

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

Институт ЭНИН
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Система управления сетевой фотоэлектростанцией

УДК 621.311.243.001.6

Студент

5А3А	Петрусёв Александр Сергеевич			
Группа	ФИО	Подпись	Дата	

Руководитель

профессор	Лукутин Б.В.	Д.Т.Н.		
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

ст. преподаватель	Потехина Н.В.			
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

По разделу «Социальная ответственность»

доцент	Дашковский А.Г.	К.Т.Н.		
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	Сулайманов А.О.	К.Т.Н.		
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2017 г.

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра ЭЭС

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5АЗА	Петрусёву Александру Сергеевичу

Тема работы:

Система управления сетевой фотоэлектростанцией	
Утверждена приказом директора Института кибернетики (дата, номер)	1.02.2017 № 497/с

Срок сдачи студентом выполненной работы: (дата)

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования; документы конференции и отчеты НИР; программное обеспечение).</i>	Объектом исследования является солнечная электростанция «Кош-Агачская» и отходящая от её ЛЭП. В качестве исходных данных предоставлены: - установленная мощность электростанции - место расположения электростанции - протяжённость отходящей от электростанции линии электропередач - уровень напряжения линии электропередач - мощность и количество трансформаторов приёмной подстанции
---	--

<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; разработка алгоритмов и программ; описание методов исследования обработки результатов; анализ полученных результатов; дополнительные разделы, подлежащие разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Обзор рассматриваемой СЭС, определение её основных параметров и характеристик - Расчёт экономической и энергетической эффективности работы СЭС - Разработка методов повышения эффективности СЭС - Анализ и расчёт РЗ для подстанции СЭС и отходящей ЛЭП - Экономическая оценка представленных решений - Рассмотрение негативных воздействий и опасных факторов проекта - Заключение по выполненной работе
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пример подключения шкафа ТОР 200 2. Схема типовой блока СЭС мощностью 1,25 МВт

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Потехина Нина Васильевна</p>
<p>2. Социальная ответственность</p>	<p>Дашковский Анатолий Григорьевич</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p> </p>
--	----------

Задание выдал руководитель:

<p style="text-align: center;">Должность</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Ученая степень, звание</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p>Профессор</p>	<p>Лукутин Борис Владимирович</p>	<p>д.т.н.</p>	<p> </p>	<p> </p>

Задание принял к исполнению студент:

<p style="text-align: center;">Группа</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p>5А3А</p>	<p>Петрусёв Александр Сергеевич</p>	<p> </p>	<p> </p>

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А3А	Петрусёву Александру Сергеевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расходы на материалы: 399000руб/мес. Зарботная плата персоналу: 455000 руб/мес.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Дополнительная заработная плата: 15%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Упрощённая система налогообложения Ставка налогообложения: 6% от доходов Отчисления во внебюджетные фонды: 21%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений, рассмотрение потенциальных потребителей продукции.
2. Планирование и формирование бюджета производства	Формирование плана и графика работ, определение имеющихся и необходимых ресурсов, расчётов себестоимости
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной и экономической эффективности проекта	Расчёт стоимости проекта, экономического эффекта от его внедрения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных решений
2. Диаграмма Ганта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Потехина Н.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Петрусёв Александр Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А3А	Петрусёву Александру Сергеевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования)	Рабочее место представляет собой помещение кабинета, работа в котором производится на ЭВМ
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	Технической регламент по пожарной безопасности ФЗ «О специальной оценке условий труда»

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1.1 Анализ вредных факторов	Шум от ЭВМ; электромагнитное излучение от ЭВМ; микроклимат в аудитории; освещение в аудитории.
1.2 Анализ опасных факторов	Опасность поражения электрическим током; пожарная опасность.
2. Экологическая безопасность	Утилизация отходов производства
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Наиболее вероятной ЧС, которая может возникнуть – это короткое замыкание проводки или пожар.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Организация рабочего места при работе с ЭВМ Социальное страхование работников

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2017
--	------------

Задание выдал консультант:

Группа	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Петрусёв Александр Сергеевич		

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

Институт Энергетический
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Уровень образования бакалавриат
Кафедра ЭЭС
Период выполнения весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская выпускная квалификационная работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела/ вид работы	Максимальный балл раздела
29.01.2017	<i>Описание объекта исследования</i>	15
26.02.2017	<i>Проведение экспериментальных работ</i>	15
24.03.2017	<i>Описание предложенных на практике решений</i>	20
11.04.2017	<i>Расчёт защит рассматриваемого объекта</i>	20
21.04.2017	<i>Анализ полученных результатов и формирование выводов</i>	10
5.05.2017	<i>Социальная ответственность</i>	5
20.05.2017	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	5
1.06.2015	<i>Заключение по работе</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лукутин Б.В.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов Алмаз Омурзакович	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественнонаучные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем
P2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов
P3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
P4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях - потенциальных работодателях.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

Реферат

Выпускная квалифицированная работа состоит из 100 листов, 24 рисунков, 20 таблиц, 36 источников, 2 приложений.

Ключевые слова: солнечная станция, солнечный трекер, инвертор, электрическая сеть, энергосистема, трансформатор, релейная защита, линия.

Объектом исследования является Кош-Агачская солнечная электростанция, расположенная в Республике Алтай. Цель работы - анализ и расчёт эффективности Кош-Агачской солнечной электростанции, разработка предложений по оптимизации её работы, расчёт рейной защиты для повышающего трансформатора и линии, отходящей от неё.

Работа заключается в рассмотрении и анализе данной солнечной электростанции – её основных характеристик, графиков генерации, выявлении её сильных и слабых аспектов, её актуальности для Республики Алтай. В работе рассмотрен проект оснащения солнечных панелей солнечными трекерами, разработанными автором работы и в настоящий момент реализующихся под брендом компании ООО «Solar Technic». Рассчитана экономическая эффективность от результатов внедрения. Спроектированы и рассчитаны защиты трансформатора и линии 110кВ от солнечной электростанции. Рассчитана окупаемость солнечной электростанции в соответствии с тарифами, действующими на территории Республики Алтай.

В работе использовались программные комплексы Mathcad, Microsoft Office.

Область применения результатов работы распространяется также и на другие вводимые в эксплуатацию солнечные электростанции на территории Республики Алтай.

Определения, обозначения, сокращения

ЛЭП – линия электропередач

ДЭС – дизельная электростанция

ВЭС – ветровая электростанция

МГЭС - микрогидроэлектростанция

СЭС – солнечная электростанция

ВМО – всемирная метеорологическая организация

ВЛ – воздушная линия

КПД – коэффициент полезного действия

КЗ – короткое замыкание

ХХ – холостой ход

ОЭС – объединённая энергетическая система

АКБ – аккумуляторная батарея

РЗ – релейная защита

РЗА – релейная защита и автоматика

ВН – высшее напряжение

НН – низшее напряжение

СН – среднее напряжение

МТЗ – максимальная токовая защита

РЗА – релейная защита и автоматика

СМ – солнечный модуль

ТТ – трансформатор тока

НДС – налог на добавочную стоимость

Содержание

Введение.....	12
1 Описание солнечной электростанции.....	17
1.1 Общая характеристика солнечной электростанции	17
1.2 Основные принципы построения системы.....	18
2 Эффективность солнечной станции	22
3 Солнечный трекер.....	28
3.1 Актуальность использования и проблемы эксплуатации трекеров.....	28
3.2 Описание состава и функционала солнечного трекера.....	31
4 Релейная защита и автоматика.....	38
4.1 Обзор защищаемых объектов	38
4.2 Выбор аппаратной реализации	42
4.3 Выбор типов и устройств защиты	43
4.4 Планирование и расчёт аварийных режимов.....	45
5 Принцип действия защит линии и их расчёт	49
5.1 Дистанционная защита	49
5.2 Токовая отсечка.....	54
5.3 Токовая направленная ступенчатая защита нулевой последовательности.	56
6 Принцип действия защит трансформатора и их расчёт	60
6.1 Газовая защита трансформатора.	60
6.2 Защита от повреждений на выводах и внутренних повреждениях трансформатора.....	60
6.3 Защита от перегрузки	63
6.4 Резервная защита.....	63
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 64	
7.1 Обоснование проведения работ.....	64
7.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	64
7.2.1. Потенциальные потребители результатов работы	64
7.2.2 Анализ конкурентных технических решений.....	66

7.3 Расчет себестоимости трекера	69
7.3.1 Описание производства.....	69
7.3.2 Структура себестоимости	70
7.4 Эффективность от внедрения систем	76
8 Социальная ответственность	77
8.1 Производственная безопасность	78
8.1.1 Анализ вредных и опасных факторов.....	78
8.1.2 Акустический шум.....	78
8.1.3 Электромагнитное поле.....	79
8.1.4 Микроклимат.....	82
8.1.5 Освещение	84
8.1.6 Электрический ток.....	85
8.2 Экологическая безопасность.....	88
8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	89
8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	92
8.5 Вывод по разделу	95
Заключение	96
Список использованных источников	97
Приложение А	101
Приложение В.....	102

Введение

Республика Алтай является субъектом Российской Федерации, располагается в горах Алтая. На 2017 год по данным Госкомстата России численность населения республики составляет 217007 человек [1].

Схема расположения административных районов республики изображена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Схема республики Алтай

Территория Республики Алтай входит в энергосистему Республики Алтай и Алтайского Края, которая, в свою очередь, является частью энергосистемы Сибири.

В настоящее время большая часть потребляемой электрической энергии республики приходится на сферы жилищно-коммунального хозяйства и на бытовые нужды в личных подворьях [2].

По состоянию на 2016 год для всех сетевых организаций в Республике Алтай суммарная протяжённость электрических сетей равна 6967,6 км. В итоге республика характеризуется относительно невысоким потреблением электрической энергии на человека, что характерно для горных местностей, при большой протяжённости линий. Также до недавнего времени республика была почти полностью дефицитной за исключением десяти ДЭС, ВЭС и МГЭС суммарной мощностью 1,3МВт, поэтому практически вся электроэнергия поступает в неё из Бийского энергорайона Алтайской энергосистемы. Всё это в совокупности с изношенностью (порядка 25-55 лет) линий электропередач (ЛЭП) приводит к недопустимо высокому уровню потерь в сетях (около 20%). В итоге более 2/3 затрат на электроэнергию, формирующих конечные тарифы для потребителей, обосновываются передачей, распределением и сбытом в пределах республики [2].

Также дополнительным усугубляющим ситуацию фактором является то, что пропускная способность питающих линий между Бийской энергосистемой и энергосистемой Республикой Алтай исчерпана полностью (энергосистемы соединяются шестью воздушными линиями 110кВ). Это приводит к ограничению новых подключений и сдерживанию роста экономики региона.

В большинстве случаев на дизельных электростанциях, которые используются для труднодоступных районов, также используется сильно изношенное оборудование, что является причиной низких технико-экономических показателей. Удельные расходы топлива в среднем на уровне 457 г. условного топлива/кВт·ч, что примерно в 1,5 раза выше среднего нормативного расхода топлива[2].

Всё вышесказанное обуславливает необходимость ввода на территории республики новых источников электроэнергии, в том числе на основе возобновляемых источников.

Солнечная энергетика по масштабам ресурсов и повсеместной распространённости является одним из наиболее перспективных

направлений. Ежегодно установленные в мире мощности СЭС растут почти на 30%[3] и по суммарной мощности в прошлом году обогнали ветровую энергетику[4]. Полное количество солнечной энергии, падающей на поверхность Земли за год, составляет величину около $(7.5-10) \cdot 10^{17}$ кВт·ч [5], тогда как нынешнее потребление энергии всем человечеством всего около $0,0015 \cdot 10^{17}$ кВт·ч в год.

Республика Алтай имеет очень большой потенциал внедрения СЭС. Продолжительность солнечного сияния там одна из наибольших в России. Согласно данным Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации на основе информации, снимаемой Кош-Агачской метеостанцией с индексом ВМО 36259 [6], продолжительность солнечного сияния в 2015 году составила 2712 часов (рисунок 2). Для сравнения в Москве эта цифра за аналогичный период равнялась 1529 часов.

		Новые данные		Новый запрос		Выход		Справка		Комментарий		Комментарии(150)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
36259	2000	149	214	271	278	328	249	344	295	262	190	123	98
36259	2001	127	164	227	249	340	327	284	289	228	202	153	146
36259	2002	161	190	244	245	313	296	302	299	283	215	153	153
36259	2003	133	178	275	258	292	283	268	298	273	251	172	160
36259	2004	199	164	246	244	316	309	274	311	265	242	161	95
36259	2005	145	177	293	261	278	306	321	273	290	212	138	155
36259	2006	120	177	285	222	285	316	283	265	263	204	174	107
36259	2007	156	182	290	278	270	327	281	315	293	213	141	118
36259	2008	149	197	227	309	339	319	339	300	237	221	141	150
36259	2009	164	170	251	257	337	284	310	289	238	221	153	132
36259	2010	157	154	236	324	311	331	323	311	288	237	133	144
36259	2011	140	184	265	305	341	283	323	329	308	233	158	140
36259	2012	192	234	266	275	328	324	287	250	271			
36259	2013	130	134	253	268	300	272	284	287	266	200	159	140
36259	2014	154	180	285	265	302	293	328	304	270	152	152	136
36259	2015	166	189	218	288	323	290	306	294	244	185	115	94
36259	2016	188	197	231	255	330	269	300	316	257			

Рисунок 2 – Продолжительность солнечного сияния по годам и месяцам в Кош-Агаче

Кроме большой продолжительности солнечного сияния территория имеет также высокие показания суммарной солнечной радиации. По базе данных NASA получено, что в районе села Кош-Агач Республики Алтай

среднегодовая дневная сумма солнечной радиации составляет 3,73 кВт·ч/м²[7]. Скриншот из базы данных изображён на рисунке 3.

Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m²/day)

Lat 50 Lon 89	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
22-year Average	1.46	2.42	3.77	4.81	5.80	6.07	5.79	5.26	3.99	2.67	1.62	1.12	3.73

Рисунок 3 - Средняя дневная сумма солнечной радиации около села
Кош-Агач, кВт·ч/м²

Этот показатель является высоким даже по общемировым меркам, позволяя в должной степени реализовать потенциал солнечных установок. В таблице 1 приведены значения аналогичного параметра для некоторых городов России.

Таблица 1 - Средняя дневная сумма солнечной радиации, кВт·ч

Якутск	Москва	Новосибирск	Сочи	Санкт-Петербург	Хабаровск	Ростов-на-Дону
2,96	2,72	2,91	4,00	2,60	3,69	3,45

Указанные факторы обуславливают актуальность размещения Кош-Агачской СЭС мощностью 10 МВт недалеко от села Кош-Агач. Тем не менее, рассматриваемая СЭС имеет ряд проблем, присущих данным типам электростанций. В первую очередь это неравномерность выработки электроэнергии в течение дня и её отсутствие ночью, что не совпадает с графиком нагрузок. Также данная станция характеризуется достаточно высокой стоимостью и разделением на очень крупные блоки, что может негативно сказываться на надёжности.

Данные проблемы требуют новых решений, которые позволят снизить основные недостатки СЭС.

Планируемый ввод к 2021 году ВЛ 110кВ между подстанциями Кош-Агачской, к которой подключена СЭС, и Ташатинской требует также

проектирования и расчёта надёжной релейной защиты трансформатора и линии.

Предложенные решения должны быть проверены на экономическую рентабельность, так как это является одним из главных факторов эффективности реализации множества систем.

Вышесказанное объясняет актуальность данной работы.

1 Описание солнечной электростанции

1.1 Общая характеристика солнечной электростанции

Кош-Агачская солнечная электростанция — одна из крупнейших солнечных электростанций России и самая мощная на начало 2017 года электростанция Республики Алтай (в мае 2017 года в Майминском районе республики Алтай начато строительство электростанции мощностью 20МВт). Мощность электростанции составляет 10 МВт. Первая очередь (5 МВт) введена в эксплуатацию в 2014 году, вторая очередь – в 2015 году. Владеет станцией на праве аренды ООО «Авелар Солар Технолоджи» [8].

Электростанция площадью в 13 гектар раскинулась в Чуйской степи. За сбор солнечной энергии на объекте отвечают смонтированные в ряды 42 тысячи панелей-модулей (мощность каждой из которых около 250 ватт).

Солнечные батареи смонтированы на специальных столах. Плоскости батарей расположены под углом в сорок пять градусов к солнцу. Ряды модулей солнечных батарей размещены на расстоянии десяти метров друг от друга и расположены так, чтобы батареи не затеняли друг друга. Солнечные батареи генерируют электроэнергию напряжением 400 В. Эта электроэнергия с помощью восьми инверторов компании «Schneider Electric» преобразуется в электроэнергию переменного тока и с помощью трансформаторов поднимается до напряжения в десять киловольт. Далее электроэнергия по шинам 10кВ попадает на силовую подстанцию «Кош-Агачская». На подстанции напряжение сети повышается до 110 киловольт.

Процесс сбора и преобразования электроэнергии полностью автоматизирован. Датчики отслеживают силу солнечной радиации, направление ветра, уровень влаги, температуру в инверторах и так далее. Все рабочие процессы отражаются на компьютере диспетчера. В задачу человека входит только наблюдение за тем, чтобы дорогостоящее оборудование правильно работало, а при необходимости — также корректировка параметров устройств. Также, безусловно, требуется периодическая

профилактика системы. Стоимость сооружения составляет около 1140 млн. рублей.

Кош-Агачская электростанция была построена в соответствии с правительственной программой по возобновляемым источникам энергии (Постановление Правительства РФ от 28 мая 2013 г. №449 "О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности"), которая предусматривает ввод 1,5 ГВт солнечных мощностей в России к 2020 году [9]. Государственно-частный проект реализовывался силами новочебоксарской компании «Хевел», которая выступила инвестором и генеральным подрядчиком.

По подсчётам «Хевел», содержание одной солнечной электростанции обходится примерно в 10 млн. рублей в год. В них входят затраты на обслуживание электростанции (оплата диспетчерского персонала, регламентные работы), инверторного оборудования (сервисный договор с производителем) и охрана.

1.2 Основные принципы построения системы

Рассматриваемая солнечная фотоэлектрическая электростанция является сетевой, то есть не накапливает электроэнергию, а отдаёт её сразу в сеть. Данная СЭС состоит из восьми однотипных участков по 1,25 МВт, каждый из которых имеет стандартизированную инверторную трансформаторную подстанцию. В итоге станция состоит из блоков, работающих параллельно между собой и с сетью. Такое решение позволяет повысить надёжность и удобство эксплуатации.

Укрупнение блоков и увеличение мощностей инверторных станций применяется для уменьшения их количества и, следовательно, для уменьшения протяженности сети. В типовых инверторных подстанциях на 1250кВт применяются два инвертора по 630кВ·А, работающий на

трёхобмоточный трансформатор 1250кВ·А. Пример схемы типового блока указан в приложении А.

Схема подключения солнечных панелей к инверторной ТП может варьироваться в зависимости от типа и параметров панелей, мощности инверторов. Сеть постоянного тока СЭС обычно выполняют изолированной от земли. В самом общем случае солнечные панели соединяются в последовательные цепочки, включённые между собой параллельно при помощи соединительных коробок, установленных рядом с панелями. Такой участок солнечных панелей имеет выходную мощность порядка 10 кВт пик.

Выходы соединительных коробок подключают к шкафам массива панелей (англ. array box), в которых установлены предохранители, защищающие присоединение каждого участка, а также токовые датчики, которые подключаются к АСУ СЭС. В результате система управления СЭС обеспечивает контроль работы солнечных панелей на уровне небольших участков, что позволяет быстро локализовать место повреждения кабеля или неисправную панель. Один массив солнечных панелей обычно имеет мощность порядка 100-150 кВт пик.

Таким образом, порядка десяти массивов солнечных панелей обеспечивают выходную мощность, достаточную для питания типовой инверторной ТП. Выходы шкафов массивов панелей подключаются к предохранительной сборке, расположенной в непосредственной близости или внутри инверторной ТП. Предохранители устанавливаются в обоих полюсах сети постоянного тока.

Часто для инверторов используется система «ведущий-ведомый» (англ. master-slave), когда используют предохранительную сборку с контактором, включающим все подходящие к трансформаторной подстанции линии постоянного тока параллельно, при этом один из инверторов является «ведущим», а второй «ведомым». Система «ведущий-ведомый» управляется микропроцессорными контроллерами инверторов и предназначена для

повышения КПД инверторов во время небольшой инсоляции (утро, вечер, пасмурная погода). Как известно, КПД инверторов снижается при малых входных токах. Система «ведущий-ведомый» определяет факт снижения входного тока и автоматически замыкает контактор предохранительной сборки, одновременно отключив один из инверторов.

Таким образом, во время небольшого входного тока, например, утром, все подходящие к ТП линии постоянного тока работают параллельно на один инвертор, предотвращая снижение КПД из-за слишком малого входного тока. Когда входной ток достаточно вырастет, система «ведущий-ведомый» автоматически размыкает контактор предохранительной сборки и запускает в работу второй инвертор. Такое решение даёт небольшое повышение выработки инверторной ТП в целом, однако является более дорогим, а также несколько снижает период эксплуатации до ремонта из-за большего количества коммутаций и циклов запуска и останова инверторов.

Выход предохранительной сборки в составе инверторной ТП подключается к входному выключателю нагрузки инвертора. Современные инверторы GT630E производства Schneider Electric, полностью автоматизированы. Запуск системы, её останов, отслеживание фотоэлектрической мощности и обнаружение аварийных состояний управляются и контролируются устройством управления, встроенным в инвертор. Ручные операции с инвертором могут быть необходимы только в случае аварии системы.

В начале светового дня инвертор находится в остановленном состоянии. Как только инсоляция оказывается достаточной для обеспечения перетока мощности из сети постоянного тока в сеть переменного тока, устройство управления автоматически запускает инвертор и синхронизирует его выходное напряжение с напряжением в сети переменного тока,

после чего инвертор включается на параллельную работу с сетью (выходной контактор переменного тока включается автоматически).

Инверторы GT630E управляются алгоритмами, автоматически поддерживающими выходной коэффициент мощности, близкий к единице, поэтому обычно отсутствует необходимость в дополнительных установках компенсации реактивной мощности.

При нормальной работе инвертор находится в режиме отслеживания точки максимальной мощности, что обеспечивает получение максимально возможной мощности от солнечных панелей для текущей плотности облучения. При этом на повышающем трансформаторе постоянно должно присутствовать напряжение внешней сети. При отключении внешней сети от инвертора по любой причине инвертор автоматически останавливается, выходной контактор переменного тока отключается, и инвертор ожидает наличия напряжения во внешней сети, чтобы снова выйти в режим параллельной работы.

2 Эффективность солнечной станции

Эффективность работы солнечных станций определяется, в первую очередь, энергетическими характеристиками солнечных панелей, которые состоят из фотоэлементов, а также собственными характеристиками фотоэлементов. Основными факторами, влияющими на энергетические характеристики, являются интенсивность солнечного освещения, величина нагрузки и рабочая температура. В свою очередь интенсивность солнечного освещения зависит от географического положения, времени года и времени суток, погодных условий и расположения панелей относительно линии падения лучей. График вольт-амперной характеристики фотоэлементов от уровня освещённости изображён на рисунке 4 [10]. К собственным характеристикам можно отнести КПД фотоэлементов и их тип: кремниевые (монокристаллические, поликристаллические, аморфные), арсенид-галлиевые, гетероструктурные и т.д. Учёт всех этих параметров позволит максимально точно рассчитать мощность используемой СЭС и её выработку за определённый промежуток времени.

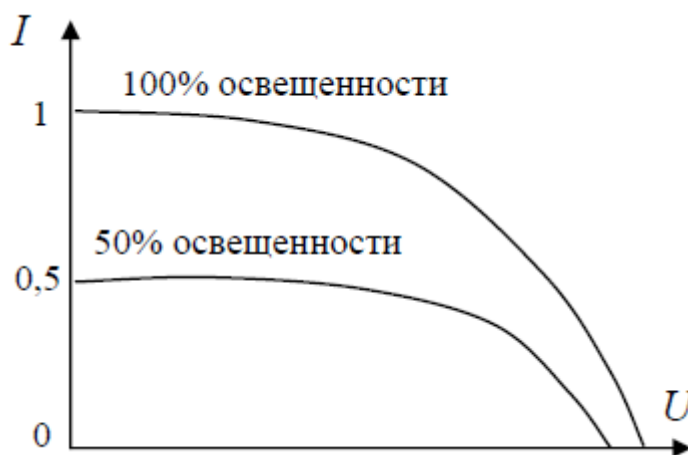


Рисунок 4 - Вольт-амперная характеристика фотоэлемента

Рассчитаем ежемесячно генерацию электроэнергии Кош-Агачской СЭС. Для этого возьмём данные по средней дневной сумме солнечной радиации около села Кош-Агач для каждого месяца (рисунок 3). Также учтём данные Всероссийского научно-исследовательского института

гидрометеорологической информации по среднемесячной температуре села Кош-Агач (рисунок 5) [6].

		Новые данные		Новый запрос		Выход		Справка		Комментарий		Комментарии(150)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
36259	2000	-29.4	-24.8	-11.7	2.2	8.3	13.4	15.2	13.7	7.3	-5.8	-24.1	-22.0
36259	2001	-26.3	-24.4	-10.8	-0.4	9.3	14.2	14.4	14.3	6.1	-2.1	-12.1	-29.0
36259	2002	-24.4	-19.9	-8.1	-1.5	8.1	14.0	15.9	14.9	7.4	-2.2	-11.8	-23.0
36259	2003	-24.3	-23.0	-10.2	-2.2	7.1	14.3	14.4	12.0	7.3	-1.6	-18.7	-25.3
36259	2004	-29.9	-19.6	-10.6	2.2	9.0	13.3	15.4	12.8	5.8	-3.2	-14.5	-22.2
36259	2005	-31.2	-32.4	-12.6	0.8	6.7	13.1	16.2	13.5	7.2	-1.3	-14.0	-28.7
36259	2006	-24.3	-17.7	-7.2	0.1	5.1	13.8	14.8	11.8	7.1	-1.2	-11.4	-22.0
36259	2007	-25.6	-18.0	-9.5	3.1	8.1	13.5	16.7	13.2	7.7	-3.8	-18.4	-26.4
36259	2008	-34.0	-27.2	-9.3	0.2	9.1	14.3	16.2	13.6	6.5	-4.2	-17.4	-26.8
36259	2009	-27.3	-22.3	-13.7	3.3	7.9	11.0	15.1	12.1	6.7	-0.8	-21.0	-26.7
36259	2010	-29.2	-29.2	-15.9	-3.1	5.7	14.3	15.5	12.9	7.8	-2.7	-10.3	-24.4
36259	2011	-35.8	-25.3	-18.1	2.5	6.6	14.5	14.9	13.9	6.9	-2.0	-14.2	-24.7
36259	2012	-30.3	-26.0	-11.8	2.4	7.4	16.6	16.3	12.4	7.9	-1.0	-12.7	-25.2
36259	2013	-23.6	-24.9	-3.2	2.4	5.3	12.0	14.5	13.8	6.1	-1.5	-14.8	-24.2
36259	2014	-25.9	-26.8	-9.6	2.4	6.6	12.6	14.9	14.1	5.8	-0.8	-11.9	-22.5
36259	2015	-19.9	-16.2	-8.3	1.7	8.7	14.6	16.3	14.6	5.1	-2.2	-15.3	-21.8
36259	2016	-32.8	-26.0	-13.6	2.4	5.4	14.2	17.0	13.0	9.6			

Рисунок 5 – среднемесячные температуры в селе Кош-Агач

Рассчитаем усреднённые значения температуры за последние 10 лет и занесём их в таблицу 2 вместе с данными о средней дневной сумме солнечной радиации.

Таблица 2 – Среднемесячные значения радиации и температуры

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Радиация, кВт·ч/м ²	1,46	2,42	3,77	4,81	5,8	6,07	5,79	5,26	3,99	2,67	1,62	1,12
Температура, °С	-28,5	-24,1	-11,4	1,7	7,1	13,7	15,7	13,2	7,7	-2,1	-13,5	-24,6

Рассчитаем вырабатываемую за месяц электроэнергию по формуле [10]:

$$W_M = \frac{k \cdot P_M \cdot N \cdot E_M}{1000}, \quad (1)$$

где k – коэффициент, учитывающий потери энергии из-за наклонного падения лучей на поверхность солнечных модулей в течение дня, может быть принят равным 0,7;

P_M – мощность солнечного модуля с учётом температуры, Вт;

N – количество солнечных модулей, шт. Для рассматриваемой СЭС $N=42000$ шт.;

E_m – средняя месячная сумма солнечной радиации, кВт·ч/м².

Для учёта температуры окружающей среды запишем зависимости тока и напряжения модуля от температуры [10]:

$$I_T = I_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 25)), \quad (2)$$

$$U_T = U_0 \cdot (1 - \beta \cdot (T - 25)), \quad (3)$$

где I_T , U_T – Ток КЗ и напряжение ХХ при температуре модуля T ;

I_0 , U_0 – Ток КЗ и напряжение ХХ при температуре модуля в 25 °С;

α , β – температурные коэффициента тока и напряжения,

$\alpha = 0,07$ %/град, $\beta = 0,4$ %/град;

T – температура солнечного модуля, °С.

С учётом формул (2) и (3) запишем выражение для P_m :

$$P_m = P_n \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 25)) \cdot (1 - \beta \cdot (T - 25)), \quad (4)$$

где P_n – номинальная мощность солнечного модуля, Вт.

На Кош-Агачской СЭС мощность модулей 250 Вт, поэтому примем $P_m=250$ Вт. Температуру модуля можно приближённо принимать равной на 10 градусов выше температуры окружающего воздуха.

Средняя месячная сумма солнечной радиации рассчитывается по формуле:

$$E_m = E_d \cdot N_d, \quad (5)$$

где E_d – средняя дневная сумма солнечной радиации, кВт·ч/м²;

N_d – число дней в рассматриваемом месяце.

Произведём расчёт вырабатываемой СЭС электроэнергии по месяцам. В качестве примера рассмотрим расчёт показаний для июня.

Мощность солнечного модуля с учётом температуры:

$$P_M = 250 \cdot (1 + 0,0007 \cdot (23,7 - 25)) \cdot (1 - 0,004 \cdot (23,7 - 25)) = 251,1 \text{ Вт.}$$

Средняя месячная сумма солнечной радиации

$$E_M = 6,07 \cdot 30 = 182,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2.$$

Выработанная за июнь электроэнергия:

$$W_M = \frac{0,7 \cdot 251,1 \cdot 42000 \cdot 182,1}{1000} = 1344324 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Сведём данные за все месяцы в таблицу 3.

Таблица 3 – Выработанная СЭС электроэнергия по месяцам

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Выработка, млн. кВт·ч	0,38	0,56	0,93	1,11	1,36	1,34	1,32	1,21	0,9	0,64	0,39	0,29

Итого суммарная генерация в год составила 10,43 млн. кВт·ч, что составляет примерно 2% от всего годового потребления Республики Алтай [2]. В дневное время мощности СЭС хватает, чтобы полностью перекрыть потребность Кош-Агачского района и частично соседних, что значительно уменьшат перетоки мощности с Бийского энергорайона.

Построим по данным таблицы 3 график годовой генерации Кош-Агачской СЭС (Рисунок 6).

Также возьмём данные Системного оператора по среднемесячным нагрузкам ОЭС Сибири [11] и построим график, изображённый на рисунке 7. Энергосистема Республика Алтай является частью ОЭС Сибири, поэтому тенденция изменения потребления электроэнергии по месяцам у неё схожа с представленным ниже графиком с незначительной погрешностью.

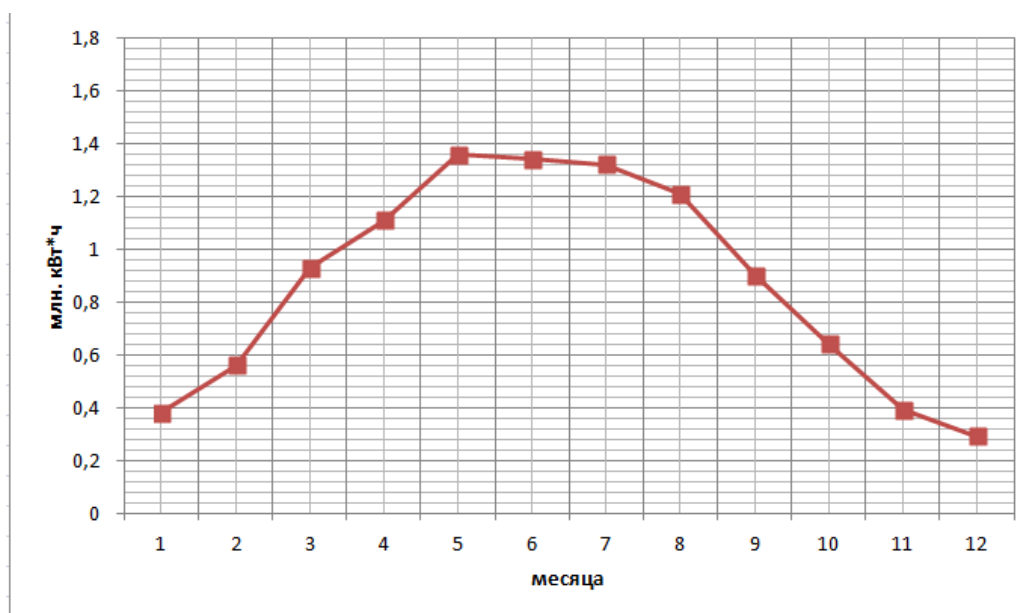


Рисунок 6 – График генерации Кош-Агачской СЭС по месяцам

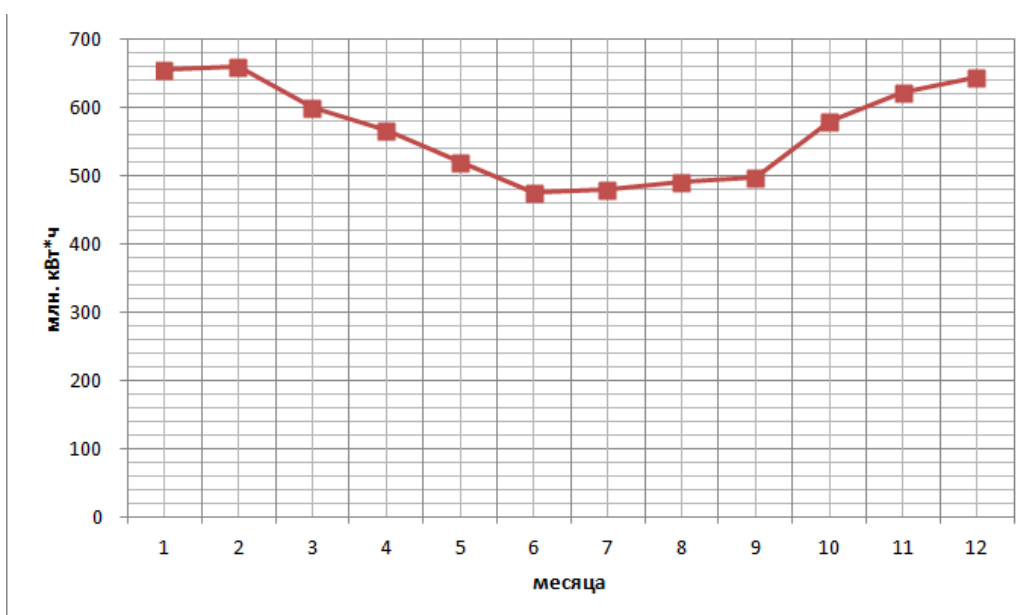


Рисунок 7 – График потребления ОЭС Сибири по месяцам

Как можно видеть, годовые графики генерации СЭС и потребления Республики Алтай не совпадают. Генерация СЭС значительно преобладает в летнее время, тогда как пик потребления наоборот приходится на зимние месяцы, что накладывает ограничения на использование данного источника энергии, не позволяя ему занимать существенную часть в энергобалансе республики. Тем не менее, в летнее время СЭС способна обеспечить значительную часть энергопотребления ближайшим потребителям, что

снижает огромные потери в протяжённых сетях республики, повышая эффективность использования станций всей ОЭС Сибири.

С 1 июля 2017 года тариф на электроэнергию для населения Республики Алтай составит 4,81 руб/кВт·ч [12]. При годовой выработке СЭС 10,43 млн. кВт·ч и затратах на обслуживание в 10 млн. руб., размер ежегодной экономии составит 40,17 млн. руб.

3 Солнечный трекер

3.1 Актуальность использования и проблемы эксплуатации трекеров

Одной из основных проблем для солнечных установок является их резко неравномерная генерация электроэнергии в течение дня.

Рассмотрим типичные графики генерации СЭС и потребления электроэнергии жителями в течение суток (рисунки 8 и 9) [13].

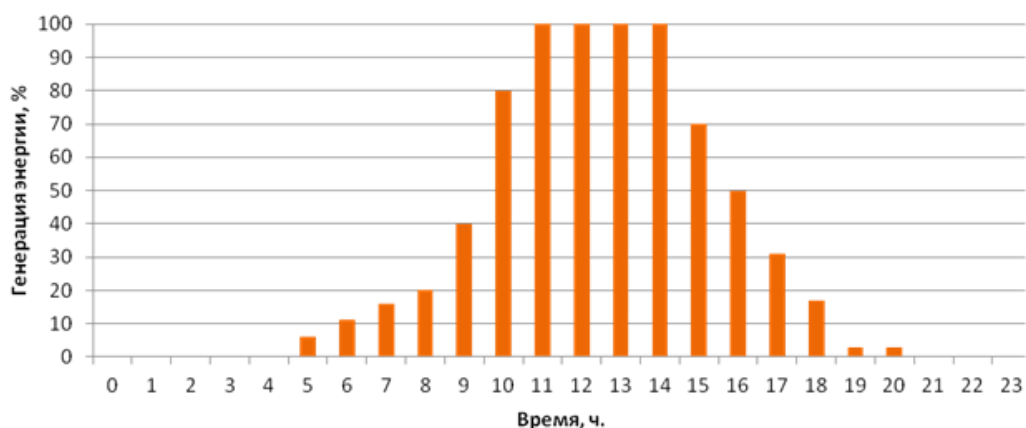


Рисунок 8 - Суточный график генерации СЭС

Генерация СЭС характеризуется отсутствием выработки в ночное время, явно выраженным пиком в полдень и относительно плавным нарастанием и спаданием генерации в утреннее и вечернее время соответственно. Объясняется это, в первую очередь, суточным графиком солнечной радиации, который схож по виду с графиком на рисунке 8. Но при этом генерация на СЭС также существенно снижается в утреннее и вечернее время за счёт отклонения линии лучей от нормали к плоскости солнечных панелей (солнечные панели располагают обычно направленными на юг). В результате значительное количество лучей отражается, а площадь приёмной поверхности уменьшается, что приводит в совокупности к крайне низким показателям генерации в утреннее и вечернее время.

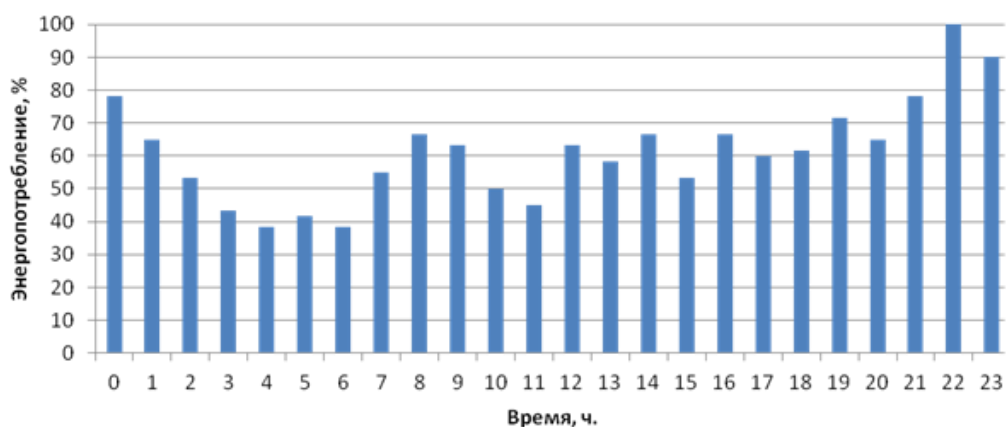


Рисунок 9 –Усреднённый график суточного электропотребления жилого дома

Рассмотрим также график суточных нагрузок (рисунок 9). Анализ даёт следующие результаты. Минимальное значение потребление идёт в ночное время, утром идёт резкий пик (так называемый «утренний пик»), после которого следует спад до обеда. После обеда нагрузка остаётся приблизительно постоянной, а затем снова резко поднимается после окончания рабочего дня, когда начинается «вечерний пик», и нагрузка поднимается до своего максимального значения, затем снова плавно снижаясь до минимума при наступлении ночи.

Из сравнения графиков генерации и нагрузок становится понятно, что они значительно не совпадают между собой. Пики утренних и вечерних нагрузок приходятся на низкий уровень генерации СЭС.

В связи с этим для обеспечения бесперебойного электроснабжения требуются значительные объёмы накопителей энергии либо передача мощностей из других энергорайонов, что для Республики Алтай характеризуются значительными потерями электроэнергии.

Так как влиять на интенсивность излучения в течение дня мы никак существенно не можем, единственным действенным способом выравнивания генерации солнечных панелей является их ориентация в течение дня на солнце. Применение наиболее эффективных способов ориентации позволяет

повысить генерацию примерно на 40%, а также сделать её более равномерной в течение дня.

Типичная зависимость мощности солнечной панели от угла падения лучей приведена на рисунке 10. Как можно видеть, при угле отклонения линии падения лучей от нормали свыше 90 градусов, выдаваемая панелью мощность может снижаться приблизительно в 5 раз [14].



Рисунок 10 – Зависимость мощности солнечной панели от угла падения на неё лучей

Солнечный трекер (система ориентирования) позволяет не только увеличивать эффективность работы обычных солнечных батарей, но и необходим для нормальной работы концентрирующих систем, которые всё шире применяются на СЭС в качестве удешевления итоговой стоимости генерации. Благодаря тому, что трекер периодически ориентирует батарею на линии падения солнечных лучей, гораздо большее количество солнечных радиации достигает фотоэлементов, при этом значительно меньше отражаясь, а значит, увеличивается выходная мощность. Для концентраторов, предъявляющих довольно жёсткие требования к углу падения солнечных лучей, система ориентирования просто незаменима.

Но на данный момент солнечные трекеры характеризуются довольно высокой себестоимостью, которая не оправдывает их применение для повышения генерации, а также жёсткими условиями эксплуатации и порой не максимально эффективным алгоритмом ориентирования, что ограничивает их применение в условиях нашей страны.

Село Кош-Агач находится в межгорной котловине, а также закрыто главным водоразделом Атлайских гор от Атлантического океана, поэтому характеризуется резко континентальным климатом.

Также по графику на рисунке 10 можно заметить, что при небольших отклонениях от нормали (до 5-10 градусов) мощность панелей меняется незначительно.

В связи с вышесказанным для Кош-Агачской СЭС наиболее актуальным будет являться трекер, обладающий низкой себестоимостью пусть и за счёт небольшого снижения точности (до нескольких градусов), а также способностью эксплуатироваться в суровых природных условиях села Кош-Агач.

3.2 Описание состава и функционала солнечного трекера

Ориентирование на солнце возможно с помощью одноосевых и двухосевых систем слежения. Если первая способна регулировать фотоэлектрическую панель только по азимуту, то вторая может ориентироваться также и по высоте. Естественно, что фотоэлектрическая панель, оборудованная двухосевой системой, способна выработать наибольшее количество энергии. Но в то же время конструкция двухосевой системы более сложна, сильнее подвержена риску выхода из строя. К тому же цена на двухосевые системы будет существенно выше, но выигрыш в мощности по сравнению с одноосевой системой составит не более 10% [15]. В то же время применение одноосевой системы по сравнению со стационарной батареей позволяет увеличить эффективность примерно на

30%. Именно поэтому массовое производство одноосевых систем кажется наиболее приемлемым и осуществимым.

Существует несколько основных способов ориентирования на солнце:

- Ручная наводка. Обладает относительно невысокой точностью, к тому же требует оператора, что неудобно.

- Пассивная система. Основана на программировании алгоритма движения в течение дня. Высокая точность, не требующая оператора. Но требуется введение поправок движения на каждый день года. Такая установка требует перепрограммирования при изменении местоположения, а также не учитывает преломление лучей в связи с облачностью, снежным покровом и другими факторами, которые изменяют оптимальное положение для солнечной батареи.

- Активная система. Позволяет отслеживать максимум солнечной активности в данный момент времени и направлять солнечную батарею именно туда.

Активная система наиболее удобна и эффективна. Именно она позволяет получить наибольшую эффективность.

На данный момент автором работы создана фирма «Solar Technic», осуществляющая в том числе продажу разработанных солнечных трекеров, которые удовлетворяют условия работы в Республике Алтай, а так же имеют привлекательную стоимость, позволяющую получить от внедрения данных устройств экономический эффект.

Разработанный солнечный трекер в качестве привода использует коллекторный двигатель постоянного тока с червячным редуктором. Это позволяет подключаться установке напрямую к аккумуляторам, иметь недорогую себестоимость привода, а также высокую надёжность при эксплуатации, предотвращая поворот вала редуктора за счёт внешних сил.

Главной частью установки является плата управления, которая отслеживает положение солнца в пространстве и задаёт управляющий сигнал для поворота солнечных панелей. В связи с запретом на распространение

ныне используемой схемы ниже приведена схема, применявшаяся на ранних стадиях разработки солнечного трекера.

Принцип действия платы показан на рисунке 11. Два диода (LED1 и LED2) разведены на угол около 50 градусов. Поскольку солнечное излучение, падающее на них, различно, то они посылают соответствующий импульс, усиливаемый транзистором Q5. Далее он параллельно идёт через логические элементы DD3A и DD3B, DD3F, вследствие чего сигналы, доходящие до микросхем DD1 и DD2, являются противоположными. Поэтому микросхемы замыкают противоположные по знаку полюса, начинает течь ток и работать мотор (из одной микросхемы сигнал выходит через LO, а в другой через HO, открывая мосфеты Q1(или Q2) и Q3(или Q4) соответственно). При изменении импульса на противоположный полюса меняются местами, следовательно, меняется направление тока, а значит и направление движение мотора. Установка останавливается в тот момент, когда излучение, падающее на оба светодиода, одинаково, либо по истечении определённого промежутка времени (около 10 секунд). Часть платы, где расположен реостат R6, отвечает за шаг системы, т.е. не позволяет фотоэлектрической панели ориентироваться без остановки, что приводило бы к большим и бесполезным энергозатратам.

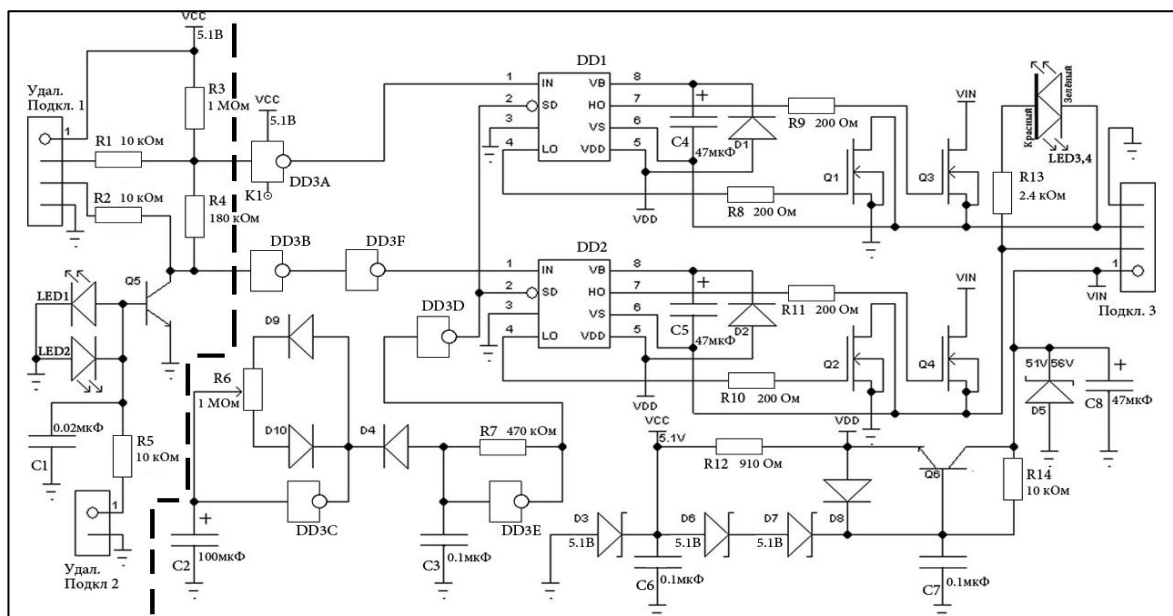


Рисунок 11 - Принципиальная схема предыдущей платы управления

Ниже представлен алгоритм сборки трекера для солнечных панелей мощностью 400Вт.

В связи с тем, что диаметр ведущего вала червячного редуктора 10мм, а вала мотор-редуктора 8мм, выточены соединительные муфты. Сопряжение валов происходит через гибкую прокладку из резины, что нивелирует осевое биение и смещение. Для точного закрепления корпусов двигателя и редуктора между собой выточен также соединительный корпус. Основные детали полученного составного электропривода указаны на рисунке 12.



Рисунок 12 - Составные части электропривода

Собранный электропривод размещается в центре корпуса солнечного трекера. Ведомый вал червячного редуктора закрепляется в верхней части корпуса и соединяется с радиально упорным подшипником, воспринимающим основную нагрузку размещённых сверху солнечных панелей (рисунок 13).



Рисунок 13 - Процесс сборки солнечного трекера

На вал с подшипником сверху размещается опорная конструкция, на которой расположены солнечные панели. Плата управления за исключением датчиков поворота устанавливается внутри корпуса. Проводятся выводы для подключения к аккумулятору от солнечных панелей и трекера. Подключённая солнечная установка размещается на объекте (рисунок 14). Предлагаемый солнечный трекер имеет автоматическую ориентацию солнечных панелей на солнце по азимуту с углом поворота до 200 градусов и ручную установку солнечных панелей на угол наклона по высоте.



Рисунок 14 - Готовый солнечный трекер

В результате измерений и расчётов получено, что применение данного солнечного трекера в августе 2016 года повысило генерацию электроэнергии на 32%. На рисунке 15 изображены результаты для одного из исследуемых дней.

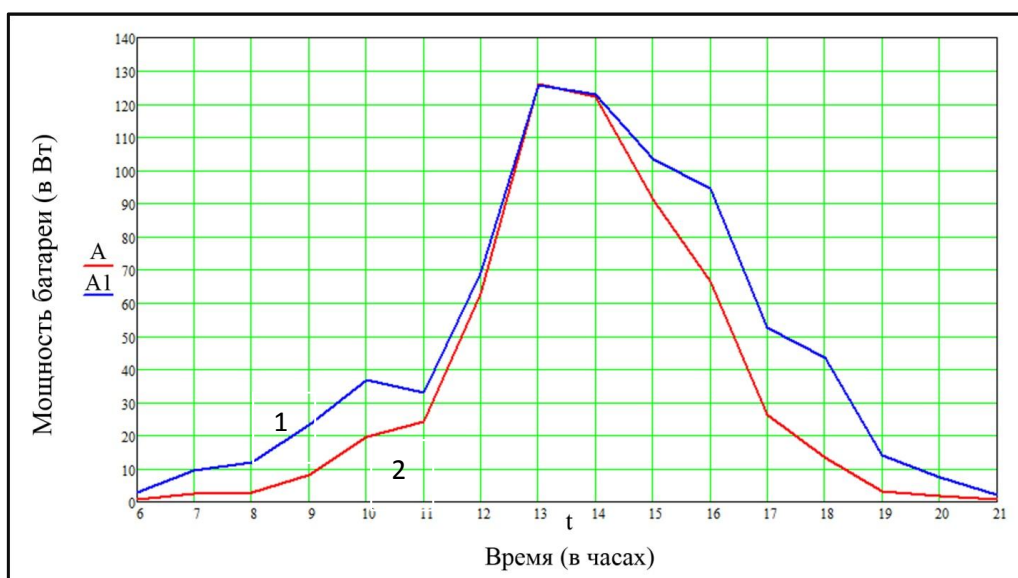


Рисунок 15 - Количество вырабатываемой за час энергии для ориентируемой солнечной панели (1) и для статичной панели (2)

Системы с использованием данных трекеров на данный момент установлены и уже больше года работают в Томске и в Алтайском крае, что подтверждает их надёжность и эффективность использования, в том числе, и для СЭС в Республике Алтай.

4 Релейная защита и автоматика

4.1 Обзор защищаемых объектов

В предыдущих разделах работы были рассмотрены вопросы повышения эффективности генерации СЭС, возможного снижения её себестоимости. Но одним из наиболее важных факторов при проектировании крупного электроэнергетического объекта является его надёжность. Под надёжностью подразумевается не только надёжность механизмов и правильность алгоритмов работы системы, но и возможность работы при возникновении ненормальных режимов, либо минимизации последствий и ущерба от возникновения таких режимов.

Функции ликвидации различного рода аварий или устранение аномальных режимов возлагаются на релейную защиту. Правильно выбранная и рассчитанная защита должна удовлетворять нормативным материалам в части обеспечения требований селективности, быстродействия и чувствительности.

В энергосистеме имеют место различного рода повреждения и перегрузки силового оборудования в процессе эксплуатации, которые, как правило, являются недопустимыми. Среди этих явлений наиболее тяжелым считается короткое замыкание (КЗ).

КЗ - аварийный режим работы для любого элемента энергосистемы, в том числе и линий электропередачи (ЛЭП) и трансформаторов. При КЗ наблюдается изменение параметров работы ЛЭП: ток, протекающий через линию, многократно увеличивается, а напряжение снижается. Указанные обстоятельства могут привести к негативным последствиям, как для линии (электродинамическое и термическое разрушение), так и для потребителей и энергосистемы в целом.

Надёжность функционирования РЗ обеспечивается не только качеством аппаратной и функциональной реализации, но и применением

резервирования. Любой комплекс РЗ включает в себя, как правило, кроме основных также резервные и дополнительные защитные устройства.

Основной считают защиту, предназначенную для работы при всех или части видов КЗ в пределах всего защищаемого объекта (например, 100 % длины линии) со временем, меньшим, чем у других установленных защит.

Резервной считают защиту, которая предусматривается для работы вместо основной защиты данного объекта в случаях ее отказа или вывода из работы (ближнее резервирование), а также вместо защит смежных элементов при их отказе или в случаях отказов выключателей смежных элементов (дальнее резервирование).

Комплекс РЗ выполняется так, чтобы при отказе РЗ или выключателя поврежденного элемента КЗ отключалось другими защитными устройствами или выключателями, выполняющими функции резервных.

Защитоспособность большинства основных РЗ ниже 100%, поэтому кроме основной и резервной на ответственных элементах применяется дополнительная защита.

Выполнение условий по надежности и качеству настройки возможно лишь при четком соответствии комплексу требований, изложенных в нормативных материалах. Соответствие реальных устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) этим требованиям обеспечивается, в основном, на стадии проектирования, которое при правильной его организации обязательно должно быть комплексным.

Согласно программе развития электроэнергетики Республики Алтай на 2017-2021 годы к 2021 году планируется ввод ВЛ 110кВ между подстанциями Кош-Агачская и Ташантинская, что связано с присоединением новых потребителей Кош-Агачском районе (логистического центра на государственной границе). Длина воздушной линии – 50км. Стоимость строительства – 99 млн. руб в ценах 2000 года [2]. Место расположения ПС и ЛЭП изображено на рисунке 16.



Рисунок 16 – Схема расположения ПС и ЛЭП

Переведём стоимость строительства в цены 2017 года. При расчёте будем использовать индексы изменения стоимости проектных и изыскательных работ для I квартала 2017, которые равняются 3,99 [16]. Соответственно, заложенная стоимость строительства составляет:

$$99 \cdot 3,99 = 395,01 \text{ млн. руб}$$

В связи с полученной стоимостью ЛЭП, а также с учётом стоимости трансформаторного оборудования на подстанциях обоснована необходимость проектирования и расчёта защит для предотвращения аварийных ситуаций и надёжного электроснабжения потребителей.

Защищаемая линия – ВЛ 110кВ Кош-Агачская – Ташантинская.

В качестве трансформатора на Кош-Агачской подстанции выбран, основываясь на максимальной выдаваемой мощности СЭС (10 МВт), ТДН-16000/110-У1.

ТДН-16000/110-У1- Трансформатор силовой, трехфазный, двухобмоточный, с естественной циркуляцией масла и принудительной циркуляцией воздуха, с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН), с диапазоном регулирования $\pm 9 \times 1,78\%$ со стороны ВН. Автоматическое управление осуществляется от автоматического контролера поставляемого вместе трансформатором. Применение трансформатора типа ТДН – обеспечить потребителю надёжное электроснабжение в течение всего срока эксплуатации [17].

На ПС Ташантинской план развития Республики Алтай предполагает установку в 2021 году двух трансформаторов по 6,3МВ·А [2]. В качестве трансформаторов на данной ПС выберем ТМН-6300/110-У1 [18].

Занесём данные ЛЭП и трансформаторов в таблицы 4,5 и 6.

Таблица 4 - Данные линии

Уровень напряжения, кВ	Протяжённость, км	Удельное индуктивное сопротивление, Ом/км
110	50	0,4

Таблица 5 - Данные трансформатора ТДН-16000/110-У1

Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВ·А	Номинальное напряжение ВН, кВ	Номинальное напряжение НН, кВ	Потери, кВт ΔP_x	Потери, кВт ΔP_k	Uк, %
ТДН	16000	115	11	13	85	10,5

Таблица 6 - Данные трансформатора ТМН-6300/110-У1

Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВ·А	Номинальное напряжение ВН, кВ	Номинальное напряжение НН, кВ	Потери, кВт ΔP_x	Потери, кВт ΔP_k	Uк, %
ТДН	6300	115	11	6,5	35	10,5

На рисунке 17 изображена структурная схема рассматриваемой системы. СЭС мощностью 10МВт и напряжением 0,4кВ подключена к блоку инверторов, на выходе которых получено переменное напряжение 10кВ. Далее через трансформатор ТДН-16000/110 питание подаётся на ВЛ 110кВ до потребителей S_H .

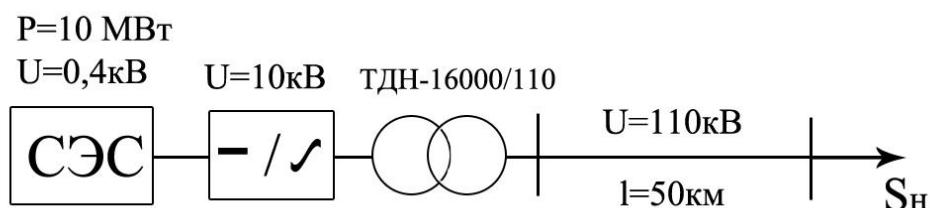


Рисунок 17 – Схема исследуемой системы

При расчётах будем использовать следующие допущения:

- 1) Не учитываются активные сопротивления линии
- 2) Удельные индуктивные сопротивления не зависят от класса напряжения линии и принимаются равными 0,4 Ом./км.
- 3) При расчётах не учитывается влияние предшествующих нагрузочных режимов
- 4) При расчётах замыканий на землю не учитывается взаимоиндукция
- 5) Ввиду неизвестности сопротивлений инверторов и СЭС при расчётах КЗ их индуктивные сопротивления принимаются близкими к нулю, а сам блок СЭС-инверторы заменяется источником ЭДС.

4.2 Выбор аппаратной реализации

В настоящее время в электроустановках используются устройства РЗА трех типов: электромеханические, микроэлектронные и микропроцессорные. Наиболее современным является последние.

Электромеханические РЗА являются первым поколением средств автоматики. Устройства данного типа являются достаточно простыми в эксплуатации и настройке. Кроме того, накоплен огромный опыт работы с ними: имеется множество проверенных методик проектирования, разработки и настройки электромеханических РЗА. Основным недостатком этих устройств является то, что они морально устарели и не соответствуют тенденциям развития современных ЭЭС, в связи с чем практически прекратилось их производство.

С начала 90-х годов начался серийный выпуск защит, выполненных на базе интегральных микросхем (микроэлектронная элементная база). Микропроцессорные защиты обладают рядом преимуществ по сравнению с электромеханическими: быстрдействие, точность, чувствительность, элементы функционального и тестового контроля, меньшее потребление от цепей тока и напряжения, удобство наладки и эксплуатации и др.

Наиболее современными, как уже отмечалось выше, является микропроцессорные защиты. По сравнению с реле на электромеханической и микроэлектронной элементной базе имеют ещё ряд следующих преимуществ: это компактность и многофункциональность; низкий уровень потребления по цепям оперативного тока и измерительным цепям; возможность дистанционного контроля состояния и управления устройствами; высокая точность и стабильность в работе; значительно меньшие трудозатраты на техническое обслуживание.

Но широкому внедрению микропроцессорных устройств препятствуют такие факторы как:

- высокая стоимость;
- типизация технических решений по релейной защите и противоаварийной автоматике;
- несоответствующая квалификация кадров, требуется переподготовка.

Тем не менее, на данный момент уже идёт подготовка кадров под реле на микропроцессорной технике, а повышенная стоимость нивелируется преимуществами в эксплуатации.

С учетом всего вышесказанного в данной курсовой работе выбраны микропроцессорные устройства защиты.

4.3 Выбор типов и устройств защиты

Согласно ПУЭ, глава 3.2, для одиночных линий 110кВ с односторонним питанием от многофазных замыканий может применяться дистанционная ступенчатая защита, которая обладает большим быстродействием в сравнении с токовыми ступенчатыми защитами.

От замыканий на землю должна быть предусмотрена, как правило, ступенчатая токовая направленная или ненаправленная защита нулевой последовательности[19].

Выбираем в качестве основной защиты от междуфазных замыканий ступенчатую дистанционную защиту, в качестве резервной – токовую отсечку без выдержки времени. Для защиты от замыканий на землю используем ступенчатую токовую направленную защиту нулевой последовательности.

Для защиты линии 110 кВ выберем микропроцессорное устройство РЗА: шкаф типа ШМЗЛ-01, структурная схема которого приведена в Приложении.

Шкаф типа ШМЗЛ-01 предназначен для выполнения функции дистанционной и токовой защиты линий 110-220 кВ.

Шкаф типа ШМЗЛ-01 содержит один комплект защит, реализованный на базе микропроцессорного устройства релейной защиты и автоматики типа БЭМП-ДТЗ.01

Комплект содержит четырехступенчатую дистанционную защиту, четырехступенчатую токовую направленную защиту нулевой последовательности, с дополнительными возможностями ускорения действия этих защит от оперативных переключателей и сигналов высокочастотного телеотключения (ВЧТО), передачу сигналов ВЧТО на другой конец линии, а также токовую отсечку и ненаправленную максимальную токовую защиту, УРОВ и автоматику разгрузки при перегрузке по току.

Для защиты трансформатора типа ТДН - 16000/110 от повреждений и ненормальных режимов должны быть предусмотрены следующие типы защит:

- Газовая защита от повреждений внутри кожуха, сопровождающихся выделением газа и (или) уменьшением уровня масла;
- Продольная дифференциальная защита на выводах и внутри повреждений;
- Максимальная токовая защита с действием на сигнал или на разгрузку и на отключение, защищающая от возможной перегрузки.

Выбираем терминал TOP-200-T, предназначенный для использования в качестве защиты двухобмоточных трансформаторов мощностью до 40 МВ·А.

Терминал содержит следующие защиты: дифференциальная токовая защита с торможением; одноступенчатая ненаправленная токовая защита от замыканий на землю; отключение при действии газовой защиты трансформатора и РПН; дифференциальная токовая отсечка; трехступенчатая ненаправленная МТЗ; УРОВ с отдельным токовым органом; отключение от внешних цепей; токовый орган второй гармоники со стороны ВН; организация цепей пуска МТЗ.

К особенностям терминала можно отнести:

Цифровое подстраивание фазовых сдвигов при различных схемах соединения, а также подстройка коэффициентов трансформации ТТ;

Отстройка от броска тока намагничивания трансформатора при включении.

4.4 Планирование и расчёт аварийных режимов

Для выбора и расчета уставок защит, необходимо посчитать токи короткого замыкания в нескольких точках (точки К1, К2 и К3). Для этого составим схему замещения (рисунок 18).

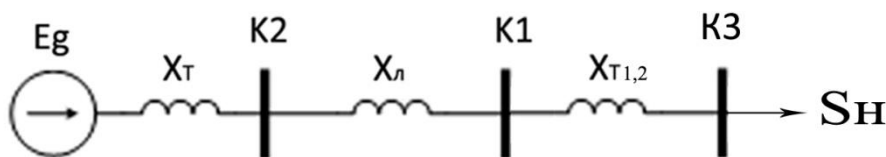


Рисунок 18 - Схема замещения сети

Для расчёта параметров схемы замещения в именованных единицах принимаем базисное условие:

$$U_{\phi} = 115 \text{кВ};$$

Расчет параметров схемы замещения:

Линия:

$$x_{Л} = 0,4 \cdot 50 \cdot \frac{115^2}{110^2} = 21,86 \text{ Ом}$$

Трансформатор ТДН-16000/110:

$$x_T = \frac{U_{K\%}}{100\%} \cdot \frac{U_B^2}{S_{НОМ}} = 0,105 \cdot \frac{115^2}{16} = 86,79 \text{ Ом}$$

Трансформатор ТМН-6300/110:

$$x_{T1,2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_{K\%}}{100\%} \cdot \frac{U_B^2}{S_{НОМ}} = 0,105 \cdot \frac{115^2}{6,3} = 110,21 \text{ Ом}$$

Расчёт токов короткого замыкания

1) Найдём ток трёхфазного короткого замыкания в точке К1 (рисунок 18)

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot (X_{Л} + X_T)} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot (21,86 + 86,79)} = 0,611 \text{ кА.}$$

Двухфазный ток короткого замыкания в точке К1

$$I_{k1}^{(2)} = I_{k1}^{(3)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,611 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,529 \text{ кА.}$$

Рассчитаем ток однофазного КЗ в точке К1

$$I_{K1} = \frac{jU_{\phi}}{j\sqrt{3}(X_{\Delta} + X_{(k1)1\Sigma})} = \frac{115}{\sqrt{3}(174,451 + 108,65)} = 0,235 \text{ кА,}$$

где $X_{\Delta} = X_{(k1)0\Sigma} + X_{(k1)2\Sigma} = 65,801 + (21,86 + 86,79) = 174,451 \text{ Ом,}$

$X_{(k1)0\Sigma}$ - сопротивление нулевой последовательности;

$X_{(k1)2\Sigma}$ - сопротивление обратной последовательности;

$X_{(k1)1\Sigma}$ - сопротивление прямой последовательности.

Для данной схемы можно считать сопротивление обратной последовательности равным прямой последовательности.

Составим схему замещения нулевой последовательности (рисунок 19). Так как КЗ (К1) произошло со стороны обмоток ВН трансформаторов, соединённых в звезду с заземлённой нейтралью, а обмотки НН у них соединены в треугольник, то после трансформаторов ставим нулевой потенциал.

Сопротивление нулевой последовательности:

$$X_{(k1)0\Sigma} = \frac{(X'_l + X_m) \cdot X_{m1,2}}{X'_l + X_m + X_{m1,2}} = \frac{(76,51 + 86,79) \cdot 110,21}{76,51 + 86,79 + 110,21} = 65,801 \text{ Ом},$$

где $X'_l = k_m \cdot X_l = 3,5 \cdot 21,86 = 76,51 \text{ Ом}$,

k_T – коэффициент для одноцепной линии без троса.

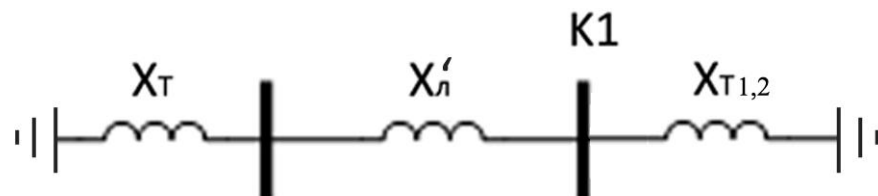


Рисунок 19 – Схема замещения нулевой последовательности

Модуль тока:

$$I_{k1}^{(1)} = m \cdot I_{K1} = 3 \cdot I_{K1} = 0,235 \cdot 3 = 0,705 \text{ кА}.$$

2) Найдём ток трёхфазного КЗ в точке К2

$$I_{k2}^{(3)} = \frac{U_{\bar{0}}}{\sqrt{3} \cdot X_T} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 86,79} = 0,765 \text{ кА}.$$

Двухфазный ток короткого замыкания в точке К2

$$I_{k2}^{(2)} = I_{k2}^{(3)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,765 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,66 \text{ кА}.$$

Рассчитаем ток однофазного КЗ в точке К2

$$I_{K2} = \frac{jU_{\bar{0}}}{j\sqrt{3}(X_{\Delta} + X_{(k2)1\Sigma})} = \frac{115}{\sqrt{3}(146,04 + 86,79)} = 0,285 \text{ кА},$$

где $X_{\Delta} = X_{(k2)0\Sigma} + X_{(k2)2\Sigma} = 59,25 + 86,79 = 146,04 \text{ Ом}$.

Для данной схемы можно считать сопротивление обратной последовательности равным прямой последовательности.

Сопротивление нулевой последовательности (рисунок 20):

$$X_{(k1)0\Sigma} = \frac{(X'_l + X_{m1,2}) \cdot X_m}{X'_l + X_m + X_{m1,2}} = \frac{(76,51 + 110,21) \cdot 86,79}{76,51 + 86,79 + 110,21} = 59,25 \text{ Ом.}$$

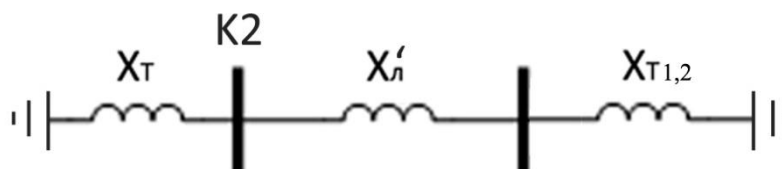


Рисунок 20 – Схема замещения нулевой последовательности

Модуль тока:

$$I_{k2}^{(1)} = m \cdot I_{K2} = 3 \cdot I_{K2} = 0,285 \cdot 3 = 0,855 \text{ кА.}$$

3) Найдём ток трёхфазного КЗ за приёмным трансформатором (т. К3):

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{jU_{\phi}}{j\sqrt{3}(X_l + X_m + X_{m1,2})} = \frac{115}{\sqrt{3}(21,86 + 86,79 + 110,21)} = 0,303 \text{ кА.}$$

Ток однофазного КЗ в точке К3:

$$I_{K1} = \frac{jU_{\phi}}{j\sqrt{3}(X_{\Delta} + X_{(k3)1\Sigma})} = \frac{115}{\sqrt{3}(218,86 + 218,86)} = 0,152 \text{ кА,}$$

где $X_{\Delta} = X_{(k3)0\Sigma} + X_{(k3)2\Sigma} = 0 + (21,86 + 86,79 + 110,21) = 218,86 \text{ Ом.}$

Для данной схемы можно считать сопротивление обратной последовательности равным прямой последовательности.

Т.к. КЗ произошло со стороны обмотки трансформатора, соединённой в треугольник, то сопротивление трансформатора нулевой последовательности равно бесконечности, ток нулевой последовательности не протекает, поэтому $X_{(k3)0\Sigma} = 0$

Модуль тока:

$$I_1^{(1)} = m \cdot I_{K1} = 3 \cdot I_{K1} = 0,152 \cdot 3 = 0,456 \text{ кА.}$$

5 Принцип действия защит линии и их расчёт

5.1 Дистанционная защита

Принцип действия дистанционной защиты основан на контроле изменения сопротивления. Например, защищаемым объектом является линия, изображенная на рисунке 21.

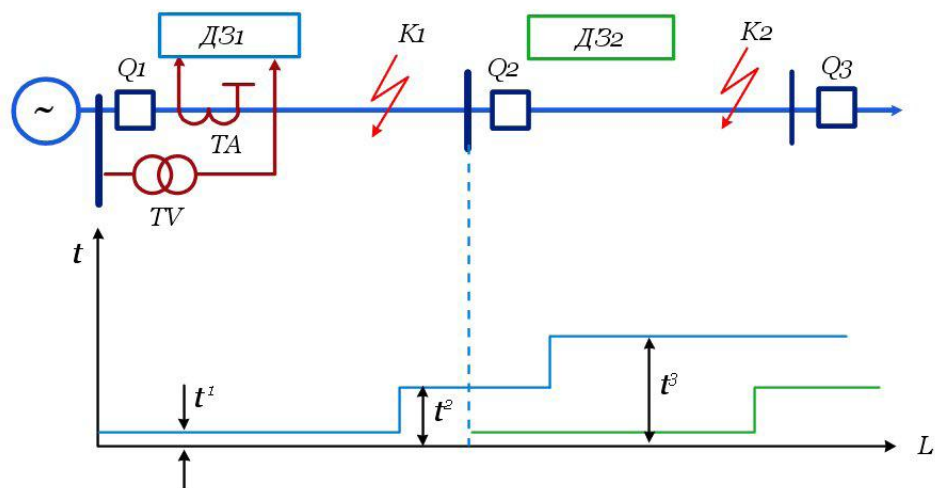


Рисунок 21 - Принцип действия дистанционной защиты

В нормальном режиме параметры напряжения на шинах и тока в линии близки к номинальным: $U_{Л} = U_{норм}$, $I_{Л} = I_{норм}$, тогда и сопротивление

защищаемого участка $Z_N = \frac{U_{норм}}{I_{норм}}$ соответствует нормальному режиму.

При возникновении короткого замыкания напряжение на шинах уменьшается, ток в линии увеличивается, контролируемое сопротивление

уменьшается $Z_K = \frac{U_K}{I_K} < Z_N$.

Следовательно, контролируя изменение сопротивления, можно определить факт возникновения короткого замыкания и оценить удаленность точки короткого замыкания.

Обычно дистанционная защита выполняется в виде трех ступеней, характеристика ее времени срабатывания представлена на рисунке 21.

Первая ступень предназначена для работы при коротких замыканиях на защищаемой линии $Z_{сз} < Z_{л}$, то есть сопротивление срабатывания защиты должно быть меньше сопротивления линии.

Для идеальных трансформаторов тока и напряжения и при отсутствии погрешностей измерительных органов сопротивление срабатывания защиты должно быть равно сопротивлению линии, однако наличие погрешностей может привести к ложной работе защиты при коротком замыкании на смежных присоединениях.

Как правило, первая ступень охватывает порядка 85% длины защищаемой линии. При коротких замыканиях в зоне действия первой ступени защита работает без выдержки времени, $t_1=0$.

Вторая ступень предназначена для надежной защиты всей линии. Ее зона действия попадает на смежную линию, поэтому для исключения неселективного срабатывания защиты при коротком замыкании на отходящей линии в точке K_2 , вводится замедление на срабатывание, $t_2 = (0,4 \div 0,5)с$.

Третья ступень выполняет функции ближнего и дальнего резервирования.

В качестве измерительных органов дистанционной защиты используются реле сопротивления, которые могут выполняться на индукционной или полупроводниковой основе.

Расчёт

Сопротивление срабатывания первой ступени выбирается из условия отстройки от коротких замыканий на шинах противоположной подстанции:

$$Z_{сз}^I \leq K_N \cdot Z_{л},$$

Где $K_N = 0,8 \div 0,85$ - коэффициент надежности, учитывающий погрешности трансформаторов тока и трансформаторов напряжения, измерительных органов и погрешности расчета;

$Z_{Л} = |X_{Л}| = 21,86 \text{ Ом}$. - сопротивление линии.

$Z_{СЗ}^I \leq K_H \cdot Z_{Л} = 0,8 \cdot 21,86 = 17,49 \text{ Ом}$;

$t_{СР}^I = 0 \text{ с}$.

Сопротивление срабатывания второй ступени определяется по следующим условиям:

1. Отстройка от конца зоны действия первой ступени дистанционной защиты смежной линии:

$$Z_{СЗ}^{II} \leq K_H \cdot \left(Z_{Л} + \frac{K_H}{k_{ТОК}} Z'_{Л} \right),$$

где $K_H = 0,8 \div 0,85$ - коэффициент надежности;

$Z_{Л}$ - сопротивление защищаемой линии;

$Z'_{Л}$ - сопротивление смежной линии;

$k_{ТОК}$ - коэффициент токораспределения, учитывающий отношение тока короткого трехфазного замыкания в месте установки защиты к току короткого трехфазного замыкания в линии, с защитой которой проводится согласование.

2. Отстройка от короткого замыкания за трансформатором приемной подстанции:

$$Z_{СЗ}^{II} \leq K_H \cdot \left(Z_{Л} + \frac{Z_T}{k_{ТОК}} \right),$$

где $K_H = 0,8 \div 0,85$ - коэффициент надежности;

$Z_{Л}$ - сопротивление защищаемой линии;

Z_T - сопротивление трансформатора приёмной подстанции;

$k_{ТОК}$ - коэффициент токораспределения, учитывающий отношение тока короткого трехфазного замыкания в месте установки защиты к току короткого трехфазного замыкания в линии, с защитой которой проводится согласование.

Из рассчитанных значений сопротивлений срабатывания выбирается наименьшее.

По первому условию.

Смежная линия отсутствует, поэтому расчёт по данному условию не ведём.

По второму условию.

Согласование с защитой трансформатора Т:

Т.к. в линии и трансформаторе протекают одинаковые токи, то коэффициент токораспределения равен 1.

$$k_{\text{ТОК}} = 1,$$

$$Z_T = |X_T| = 86,79 \text{ Ом}.$$

$$Z_{C3}'' \leq K_H \cdot \left(Z_{Л} + \frac{K_H}{k_{\text{ТОК}}} Z_{T15} \right) = 0,8 \cdot \left(21,86 + \frac{0,8 \cdot 110,21}{1} \right) = 88,022 \text{ Ом}.$$

Принимаем сопротивление срабатывания второй ступени защиты $Z_{C3}'' = 88,022 \text{ Ом}$.

Коэффициент чувствительности второй ступени определяется по выражению:

$$K_q = \frac{Z_{C3}''}{Z_{Л}}.$$

В соответствии с ПУЭ необходимо иметь $K_q \geq 1,25$.

Для второй ступени защиты линии Л коэффициент чувствительности равен:

$$k_q = \frac{Z_{C3}''}{Z_{Л}} = \frac{88,022}{21,86} = 4,027.$$

Полученное значение коэффициента чувствительности отвечает требованиям ПУЭ.

Выдержка времени для второй ступени принимается равной:

$$t_{C3}'' = 0,5 \text{ с}.$$

Сопротивление срабатывания третьей ступени выбирается из условия отстройки от нагрузочного режима:

$$Z_{C3}^{III} \leq \frac{U_{\min} \cdot \sin \varphi_{\text{нагр.расч}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{нmax}} \cdot K_H \cdot K_B \cdot \sin \varphi_{\text{мч}}},$$

где $U_{\min} = 0,95 \cdot U_{\text{ном}}$ - минимальное рабочее напряжение на шинах подстанции;

$I_{\text{нагр.макс}} = 1,5 \cdot I_{\text{ном}}$ - максимальный нагрузочный ток;

$K_H = (1,2 \div 1,25)$ - коэффициент надежности;

$K_B = 1,05$ - коэффициент возврата;

$\varphi_{\text{мч}}$ - угол максимальной чувствительности реле;

$\varphi_{\text{нагр.расч}} \approx \varphi_{\text{мч}}$ - расчетный угол нагрузки.

Для определения максимального нагрузочного тока рассчитаем номинальный ток, протекающий в защищаемой линии Л.

Так как в исходных данных не имеется информации о величинах нагрузок, то определим примерные их значения, исходя из данных о максимальной мощности генерации.

Суммарная мощность генерации при работе СЭС на номинальной мощности $S_M = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$

Номинальный ток, протекающий по линии Л, определим по формуле:

$$I_{\text{ном}}^L = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 110} = 0,052 \text{ кА}.$$

Сопротивление срабатывания третьей ступени равно:

$$Z_{C3}^{III} \leq \frac{U_{\min} \cdot \sin \varphi_{\text{нагр.расч}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{нmax}} \cdot K_H \cdot K_B \cdot \sin \varphi_{\text{мч}}} = \frac{0,95 \cdot 110}{\sqrt{3} \cdot 1,5 \cdot 0,052 \cdot 1,2 \cdot 1,05} = 61,39 \text{ Ом}.$$

В соответствии с ПУЭ для третьей ступени необходимо иметь

$$k_{\text{ч}} \geq 1,5.$$

Для третьей ступени защиты линии Л коэффициент чувствительности равен:

$$K_{\text{ч}} = \frac{Z_{\text{СЗ}}^{\text{III}}}{Z_{\text{л}}} = \frac{61,39}{21,86} = 2,808.$$

Условие выполняется.

Итог:

Первая ступень защищает примерно 80% линии;

Вторая ступень защищает всю линию и часть трансформатора приёмной подстанции с выдержкой времени;

Третья ступень выполняет функции резервирования линии и части трансформатора.

5.2 Токовая отсечка

Токовая отсечка относится к токовым защитам, реагирующим на увеличение тока. Основное ее отличие от максимальной токовой защиты заключается в способе обеспечения селективности. В качестве примера рассмотрим участок сети, состоящий из двух линий с односторонним питанием, представленный на рисунке 22.

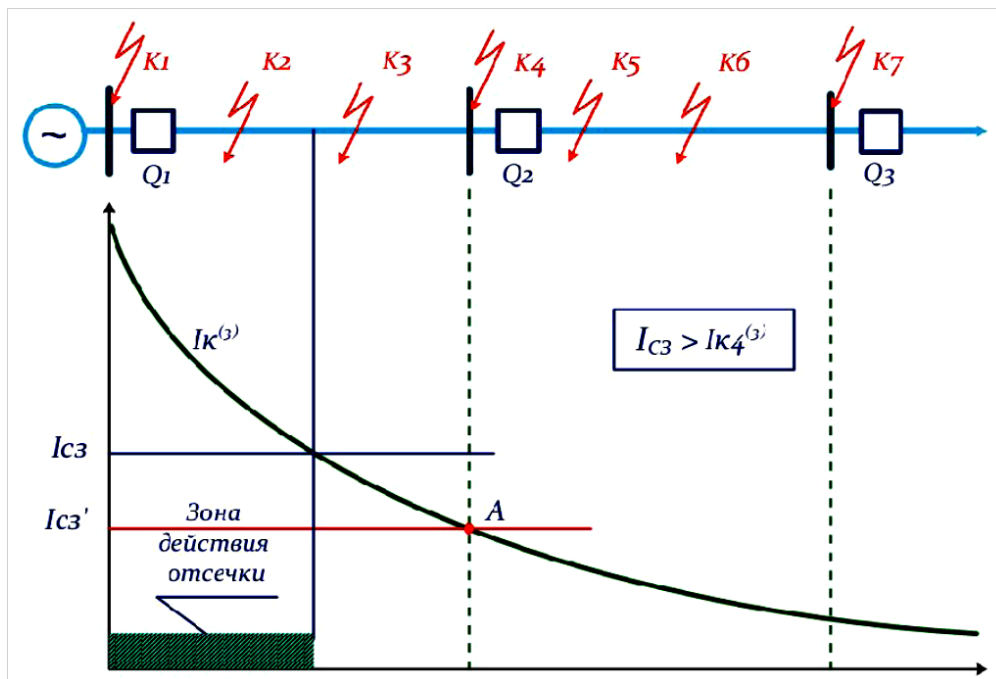


Рисунок 22 - Принцип действия токовой отсечки на линии с односторонним питанием

На рисунке 22 кривая показывает изменение тока трехфазного короткого замыкания в зависимости от расстояния до точки короткого замыкания. Кривая построена на основании выражения:

$$I_K^{(3)} = \frac{E_\phi}{X_c + X_0 \cdot l_K},$$

где E_ϕ - фазная э.д.с. системы;

X_c - сопротивление системы;

X_0 - удельное сопротивление 1 км линии;

l_K - расстояние до места короткого замыкания.

Для того чтобы защита работала при коротких замыканиях на своей линии и не работала на смежной линии, достаточно выполнить условие отстройки защиты от тока трехфазного короткого замыкания в конце линии:

$$I_{C3} \geq I_{K4}^{(3)}.$$

Приняв во внимание погрешности трансформаторов тока, реле и расчета, получим:

$$I_{C3} \geq K_N \cdot I_{K4}^{(3)},$$

где $K_N = (1,2 \div 1,3)$ - коэффициент надежности.

Таким образом, по принципу действия токовая отсечка не требует выдержки времени, селективность работы достигается за счет ограничения ее зоны действия.

Из-за того что зона работы отсечки не охватывает всю линию, отсечка не может быть использована в качестве единственной защиты.

Расчёт

Токовая отсечка предназначена для резервирования дистанционной защиты.

Ток срабатывания отсечки выберем с учетом условия отстройки от трехфазного короткого замыкания за приёмным трансформатором:

$$I_{cp.oms} = k_n \cdot I_{k3}^{(3)} = 1,2 \cdot 0,303 = 0,364 \text{ кА},$$

где k_n - коэффициент надежности;

$I_{k1}^{(3)}$ - максимальный ток трехфазного короткого замыкания за приёмными трансформаторами ТМН-6300/110.

Чувствительность токовой отсечки оценивается по току двухфазного замыкания в месте установки защиты.

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k2}^{(2)}}{I_{cp.oms}} = \frac{0,66}{0,364} = 1,813 > 1,2$$

Условие чувствительности отвечает требованиям.

Токовая отсечка не требует выдержки времени.

5.3 Токовая направленная ступенчатая защита нулевой последовательности.

Защита от замыканий на землю выполняется в виде токовой направленной трех или четырехступенчатой защиты нулевой

последовательности (ТНЗНП). Измерительные органы выполняются на реле тока и на реле мощности нулевой последовательности и подключается в нулевой провод группы трансформаторов тока.

В сетях с эффективным заземлением нейтрали около 80% повреждений связано с замыканиями на землю. Для защиты оборудования применяют устройства, реагирующие на составляющие нулевой последовательности.

Принцип действия состоит в следующем. Пусковое токовое реле, включенное на фильтр токов нулевой последовательности, реагирует на появление КЗ на землю, когда в нулевом проводе проходит ток $I_0 = 3I_{0\phi}$.

Реле мощности при этом фиксирует направление мощности КЗ, обеспечивая селективность действия: защита работает при направлении мощности КЗ от шин подстанции в защищаемую линию. Напряжение $U_0 = 3U_{0\phi}$ подводится к реле мощности от обмотки разомкнутого треугольника трансформатора напряжения.

Далее сигнал подаётся на реле времени, которое создает выдержку времени, необходимую по условию селективности, для каждой ступени.

Расчёт

Расчет первой ступени. Ступень I – отсечка без выдержки времени. При выборе тока срабатывания первой ступени должны учтём, что защита должна быть отстроена от тока однофазного замыкания на шинах противоположной ПС.

Ток срабатывания по данному условию:

$$I_{CЗ}^{1CT} \geq K_H \cdot 3I_{0расч} = 1,2 \cdot 0,855 = 1,026 \text{ кА},$$

где $K_H = 1,2 \div 1,3$ - коэффициент надежности;

$3I_{0расч}$ - ток однофазного замыкания в конце защищаемой линии.

Чувствительность первой ступени обычно не проверяется.

Расчет второй ступени. Ступень II – отсечка с выдержкой времени.

При выборе параметров срабатывания второй ступени необходимо учесть:

1. Ток срабатывания второй ступени защиты выбирается по условию согласования с первой ступенью защиты следующей линии.

Следующая линия отсутствует, поэтому по данному условию не рассматриваем.

2. Ток срабатывания второй ступени также должен быть отстроен от тока однофазного замыкания, протекающего через место установки защиты при замыкании на землю за трансформатором на стороне, прилегающей к сети с заземленной нейтралью.

$$I_{C3}^{2cm} = K_H \cdot 3I_{0PACЧ},$$

где $K_H = 1,2 \div 1,3$;

$I_{0pacч}$ - ток однофазного замыкания, протекающий в месте установки защиты при замыкании за трансформатором.

$$I_{C3}^{2cm} = K_H \cdot 3I_{0PACЧ} = 1,2 \cdot 0,456 = 0,547.$$

Чувствительность второй ступени проверяется по току однофазного замыкания в конце защищаемой линии:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{0pacч}}{I_{C3}^{2cm}} = \frac{0,855}{0,547} = 1,563 > 1,5.$$

Значение коэффициента чувствительности удовлетворяет нормативным требованиям, третью ступень можно не рассматривать.

Расчет четвёртой ступени. Должна быть отстроена от тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока при 3-ф КЗ на стороне НН трансформаторов своей и противоположной подстанции.

$$I_{C3}^{4cm} = k_n \cdot k_{пер} \cdot k_{нб} \cdot I_{расч} = 1,25 \cdot 1 \cdot 0,05 \cdot 0,156 = 0,01 \text{ кА},$$

где k_n – коэффициент надёжности, 1,25;

$k_{пер}$ - коэффициент, учитывающий появление токов небаланса в переходном режиме, 1;

$k_{нб}$ - определяет кратность току 3-ф КЗ, примем 0,05.

$$I_{расч} = 3 \cdot I_{ном} = 3 \cdot 0,052 = 0,156 \text{ кА}$$

Т.к. ток срабатывания меньше допустимых 60А, то примем

$$I_{сз}^{4 ст} = 0,06 \text{ кА} .$$

6 Принцип действия защит трансформатора и их расчёт

6.1 Газовая защита трансформатора.

Газовая защита устанавливается на трансформаторах с масляной системой охлаждения. Принцип действия газовой защиты основан на том, что при любом, даже незначительном повреждении обмоток, за счет выделения тепла происходит разложение масла. Разложение масла сопровождается выделением газа, интенсивность выделения которого зависит от тяжести повреждения.

Газовая защита выполняется при помощи газовых реле, представляющих собой металлический корпус, устанавливаемый в маслопровод между баком и расширителем трансформатора. Внутри корпуса реле устанавливаются поплавковые контакты, которые при появлении газа замыкают свои контакты. При слабом газообразовании реле действует на сигнал, при интенсивном - на отключение.

Газовая защита является простым и универсальным инструментом для определения внутренних повреждений трансформатора. Она позволяет определить и витковые замыкания, на которые не реагирует дифференциальная защита из-за малой величины тока.

6.2 Защита от повреждений на выводах и внутренних повреждениях трансформатора

Назначение: дифференциальная защита трансформатора является основной быстродействующей защитой трансформатора от всех видов КЗ в обмотках трансформатора блока и на его выводах.

Защита трансформатора, входящая в комплекс *ТОР-200-Т*, включается на токи трех фаз. Защита подключается к трансформаторам тока, встроенным во вводы обмотки высшего напряжения трансформатора.

1. Определяются токи плеч.

Схема соединения трансформатора ВН/НН – Y /Δ.

Вторичные обмотки главных трансформаторов тока на всех сторонах соединены по схеме «звезда». Расчет защиты сведем в таблицу 7.

Таблица 7 - Расчет защиты

Наименование величины	Обозначение и метод определения	Численные значения для сторон	
		110 кВ	10 кВ
Первичные номинальные токи трансформатора, А	$I_{НОМ} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3}U_{НОМ}}$	$\frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 83,98$	$\frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 923,76$
Схема соединения ТА		Y	Y
Коэффициент трансформации ТА	$n_{ТТ}$	$100/5$	$1000/5$
Вторичные токи в плечах защиты, А	$I_{НОМ} = \frac{I_{НОМ} \cdot k_{СХ}}{n_{ТТ}}$	$\frac{83,98 \cdot 1}{100/5} = 4,2$	$\frac{923,76 \cdot 1}{1000/5} = 4,62$

Возможная неодинаковость модулей и фаз токов в плечах защиты из-за разной группы соединения обмоток защищаемого трансформатора, устраняется в самом реле.

2. Определяются коэффициенты амплитудно-фазовой коррекции токов в плечах диф. защиты, k_1 и k_2 как отношение номинального тока защищаемого силового трансформатора $I_{Тр}$ для каждой из сторон к первичному номинальному току трансформатора тока. Диапазон изменения коэффициентов: от 0,1 до 1,0 с шагом 0,01.

$$k_1 = \frac{I_{НОМ}}{I_{ТА}} = \frac{83,98}{100} = 0,84$$

$$k_2 = \frac{I_{НОМ}}{I_{ТА}} = \frac{923,76}{1000} = 0,92$$

3. Определяется ток срабатывания защиты. Выбирается с учётом погрешности ТТ, изменении напряжения при регулировании под нагрузкой.

Начальный ток срабатывания реле:

$$I_{ср.ро} = 0,3 \cdot I_{НОМ} = 0,3 \cdot 83,98 = 25,194 \text{ А.}$$

4. Точка излома характеристики срабатывания.

Типичное значение уставки **В = 1,5**. При таком значении обеспечивается достаточная чувствительность к токам короткого замыкания в зоне рабочих токов.

5. Значение коэффициента торможения **КТ** принимается равным типичному значению уставки, составляющему 0,5. Более высокие значения КТ принимаются в случае резко различных условий работы трансформаторов тока при внешних коротких замыканиях.

6. Регулируемый диапазон тока срабатывания отсечки

$$I_{ср.отс} = (6 \div 12) \cdot I_{НОМ} = (6 \div 12) \cdot 83,98 = 503,88 \div 1007,76 \text{ А.}$$

Принимаем ток срабатывания отсечки

$$I_{ср.отс} = 6 \cdot I_{НОМ} = 6 \cdot 83,98 = 503,88 \text{ А.}$$

7. Производится отстройка от броска тока намагничивания.

Бросок тока намагничивания фиксируется за счет появления второй гармоники, величина которой должна быть не менее 10%. При обнаружении броска тока намагничивания начальный ток срабатывания принимает значение $I_{ср.вкл}$. Рекомендуемая уставка:

$$I_{ср.вкл} = 0,8 \cdot I_{НОМ} = 0,8 \cdot 83,98 = 67,184 \text{ А.}$$

8. Чувствительность защиты можно не проверять

6.3 Защита от перегрузки

Ток срабатывания защиты отстраивается от номинального тока трансформатора:

$$I_{ср} = \frac{k_{отс}}{k_{в}} I_{ном} = \frac{1,05}{0,8} \cdot 83,98 = 110,22 \text{ А,}$$

где $k_{отс} = 1,05$ - коэффициент отстройки;

$k_{в} = 0,8$ - коэффициент возврата.

6.4 Резервная защита

В качестве резервной защиты используется токовая отсечка и в случае возникновения КЗ за трансформатором отключаются инверторы.

Ток срабатывания защиты

$$I_{с.з.} = \frac{K_H}{K_B} \cdot I_{ном.тр} \cdot K_m = \frac{1,2}{0,8} \cdot 83,98 \cdot \frac{115}{11} = 1316,96 \text{ А,}$$

где $k_n = 1,05$ - коэффициент надёжности.

Ток срабатывания реле

$$I_{с.р.} = \frac{K_{сх}}{K_{ТТ}} \cdot I_{с.з.} = \frac{\sqrt{3}}{100/5} \cdot 1316,96 = 114,05 \text{ А.}$$

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Обоснование проведения работ

Кроме технической разработки и описания продукта одной из важнейших задач является изучение рынка и конечных потребителей, а также конкурентной среды. Нынешняя рыночная экономика не предполагает выживание компании и сохранения её продуктов на рынке, если они не пользуются потребительским спросом. Кроме этого, предложенные для реализации решения должны иметь экономическую обоснованность и актуальность.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является описание проекта с точки зрения экономики и конкурентоспособности.

В связи с этим основными задачами являются:

- Рассмотрение потенциальных потребителей проекта и разработанных продуктов
- Анализ конкурентов
- Рассмотрение алгоритма производства
- Расчёт себестоимости продукции
- Расчёт эффекта от внедрения

7.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

7.2.1. Потенциальные потребители результатов работы

К потенциальным клиентам предлагаемых нами солнечных установок (в том числе комплектуемых солнечными трекерами) можно отнести следующие целевые аудитории:

1) Владельцы дачных домов – люди, часть времени проживающие за городом в собственных дачных домах. Решаемые потребности – электрификация (в случае удалённости от электрических сетей), экономия затрат на электроэнергию (в случае повышенного тарифа на электроэнергию или в сравнении с использованием дизельных генераторов), возможность выделиться и обрести независимость от сетевых компаний (социальный фактор).

2) Жители районов с нецентрализованным электроснабжением – жители, проживающие, как правило, в небольших городах, посёлках, деревнях и т.п. местах, электрификация которых невозможна в силу ряда причин или сопряжена с неоправданно огромными капиталовложениями и затратами на обслуживание. Решаемые потребности – электрификация, экономия затрат на электроэнергию (солнечные установки не требуют топлива для работы, снижая переменные затраты на генерацию).

3) Ритейлеры солнечного оборудования и производители солнечных батарей – не являются конечными потребителями продукта, но относятся к значительному сегменту потенциальных покупателей, т.к. способны совершать покупки больших объёмов. Решаемые потребности – расширение линейки своей продукции, увеличение среднего чека за счёт возможности предоставить конечному потребителю увеличенный функционал и эффективность за счёт солнечных трекеров.

4) Строительные компании – компании, осуществляющие строительство малоэтажных домов и элитных эко-посёлков. Решаемые потребности – следование трендам экологичности и новаторства, выгодное отличие предложения на рынке недвижимости в сравнении с конкурентами.

5) Государственные компании, фирмы, реализующие государственные заказы – в рамках программы поддержки государством возобновляемой энергетики (Постановление Правительства РФ от 28 мая 2013 г. №449 "О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности").

Решаемые потребности – реализация требуемых по контракту мощностей на основе солнечной генерации с минимальными капиталовложениями.

На данный момент компания «Solar Technic» отдаёт приоритет клиентам из третьего и четвёртого пунктов, что связано в первую очередь с лёгкостью их поиска и контакта, а также большим размером выручки в расчёте на одну сделку. Пятый пункт рассматривается как сегмент для дальнейшего возможного развития, т.к. имеет высокий порог входа. Объектом исследования данной работы является Кош-Агачская солнечная электростанция, которая построена как раз в рамках программы поддержки государством развития возобновляемой энергетики в России.

7.2.2 Анализ конкурентных технических решений

Предлагаемый нами трекер основан на патенте «Солнечная установка» [20]. В таблице 8 приведено сравнение разработанного нами трекера с аналогами в России и других странах. Как можно заметить, в целом мы выгодно отличаемся по:

- углу поворота – наш трекер способен поворачиваться прямо на солнце даже в самые ранние и вечерние часы;
- цене – трекер имеет низкую себестоимость, обеспечивающую его конкурентоспособность и экономическую эффективность
- увеличению мощности в сравнении со статичной панелью – в июле выработка повышается до 32% для одноосевой ориентации
- возможностью регулировки режимов – трекер можно настраивать как по чувствительности, так и по ориентации на конкретное направление
- температуре эксплуатации – трекер пригоден для работы даже в условиях севера страны, что особенно актуально, к примеру, для Камчатки

Таблица 8 – Сравнение трекера с аналогами

Параметр анализа/фирма и модель	Наша продукция – Solar Technic, ST-1000	«EDS group» (Москва, Омск) ED1500	ЮСТ (Пенза) UST-VSAT	«Corporation XXII» (Санкт-Петербург) HS-1000	«SATControl» (Словения) ST40M2V3P
Угол поворота	Более 200°	150°	более 200°	150°	100°
Цена трекера для генерации мощности 1 кВт, тыс. руб.	32	102	77	64	48
Увеличение мощности, %	32	26	29	26	20
Регулировка режимов	имеется	отсутствует	имеется	отсутствует	имеется
Температура эксплуатации, °С	-40 +50	-20 +40	-40 +50	-25 +40	-25 +50

Одним из основных конкурентов является компания ЮСТ [21], которая по рабочим характеристикам, представленным в таблице 8, не уступает нашей разработке. Тем не менее, она так же имеет ряд недостатков. Во-первых, ориентация системы происходит по алгоритму солнечной позиции. Т.е. не учитывается преломление лучей в атмосфере, отражение лучей от снега зимой и рассеянное излучение, когда направление пика солнечной активности может отличаться от географического положения солнца. Соответственно, это снижает эффективность трекера по сравнению с нашим типом слежения, поворачивающим солнечную панель на наибольший источник света в данный момент времени. Во-вторых, в качестве привода используются трёхфазные двигатели, требующие на каждую фазу по инвертору для работы. Так как инверторы стоят весомых денег, то такие системы значительно выше в цене в отличие от нашего трекера, работающего напрямую от аккумулятора.

Проведём анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для этого выберем для трекера три наиболее конкурентных аналога

Для таблицы 9 зададим следующие обозначения:

Ф – трекер ST-1000, предлагаемый нашей компанией «Solar Technic»

K1 – трекер ED1500, «EDS group» (Москва, Омск)

K2 – трекер UST-VSAT, ЮСТ (Пенза)

K3 – трекер ST40M2V3P «SATControl» (Словения)

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей в сумме составляет 1.

Таблица 9 – Оценочная карта конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1. Угол поворота установки	0,06	5	4	5	3	0,3	0,24	0,3	0,18
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,06	5	4	5	3	0,3	0,24	0,3	0,18
3. Помехоустойчивость	0,1	4	4	5	4	0,4	0,4	0,5	0,4
4. Энергоэффективность	0,15	5	3	4	2	0,75	0,45	0,6	0,3
5. Надежность	0,1	5	4	4	3	0,5	0,4	0,4	0,3
6. Диапазон условий эксплуатации	0,1	4	3	5	3	0,4	0,3	0,5	0,3
Экономические критерии оценки эффективности									
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	3	4	3	0,2	0,15	0,2	0,15
2. Возможность масштабирования	0,05	3	4	5	3	0,15	0,2	0,25	0,15
3. Цена	0,15	5	3	3	4	0,75	0,45	0,45	0,6
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	5	4	0,5	0,4	0,5	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,04	4	4	5	2	0,16	0,16	0,2	0,08

Продолжение таблицы 9

6. Наличие сертификации разработки	0,04	5	5	5	5	0,2	0,2	0,2	0,2
Итого	1	54	45	55	39	4,61	3,59	4,4	3,24

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \beta_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

β_i – балл i -го показателя.

Для трекера ST-1000 конкурентоспособность равна:

$$K = \sum B_i \cdot \beta_i = 0,06 \cdot 5 + \dots + 0,04 \cdot 4 + 0,04 \cdot 5 = 4,61.$$

В результате проведения конкурентного анализа выявлено, что предлагаемый в проекте продукт (трекер ST-1000) является самым предпочтительным среди конкурентов. Кроме того, показатель конкурентоспособности не только выше конкурентов, но и является достаточно близким к максимуму, что свидетельствует об эффективности использования трекеров ST-1000.

7.3 Расчет себестоимости трекера

7.3.1 Описание производства

Перечень ключевых поставщиков необходимых комплектующих:

- фирма «Вольтмастер» - радиокомпоненты
- компания «СтепМотор» - электродвигатель
- компания «СпецтрейдИмпорт» – редуктор
- компания «Мир Крепежа» – коммутирующие детали
- фирма «Стеклопласт» - жестяные и пластиковые конструкции

Компания располагается в городе Томске по адресу ул. Красноармейская 96. Основные производственные мощности будут располагаться в арендованных помещениях по адресу проспект Мира 46/2. Помещение площадью 22м² арендуется за 3500 рублей в месяц. В данном помещении одновременно могут осуществлять работу 3 человека (одна бригада). Полная сборка и подготовка одновременно двух трекеров

производится одной бригадой за две смены по 8 часов. Основным функционалом является подготовка металлоконструкций, сборка привода, сборка трекера и размещение в нём электрокомпонентов. Для наращивания скоростей производства планируется одновременное использование пяти помещений (цехов) с 5 одновременно работающими бригадами.

Работа в цеху планируется пять дней в неделю, в две смены бригадой по три человека:

с 7:00 до 15:00 и с 15:00 до 23:00.

Изготовлением плат управления на заказ занимается по предоставленным чертежам компания МажТранс [22].

Кроме работников бригады также фирме необходимы:

- водитель ИЖ21175 – для перевозки оборудования и материалов
 - бухгалтер – для подведения отчётности о функционировании фирмы
- Также для функционирования предприятия необходимы расходы на:
- помещение для складирования нереализованной к данному моменту продукции (не менее 70 м²)
 - маркетинг и продвижение своей продукции – раскрутка сайта в поисковиках по ключевым словам, участие в тематических мероприятиях, размещение рекламы

7.3.2 Структура себестоимости

Рассчитаем себестоимость солнечных трекеров для их реализации.

Рассчитаем стоимость оборудования для работы предприятия на пять цехов, результаты сведём в таблицу 10.

Таблица 10 – Стоимость оборудования

Оборудование	Стоимость, тыс. руб	Единиц оборудования	Всего, тыс. руб
Слесарное оборудование	180	5	900
Оборудование для установки электрической части	30	5	150
Рабочая экипировка и вспомогательные средства	60	5	300
Транспортное средство ИЖ21175	80	1	80
Итого			1430

Необходимость первоначальных инвестиций в оборудование: 1430000 руб.

Рассчитаем стоимость материалов для производства одного трекера ST-1000 на 1000 Вт и сведём результаты в таблицу 11.

Таблица 11 – Стоимость материалов

Материалы и комплектующие	Стоимость, руб
Сборка платы управления компанией МажТранс	250
Компоненты для эл. части	550
Металлопрокат	1700
Привод (электродвигатель+редуктор с муфтами)	5100
пластик для корпуса, краска и др. вспомогательные материалы	1900
Итого	9500

При работе в две смены один цех успевает сделать за сутки одну установку. Или около 21 установки в месяц с учётом выходных и праздников (в 2018 году 247 рабочих дней и 118 выходных).

Составим перечень этапов работ при сборке трекера (таблица 12). Одна бригада состоит из двух слесарей-механиков и одного механика-электрика.

Таблица 12 – Перечень работ

№ работ	Содержание работ	Исполнители
1	Резка металлоконструкций	Слесари-механики
2	Сборка электродвигателя и редуктора в привод	Механик-электрик
3	Сварка корпуса трекера	Слесари-механики
4	Подготовка электроники и её соединение	Механик-электрик
5	Размещение привода в корпусе установки	Слесари-механики
6	Подготовка стенок корпуса	Механик-электрик
7	Соединение рамы под панели с валом трекера	Слесари-механики
8	Размещение электроники в трекере	Механик-электрик
9	Покраска металлических частей трекера	Слесари-механики
10	Тестирование трекера	Механик-электрик

Построим план-график выполнения работ (рисунок 23).

По данному графику видно, что большую часть времени в работе задействованы все члены бригады, а простои минимальны, что повышает эффективность производства.

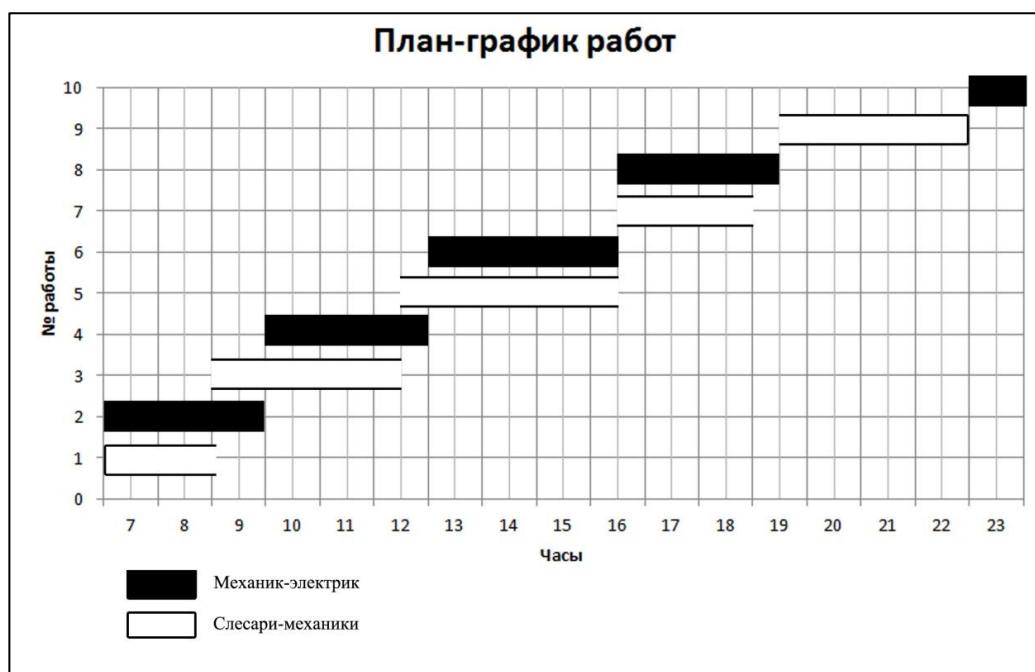


Рисунок 23 – Диаграмма Ганта

При дальнейших расчётах по налоговым взносам учтём льготное налогообложение для малых инновационных предприятий, коим является ООО «Солар Техник». Согласно 212 Федеральному закону о страховых взносах, пункт 4 [23], для инновационных компаний применяется льготное налогообложение. Данные представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Тарифы страховых взносов

Наименование	2012-2017 годы	2018 год	2019 год
Пенсионный фонд Российской Федерации	8,0 %	13,0 %	20,0 %
Фонд социального страхования Российской Федерации	2,0 %	2,9 %	2,9 %
Федеральный фонд обязательного медицинского страхования	4,0 %	5,1 %	5,1 %

Как можно видеть из таблицы 13, суммарный налог во все три фонда до конца 2017 года будет составлять всего 14% вместо обычных 30%, а в 2018 году 21 %, что является очень весомым преимуществом, позволяющим

снизить себестоимость продукции, либо повысить заработную плату работникам предприятия.

Для расчётов будем применять страховые взносы на 2018 год (21%).

Занесём затраты на заработную плату в таблицу 14.

Таблица 14 – Затраты при производстве и реализации

Наименование выплат	Размер, руб	Количество работников/ставка	Всего, руб
Заработная плата слесаря-механика	25000	10/1	250000
Заработная плата электрика-механика	28000	5/1	140000
Заработная плата водителя	30000	1/0,5	15000
Заработная плата бухгалтера	30000	1/0.5	15000
Заработная плата директора	35000	1/1	35000
Дополнительная заработная плата (15% основной ЗП)			70500
Отчисления во внебюджетные фонды (21%)			82915

Дополнительная заработная плата рассчитывается как:

$$\sum Z_{доп} = \sum Z_{осн} \cdot 0,15 = 455000 \cdot 0,15 = 68250 \text{ руб.},$$

где $\sum Z_{осн}$ - сумма заработных плат всех сотрудников.

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитывается как:

$$Z_{внеб} = \left(\sum Z_{осн} + \sum Z_{доп} \right) \cdot 0,21 = 523250 \cdot 0,21 = 109883 \text{ руб.}$$

Дополнительные расходы внесём в таблицу 15.

Отчисления на амортизацию линейным методом на 5 лет рассчитываются как:

$$A_{отчисл} = \frac{S_{об}}{5 \cdot 12} = \frac{1.430.000}{5 \cdot 12} = 23833 \text{ руб.},$$

где $S_{об}$ – стоимость оборудования.

Таблица 15 – Дополнительные расходы

Наименование затрат	размер, руб.	Количество	Всего, руб.
Транспортные расходы	10000	1	10000
Затраты на электроэнергию	1500	5	7500
Аренда рабочих помещений	3500	5	17500
Аренда складских помещений	15000	1	15000
Амортизационные отчисления (линейный способ начисления амортизации, срок амортизации – 5 лет)	31670	1	31670
Маркетинговые расходы	30000	1	30000

Сведём полученные данные в таблицу 16, рассчитав затраты на производство трекеров за месяц. При этом учитываем, что за месяц 5 цехов способны произвести около 42 установки, а предприятие функционирует по упрощённой системе налогообложения (малое инновационное предприятие) и освобождается от транспортного налога и налога на имущество.

Таблица 16 – Смета затрат за месяц

Показатель	сумма за месяц, руб
Расходы на материалы	399000
Заработная плата	523250
Отчисления во внебюджетные фонды	109883
Амортизация	23833
Аренда, электроэнергия, транспорт	50000
Маркетинговые расходы	30000
Итого	1135966

Стоимость продажи одной установки на ST-1000 составит порядка 32 тыс. руб.

В итоге на производство 42 трекеров в месяц потребуется 1135966 руб. При этом выручка за месяц составит 1344000 рублей, что оставляет компании ресурсы для развития и расширения.

Итого себестоимость одной установки с учётом всех расходов – 27047 руб. Стоимость установки в 32000 рублей в связи с этим видится обоснованной.

7.4 Эффективность от внедрения систем

Рассчитаем эффект от внедрения солнечных трекеров.

Один трекер предназначен для солнечных панелей установленной мощностью 1кВт. При этом в отличие от ввода новых солнечных мощностей использование трекера не повышает пик генерации, оставляя его на уровне установленной мощности, а увеличивает генерацию в утренние и вечерние часы. В связи с этим генерация более равномерная, перетоки мощностей из соседних районов уменьшаются, а также не требуется ввод новых инверторов и трансформаторов, рассчитанных на повышенную мощность.

Использование трекеров в исследовании показало прирост в выработке в 32%. Для СЭС мощностью 10 МВт это дополнительные 3,2МВт установленных мощностей.

Стоимость приобретения 3,2МВт солнечных мощностей на основе ввода дополнительных солнечных панелей:

$$1.140.000 \cdot 0,32 = 364.800.000 \text{ руб.}$$

Стоимость приобретения солнечных трекеров для аналогичного увеличения солнечных мощностей:

$$32 \cdot 10000 = 320.000.000 \text{ руб.}$$

Полученная экономия составляет 24.800.000 руб.

При этом генерация в сеть равномерней, что также благоприятно сказывается на всей электроэнергетической системе.

8 Социальная ответственность

Социальная ответственность – это зачастую объективная необходимость отвечать за нарушение социальных норм. Она выражает характер взаимоотношений личности с обществом, государством, коллективом и другими социальными группами, т.е. со всеми окружающими ее людьми. В основе социальной ответственности лежит общественная природа поведения человека.

Тема выпускной квалификационной работы «Система управления сетевой фотоэлектростанцией». В данном разделе будет рассмотрено вредные и опасные производственные факторы, действующие на инженера-проектировщика в кабинете, в котором он производит расчёт и проектирование защит трансформатора и линии, а также будет рассмотрена безопасность в чрезвычайных ситуациях и экологическая безопасность.

Рассматриваемое рабочее место инженера-проектировщика находится в офисном помещении. Вся работа по проектированию и расчёту производится на электронной вычислительной машине (ЭВМ) - персональном компьютере.

В процессе разработки инженер-проектировщик подвергается воздействию целого комплекса различных факторов среды, которые влияют на его здоровье. Совокупность всех факторов, влияющих на здоровье человека, называется условиями труда.

Условия труда характеризуются вредными и опасными факторами. Данные факторы могут рано или поздно привести к потере здоровья или к несчастному случаю. Главной целью улучшения условий труда является обеспечение безопасности труда, сохранение жизни и здоровья работающих, сокращение количества несчастных случаев и заболеваний на производстве.

8.1 Производственная безопасность

8.1.1 Анализ вредных и опасных факторов

Вредные производственные факторы, которые воздействуют на инженера-проектировщика могут привести к его заболеванию, к таким факторам можно отнести:

- акустический шум;
- электромагнитное поле;
- микроклимат;
- освещение.

Опасными производственными факторами, которым подвержен инженер-проектировщик и которые могут привести к его травме, являются:

- поражение электрическим током;
- пожар.

8.1.2 Акустический шум

Шум – это совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты (шелест, дребезжание, скрип, визг и т.п.), способных оказывать неблагоприятное воздействие на организм.

Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Особенно неблагоприятно шум действует на орган слуха. Шум с уровнем звукового давления до 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40...70 дБ в условиях среды обитания приводит к неблагоприятным для организма последствиям. Последствия шума – головная боль, быстрая утомляемость, бессонница или сонливость, ослабление памяти, снижение реакции и т.д.

Основным источником шума в комнате являются вентиляторы охлаждения ЭВМ. Уровень шума колеблется от 20 до 30 дБА. При

выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50 дБА [24], что так же продемонстрировано в таблице 17
Таблица 17 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	50

Следовательно, можно считать, что рабочее место соответствует указанным нормам [25].

Для снижения шума, на рабочем месте от внутренних и внешних источников, применяют следующие методы:

- уменьшение шума в источнике;
- рациональное планирование помещения;
- уменьшением распространяемости шума посредством звукоизоляции и звукопоглощения.

Наиболее рациональной мерой является уменьшение шума в источнике. Это связано с наибольшими затратами, так как требует конструкторской переработки узла или механизма. Однако можно порекомендовать такое мероприятие, как использование наименее шумного оборудования. В частности, замена нескольких вентиляторов меньшей мощности на один большей, удовлетворяющего условиям работы оборудования.

8.1.3 Электромагнитное поле

Электромагнитное излучение – распространяющееся в пространстве возмущение электромагнитного поля.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот.

Согласно [24], напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25 В/м в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц, 2,5 В/м в диапазоне от 2 до 400 кГц [26].

Полный перечень значений допустимых параметров ионизирующих электромагнитных излучений приведено в таблице 18 [27].

Таблица 18 – Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В [24]. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа HP Pavilion g6 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В [27].

Согласно [24] конструкция ВДТ и ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч (100мкР/ч). Предел дозы

облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год.

Для снижения излучений необходимо выполнить следующее: сертифицировать ПЭВМ (ПК) и аттестовать рабочие места; применить экраны и фильтры; произвести организационно-технические мероприятия.

При эксплуатации защитный фильтр должен быть плотно установлен на экране дисплея и надежно заземлен. Заземление подключается к общему контуру заземления. Сопротивление контура заземления не должно превышать 4 Ом. Также экран дисплея и фильтр необходимо ежедневно очищать от пыли.

При превышении предельно-допустимого уровня напряженности статического электрического поля, от видеотерминалов необходимо применять средства защиты, в первую очередь коллективного воздействия. Для устранения воздействия на работающих электростатического разряда целесообразно применять нейтрализаторы, заземляющие оборудование и увлажнители. В качестве материалов внутренней отделки помещений, рекомендуется применять антистатические средства и материалы, разрешенные органами и учреждениями Госсанэпиднадзора. Также следует проводить ежедневную влажную уборку помещений, а работникам следует воздержаться от использования одежды из синтетических материалов. Средства защиты от излучений компьютерной техники представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Средства защиты от излучений оптического диапазона и электромагнитных полей ПЭВМ

№ п/п	Средство профилактики неблагоприятного влияния ПЭВМ	Оказываемое профилактическое действие
1	Приэкранные защитные фильтры для видеомониторов	Снижают уровень напряженности электрического и электростатического поля, повышают контрастность изображения, уменьшают блики

Продолжение таблицы 19

2	Нейтрализаторы электрических полей промышленной частоты	Снижают уровень электрического поля промышленной частоты (50 Гц)
3	Очки защитные со спектральными фильтрами ЛС и НСФ, разрешенные Минздравом России для работы с ПЭВМ	Профилактика компьютерного зрительного синдрома, улучшение визуальных показателей видеомониторов, повышение работоспособности, снижение зрительного утомления

8.1.4 Микроклимат

Оптимальные микроклиматические условия – сочетание параметров климата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционирования и теплового состояния без напряжения реакций терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Согласно [28, 29], все виды работ при различной степени их интенсивности разделяют на три категории: легкие, средней тяжести и тяжелые. Работа на ПК в офисном помещении относится к классу легких работ с энергозатратами 150 ккал/час, т.е. к классу работ Ib. Для данного типа работ допустимые величины микроклиматы должны обеспечиваться при следующих условиях [29]:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3° С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать 4° С.

Согласно [28], оптимальные параметры микроклимата должны соответствовать данным таблицы 20.

Таблица 20 - Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Температура, град. С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодное	21-23	60-40	< 0,1
Теплое	22-24	60-40	< 0,1

Одним из факторов влияющим на микроклимат в офисном помещении при работе с ПЭВМ являются источники тепла, к ним относятся установленное в помещении оборудование и приборы освещения, а также солнечная радиация. Причем наибольшие суммарные тепловыделения дают ЭВМ, в среднем до 80 %. Доля приборов освещения в свою очередь составляют в среднем 12%, от солнечной радиации - 6%, а доля обслуживающего персонала и величина притока теплоты через непрозрачные ограждающие конструкции составляют лишь по 1%.

Для поддержания соответствующих микроклиматических параметров на рабочем месте используются системы вентиляции и отопления.

Для обеспечения достаточного, постоянного и равномерного нагревания воздуха в помещении в холодный период года, а также пожаробезопасности используется система отопления. При расчетах системы отопления её проверяют на возможность возмещения потерь теплоты через ограждающие конструкции здания и на нагрев проникающего в помещение холодного воздуха.

В помещении используется водяная система отопления. Достоинством данной системы отопления является то, что она гигиенична, надежна в эксплуатации, и обеспечивает возможность регулирования температуры в широких пределах.

Для обеспечения норм микроклиматических параметров и очистки воздуха в помещении офиса применяют систему естественной вентиляции, но для обеспечения наиболее комфортных условий работы в весенне-летнее

время года этого недостаточно. Поэтому предлагается установка вентиляторов или системы кондиционирования.

Система кондиционирования воздуха предназначена для поддержания постоянной влажности и температуры, а также очистки воздуха от загрязнений и вредных веществ.

Вредным веществом, содержащимся в воздухе, является углекислый газ (CO_2). Предельная норма содержания CO_2 в воздухе, согласно [29] составляют 20 мг/м^3 . Проблему уменьшения содержания CO_2 в воздухе также можно решить с помощью системы кондиционирования.

8.1.5 Освещение

Рабочее освещение предусматривается для всех помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы.

В качестве источников искусственного света используется люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеет ряд существенных преимуществ: по спектральному составу они близки к дневному, естественному свету; обладают более высоким КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД у ламп накаливания); обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания); у них более длительный срок службы.

Согласно [26, 30], освещенность рабочего стола должна быть не менее $300 \div 500$ лк, что может достигаться установкой местного освещения (светильников). Местное освещение не должно создавать бликов на экране. Расположение светильников должно выбираться таким образом, чтобы яркость бликов на экране не превышала 40 кд/м^2 . Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

В качестве светильников при работе с ПК следует использовать светильники типа ЛПОЗ6, также возможно использование светильников

прямого света, отраженного света типа ЛПО13, ЛПО5, ЛСО4, ЛПО34, ЛПО31 с люминесцентными лампами типа ЛБ. В качестве светильников для местного освещения возможно использование ламп накаливания. Светильники в помещении необходимо располагать в сплошные или прерывистые линии сбоку от рабочего места параллельно с линией зрения работника. При расположении по периметру помещения — линия светильников должна располагаться над рабочим местом. Защитный угол всех светильников не должен быть менее 40° .

Проектирование естественного освещения осуществляется в соответствии с действующими строительными нормами и правилами СНиП. Согласно [28], коэффициент естественной освещенности (КЕО) должен быть обеспечен не меньше 1,2% в зонах с устойчивым снежным покровом и не меньше 1,5% на остальной территории.

Для обеспечения искусственного освещения в помещении с ПК должна быть установлена система общего равномерного освещения.

8.1.6 Электрический ток

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности [32].

Электрический ток имеет существенные особенности, отличающие его от других опасных и вредных производственных факторов.

Первая особенность электрического тока в том, что он не может дистанционно ощущаться человеком ввиду того, что человек не обладает соответствующими органами чувств. Поэтому защитная реакция организма проявляется только после воздействия электрического тока.

Вторая особенность электрического тока состоит в том, что он, протекая через тело человека, оказывает свое действие не только в местах

контактов и на пути протекания через организм, но и вызывает рефлекторное воздействие, нарушая нормальную деятельность отдельных органов и систем организма человека (нервной, сердечно-сосудистой, дыхания и др.).

Третьей особенностью электрического тока является риск получения электротравмы без непосредственного контакта с токоведущими частями – при перемещении по земле (полу) вблизи поврежденной электроустановки (в случае замыкания на землю), через электрическую дугу.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает на него сложное воздействие, являющееся совокупностью термического, электролитического, биологического и механического воздействий, что приводит к различным нарушениям в организме, вызывая как местные повреждения тканей и органов, так и общее его поражение.

Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве и повреждении кровеносных сосудов, нервов, мозга и других органов, что вызывает их серьезные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока проявляется в разложении крови и других жидкостей в организме, вызывает значительные нарушения их физико-химического состава, а также ткани в целом.

Механическое действие тока проявляется в разрывах кожи, кровеносных сосудов, нервной ткани, а также вывихах суставов и даже переломах костей вследствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека.

Биологическое действие тока выражается, главным образом, в нарушении биологических процессов, протекающих в живом организме, что сопровождается разрушением и возбуждением тканей и сокращением мышц.

Наиболее сложным является биологическое действие, которое свойственно только живым организмам.

Любое из указанных воздействий может привести к электрической травме, т.е. к повреждению организма, вызванному воздействием

электрического тока или электрической дуги. Электрические травмы условно можно разделить на два вида: местные электротравмы и электрические удары.

Местные электротравмы – это четко выраженные местные нарушения целостности тканей организма. Обычно это поверхностные повреждения, т.е. поражения кожи, а иногда других мягких тканей, а также связок и костей.

Электрический удар является очень серьезным поражением организма человека, вызванным возбуждением живых тканей тела электрическим током, сопровождающимся судорожным сокращением мышц. При электрических ударах исход воздействия тока на организм может быть различным – от легкого, едва ощутимого сокращения мышц пальцев руки до прекращения работы сердца или легких, т.е. до смертельного поражения.

По опасности поражения электрическим током помещение относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования [31].

В качестве дополнительной защиты электроприборов в комнате установлен сетевой фильтр, который предназначен для подавления высокочастотных помех, негативно сказывающихся на работе электрооборудования.

Во время нормального режима работы оборудования опасность поражения электрическим током практически отсутствует, однако существуют аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при прикосновении к нетокведущим частям, находящихся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;

- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;

- при возникновении короткого замыкания в электроприборе.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются [32]:

- изолирование токоведущих частей, исключаящее возможное соприкосновение с ними;

- установки защитного заземления;

- наличие общего рубильника;

- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

8.2 Экологическая безопасность

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);

- ртуть (поражает мозг и нервную систему);

- никель и цинк (могут вызывать дерматит);

- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу);

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;

- металлические части переплавляются для последующего производства;

- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке.

В настоящее время ведется создание и внедрение безотходной технологии в ряде отраслей промышленности, однако полный перевод ведущих отраслей промышленности на безотходную технологию потребует решения большого комплекса весьма сложных технологических, конструкторских и организационных задач.

8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Под источником чрезвычайной ситуации понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространенную инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация [32].

В помещении, где находится рабочее место инженера-проектировщика, имеется электропроводка напряжением 220 вольт, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Причинами пожара могут служить короткое замыкание при работе ЭВМ, вследствие перегрузки элементов электронных схем и токоведущих частей, или проводки освещения. Дополнительная пожарная опасность возникает при профилактических и ремонтных работах электронной техники, использованием различных смазочных веществ и легковоспламеняющихся жидкостей, необходимых для пайки и чистки. Все это требует принятия мер обеспечения пожарной безопасности.

Для сохранности ценного электрооборудования помещение должно быть оборудовано 1 или 2 класса огнестойкости, т.е. должно быть выполнено из не горючих материалов [33].

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации;

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем оповещения, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на досягаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Помещение компьютерного класса по взрывопожарной безопасности, в соответствии с [33], относится к категории В. Класс пожароопасности по [31]: степень защиты электрооборудования – стационарные IP44, передвижной IP54, светильник IPO.

Для профилактики пожаробезопасности должны быть произведены следующие мероприятия:

- хранение информации производить в обособленных помещениях, оборудованных несгораемыми шкафами и стеллажами;
- в помещениях, смежных с залами для ПЭВМ, не желательно размещение производств категории "А" и "В";
- система вентиляции должна быть оборудована устройством, обеспечивающим автоматическое отключение при пожаре;
- подачу воздуха к ПЭВМ, для охлаждения, необходимо предусматривать по самостоятельному воздуховоду;

- система электропитания ПЭВМ должна иметь блокировку, обеспечивающую отключение в случае охлаждения;
- работы по ремонту узлов ПЭВМ должны производиться в отдельных помещениях;
- необходимо производить очистку от пыли всех аппаратов и узлов ПЭВМ (желательно раз в месяц);

Для предотвращения распространения огня во время пожара с одной части здания на другую, устраивают противопожарные преграды в виде стен, перегородок, дверей, окон.

В коридорах, на лестничных площадках и у входов, должны быть установлены пожарные краны. В помещении должны быть первичные средства огнетушения: ящик с сухим песком, огнетушители.

В соответствии с нормами [35] для ликвидации пожаров в начальной стадии применяются первичные средства пожаротушения: пожарные краны; химические пенные, углекислотные и порошковые огнетушители.

При возгорании или возникновении пожара следует немедленно начать эвакуацию людей, отключить подачу воздуха по системе вентиляции, обесточить помещение и вызвать пожарную охрану. При эвакуации, следует не создавать паники и двигаться в соответствии с планом эвакуации.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей (рисунок 24).

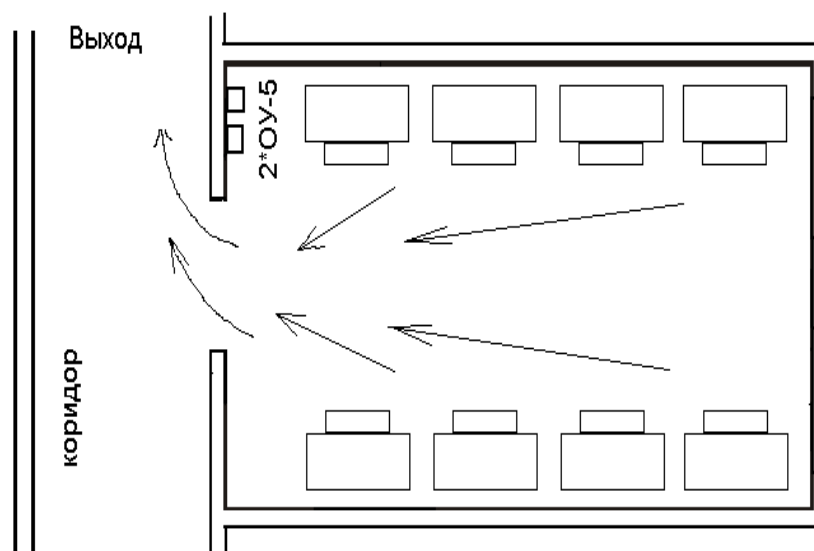


Рисунок 24 - План эвакуации

8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно [34], при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях, где присутствуют источники вредных производственных факторов, должны размещаться в изолированных кабинках с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 – 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 – 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку.

Согласно трудовому кодексу РФ, продолжительность работ не должна превышать 40 часов в неделю, таким образом, при пятидневной рабочей неделе продолжительность рабочего дня должна составлять не более 8 часов.

На рабочем месте должны быть обеспечены нормы микроклимата помещений, описанные в п. 1.1.4, а размер самого помещения при работе с должен быть не менее 6 м².

Дополнительно при работе с ПК во избежание появления головных болей, мигреней и ухудшения самочувствия в целом необходимо обеспечить защиту от ЭПМ в соответствии с п. 2, а при работе рекомендуется соблюдать следующий регламент:

– рекомендуемая полная продолжительность рабочего времени за экраном монитора взрослого пользователя, использующего обычный монитор с защитным фильтром – 4 часа за 8-ми часовой рабочий день.

– в конце каждого часа работы необходимо делать 5 - минутный перерыв, а через каждые 2 часа - 15 минутный, выключить монитор и покинуть рабочее место.

Организация обязана предоставлять ежегодные отпуска продолжительностью 28 календарных дней. Для работников, занятых на работах с опасными или вредными условиями, предусматривается дополнительный отпуск.

Каждый работник имеет право на охрану труда, в том числе [36]:

– на рабочее место, защищенное от воздействия вредных или опасных производственных факторов;

– на возмещение вреда, причиненного ему увечьем, профессиональным заболеванием либо иным повреждением здоровья, связанным с исполнением им трудовых обязанностей;

– на получение достоверной информации от работодателя или государственных и общественных органов о состоянии условий и охраны труда на рабочем месте работника, о существующем риске повреждения здоровья, а также о принятых мерах по его защите от воздействия вредных или опасных производственных факторов;

– на отказ без каких-либо необоснованных последствий для него от выполнения работ в случае возникновения непосредственной опасности для его жизни и здоровья до устранения этой опасности;

– на обеспечение средствами коллективной и индивидуальной защиты в соответствии с требованиями законодательных и иных нормативных актов об охране труда за счет средств работодателя;

– на обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

– на обращение с жалобой в соответствующие органы государственной власти, а также в профессиональные союзы и иные уполномоченные работниками представительные органы в связи с неудовлетворительными условиями и охраной труда;

– на участие в проверке и рассмотрении вопросов, связанных с улучшением условий и охраны труда.

Обеспечение прав работника – это первейшая обязанность работодателя и за исполнение ее он должен нести ответственность [36].

8.5 Вывод по разделу

Произведен анализ вредных и опасных факторов физического и психофизического характера, которые могут оказывать воздействие на инженера-проектировщика в рабочей зоне. Среди них: акустический шум, электромагнитное поле, микроклимат, освещение, поражение электрическим током, пожар. Выявлены возможные чрезвычайные ситуации, возникновения которых наиболее вероятно в зоне работы инженера-проектировщика: короткое замыкание, приводящее к поражению электрическим током человека или к пожару. Разработаны мероприятия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Производственное освещение является одной из важных составляющих комфортных условий работы. На рабочем месте пользователя ПК должны быть соблюдены нормы освещенности и качественные показатели освещения. Используются люминесцентные лампы и естественное освещение от окон.

Рассмотрены правовые нормы работы в офисных помещениях, продолжительность работы за компьютером и условия микроклимата: рекомендуемая продолжительность работы за экраном монитора не более 4 часов за 8-ми часовой рабочий день.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрена Кош-Агачская солнечная электростанция мощностью 10МВт, расположенная в Республике Алтай.

По итогам работы:

- Исследованы основные характеристики, особенности и недостатки Кош-Агачской СЭС;
- Выявлены проблемы резко неравномерной суточной генерации СЭС;
- Предложен и разобраны состав и особенности солнечного трекера, продаваемого компанией «Solar Technic»;
- Обоснована эффективность солнечного трекера за счёт выравнивания генерации и её совокупного повышения;
- Обоснована экономическая рентабельность ввода солнечных трекеров на СЭС;
- Спроектированы защиты трансформатора и линии, отходящие от рассматриваемой СЭС.

Таким образом, применение солнечных трекеров позволит повысить генерацию СЭС, уменьшив перетоки электроэнергии в систему в утреннее и вечернее время. При этом не потребуются замена или перерасчёт оборудования на повышенные значения тока в сети, так как в отличие от ввода новых мощностей пиковая генерация СЭС не поменяется, но повысится генерация в утренние и вечерние часы.

Спроектированные защиты линии и трансформатора ПС «Кош-Агачская» и рассчитанные для них уставки соответствуют требуемому уровню надёжности и удовлетворяют нормативным требованиям.

Список использованных источников

1. Федеральная служба государственной статистики URL: <http://www.gks.ru>
2. Схема и программа развития электроэнергетики Республики Алтай на 2017-2021 годы. Указ Главы Республики Алтай, Председателя Правительства Республики Алтай от 23 июня 2016 года №178-у
3. По данным МЭА, солнечная энергетика - самый быстрорастущий сегмент энергетического рынка [Электронный ресурс] // Ассоциация солнечной энергетике России. URL: <http://pvrussia.ru/news/173/> (дата обращения 06.05.2017)
4. Новости и аналитика: солнечная генерация обгоняет ветер [Электронный ресурс] // Ассоциация солнечной энергетике России. URL: <http://pvrussia.ru/news/138/> (дата обращения: 06.05.2017)
5. Учебное пособие для вузов / Виссарионов В.И. Солнечная энергетика / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова– Москва, 2008 – 317с.
6. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [Электронный ресурс] // URL: <http://meteo.ru> (дата обращения 07.05.2017)
7. NASA Surface meteorology and Solar Energy – Location [Электронный ресурс] // Atmospheric Science Data Center. URL: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>
8. Перечень квалифицированных генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс] // Ассоциация «НП Совет рынка» URL: <http://www.np-sr.ru/market/vie/index.htm>
9. Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 N 449 (ред. от 28.02.2017) "О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности"

[Электронный ресурс] // Консультант Плюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146916/

10. Монография / Лукутин Б.В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении / Б.В. Лукутин, О.А. Суржикова, Е.Б. Шандарова – Томск, 2008 – 231с.

11. Генерация и потребление в ОЭС Сибири [Электронный ресурс] // Системный оператор Единой энергетической системы. URL: <http://so-ops.ru/index.php?id=1178>

12. Тарифы на электроэнергию [Электронный ресурс] // АлтайЭнергоСбыт. URL: https://www.altaiensb.com/for_people/tarifs/

13. Черненко А.Н., Крюков П.В. Энергосбережение и малая солнечная энергетика для многоквартирного дома в условиях рф // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 289-289; URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18855> (дата обращения: 13.05.2017).

14. Петрусёв А. С. , Юрченко А. В. Эффективный способ увеличения мощности солнечных установок // Физика. - 2014 - №. 2 (960). - С. 4-8

15. Статья / Юрченко А.В. Система слежения за солнцем для солнечной энергоустановки / А.В Юрченко, М.В Китаева. А.В. Охорзина– Ресурсоэффективные технологии для будущих поколений, 2010 – 11с.

16. Индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, индексы изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ для строительства // Консультант Плюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_39473/

17. Силовой трансформатор масляный ТДН 10000-16000/110 У1 с РПН // ЭДК. URL: <http://edk35.ru/catalog/transformator-tdn-10000-16000-110-u1-s-rpn/>

18. Силовой трансформатор тмн-6300/110 – тольяттинский трансформатор // РосЭнерго Холдинг. URL:

<http://www.rosenergoholding.ru/catalog/transformatorsilovie.html?podcatalog=68&product=1338>

19. "Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Шестое издание" (утв. Главтехуправлением, Госэнергонадзором Минэнерго СССР 05.10.1979) (ред. от 20.06.2003) // Консультант Плюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_91911/

20. Пат. 2570484 Российская Федерация, МПК 2014.01, F24J2/42. Солнечная установка / Петрусёв А.С., Сарсикеев Е.Ж., Ляпунов Д.Ю.; заявитель и патентообладатель Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - № 2014132483; заявл. 06.08.2014; опубл. 11.11.2015, 2 с

21. Каталог продукции: трекеры [Электронный ресурс] // Компания ЮСТ. URL: <http://ust.su/solar/catalog/trackers/3120/> (дата обращения: 04.04.2017)

22. Мажтранс: Производство печатных плат [Электронный ресурс] // Мажтранс. Производственная фирма. URL: <http://mazhtrans.tomsk.ru> (дата обращения 04.04.2017)

23. Консультант Плюс: О страховых взносах в пенсионный фонд российской федерации, фонд социального страхования российской федерации, федеральный фонд обязательного медицинского страхования [Электронный ресурс]: фед. закон от 18.07.2009 N 212 // Консультант Плюс: справочная правовая система. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89925/ (дата обращения 04.05.2017)

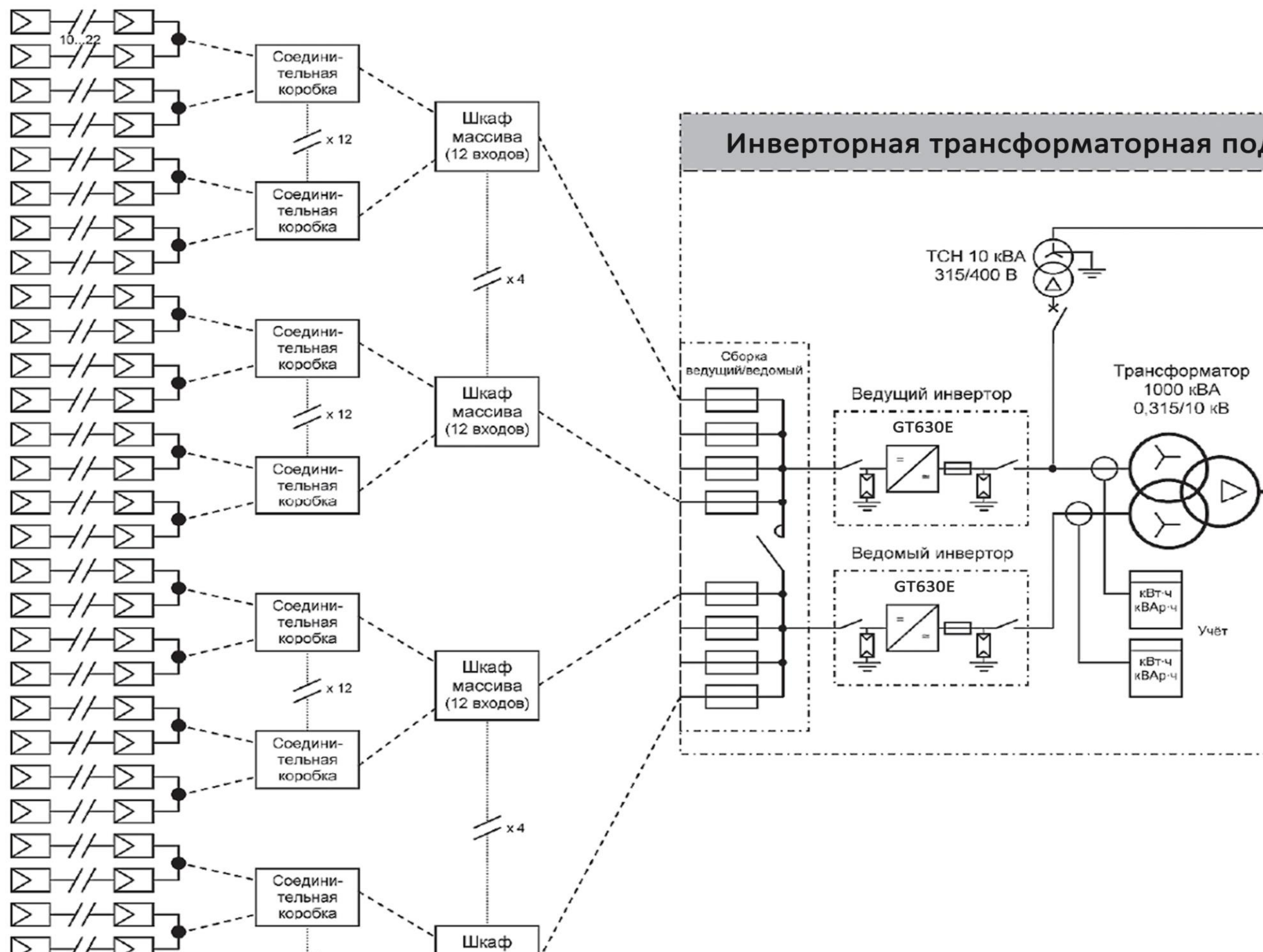
24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы. М.: Минздрав России, 2003.

25. ГОСТ 12.1.003-2014. Шум. Общие требования безопасности. Введ. 2015-15-11. Текст. М.: Изд-во стандартов, 2015. 27 с.

26. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде.
27. ГОСТ 12.1.002 – 84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. Введ. 1986-01-01. Текст. М.: Изд-во стандартов, 2009. 7 с.
28. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
29. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Изд-во стандартов, 1989.
30. СанПиН 2.2.1./2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
31. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 февраля 2014 г. – М.: КНОРУС, 2014– 488 с.
32. ГОСТ Р 22.0.02.-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий. Введ. 1996-01-01. Текст. М.: Изд-во стандартов, 1994. 16 с.
33. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
34. ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере. М.: Мин. РФ по связи и информатизации, 2001.
35. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы. М.: ГОССТРОЙ СССР, 1991.
36. "Основы законодательства Российской Федерации об охране труда" (утв. ВС РФ 06.08.1993 N 5600-1) (ред. от 18.07.1995)

Приложение А

Схема типового блока СЭС мощностью 1,25МВт



Приложение В

Пример схемы подключения шкафа TOP 200

