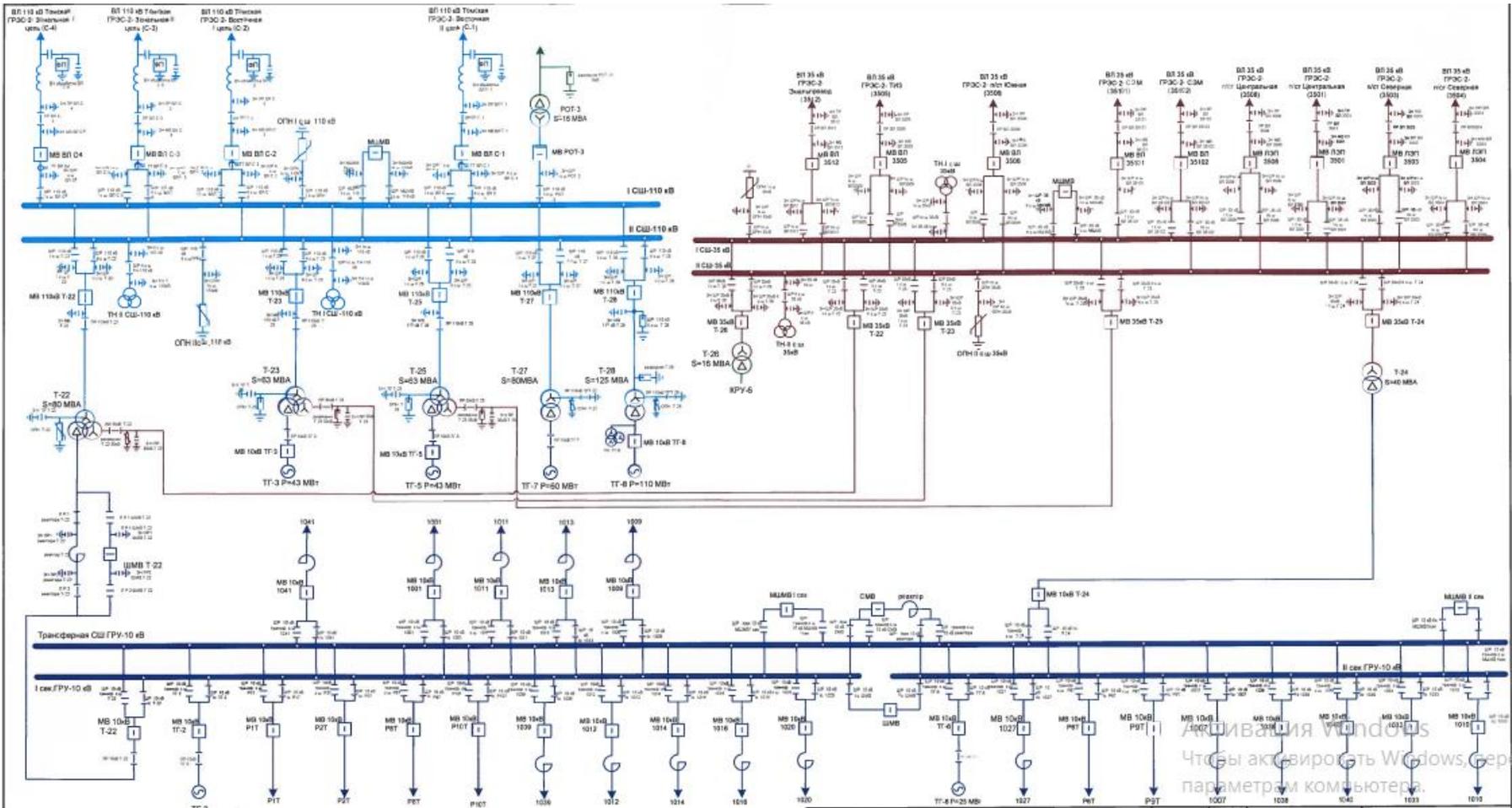


Figure 2.2 - Normal electrical connections

2.3 Technical data of transformers on the territory of SDPP-2

Transformers with a rated primary voltage of up to 330 kV are manufactured in accuracy classes for the main secondary winding 0.5; 1.0 and 3.0, and transformers for 400 and 500 kV in accuracy classes 1.0 and 3.0. The accuracy class of the secondary additional winding of all transformers is 3.0.

The rated voltages of the windings, the limiting powers and the rated powers for each accuracy class of transformers are given in their data sheets and plates. The indicated powers are the total powers of the primary and secondary secondary windings.

Transformers with a rated secondary voltage of auxiliary winding 100: 3V are designed to work in networks with an insulated neutral, and with a rated voltage of 100V in networks with an effectively grounded neutral.

The errors of transformers, depending on the accuracy class, meet the standards given in Table. 1, provided that:

- power supply frequency (50 + - 0.5) Hz or (60 + -0.6) Hz;
- primary voltage - from 80 to 120% of the nominal value;
- load power of the windings at rated voltage - from 25 to 100% of the rated value;

Active power factor - inductive load of the secondary winding, equal to 0.8.

The circuit and connection group of the transformer windings corresponds to the symbol 1/1 / 1-0-0.

Transformers designed to work in networks with insulated neutral and included in a three-phase group, stand up to 8 hours for single-phase short circuits of the network to earth at the highest operating voltage (110% of the nominal line voltage).

The voltage at the inputs of an open triangle of additional secondary windings of transformers included in the three-phase group over the nominal linear symmetrical voltage ranges from 90 to 110 kV with a single-phase short to ground on the side of the primary windings.

The values of the load power of the secondary windings at a power factor of 0.8 should be no more than the values specified in the passport of the transformer. The rated load corresponding to accuracy class 3.0 on the open triangle inputs is considered to be the nominal load of one phase.

Transformers designed for operation in networks with an efficiently grounded neutral can withstand an increase in the primary voltage up to 150% of the nominal value for 30s.

Depending on the length of the leakage path of the external insulation, the transformers are divided into the following categories:

A - normal design, the ratio of the length of the leakage path of the external insulation to the largest operating line voltage is at least 1.5 cm / kV of action for electrical circuits with an effectively grounded neutral and not less than 1.7 cm / kV of influence for circuits with insulated neutral.

B - reinforced design, the ratio of the length of the leakage path of the external insulation to the greatest working linear voltage is, respectively, not less than 2.25 and 2.6 cm / kV of action.

The category of transformer for external insulation is indicated on the plate and in the passport of the transformer. For the transformer NKF-110-83, the category of external insulation is indicated in the passport of the transformer.