

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

Институт Энергетический
Направление подготовки 140400 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электрических сетей и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование подстанции 110/6 кВ Опорная-3 Новокузнецкого металлургического комбината.

УДК 621.311.4.001.6:669.013(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А2ГС1	Сергеев Сергей Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	В.А.Колчанова	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Л.А.Коршунова	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий лабораторией	М.Э.Гусельников	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедры	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрических сетей и электротехники	А.В.Прохоров	к.т.н.		

Результаты обучения
профессиональные и общекультурные компетенции
по основной образовательной программе подготовки бакалавров
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
профиль «Электроэнергетические системы и сети»

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электроэнергетических систем и электрических сетей.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетических систем и сетей, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 3	Уметь проектировать электроэнергетические системы и электрические сети.	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов электрических сетей энергосистем, а также энергосистемы в целом, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
		<i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетических систем и электрических сетей.	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-11, ПК-13, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической отрасли, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8 ПК-9, ПК-16, ПК-17), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные</i>		
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетических систем.	Требования ФГОС (ПК-20, ПК-19, ПК-21), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в области электрических сетей энергосистем.	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетических систем и сетей.	Требования ФГОС (ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетических систем и сетей с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-8, ОК-9, ПК-3, ПК-4, ПК-10), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетических систем и сетей.	Требования ФГОС (ОК-7, ОК-8), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Институт Энергетический

Направление подготовки 140400 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электрических сетей и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А2ГС1	Сергееву Сергею Сергеевичу

Тема работы:

Проектирование подстанции 110/6 кВ Опорная-3 Новокузнецкого металлургического комбината

Утверждена приказом директора (дата, номер)

12.02.2016, 1029/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

06.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Параметры оборудования; принципиальная однолинейная электрическая схема подстанции ОП-3

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>Цели и задачи исследования; описание объекта; аналитический обзор источников по теме исследования; обоснование необходимости дооборудования подстанции; выбор и расчёт выбранного электрооборудования подстанции; выбор мощности и числа силовых трансформаторов; расчёт токов короткого замыкания; расчёт релейной защиты; технико-экономические расчёты; производственная и экологическая безопасность; заключение.</p>
---	--

<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Принципиальная однолинейная электрическая схема подстанции ОП-3.</p>
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент Л.А. Коршунова
Социальная ответственность	Доцент М.Э. Гусельников

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	18.02.2016
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	В.А. Колчанова	к.т.н., доцент		18.02.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А2ГС1	Сергеев Сергей Сергеевич		18.02.16

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

Институт Энергетический

Направление подготовки 140400 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электрических сетей и электротехники

Уровень образования Бакалавриат

Период выполнения Весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

06.06.2016

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.02.2016	Цели и задачи исследования; аналитический обзор источников по теме исследования.	15
08.03.2016	Обоснование необходимости дооборудования подстанции.	10
18.03.2016	Выбор и расчёт выбранного электрооборудования; выбор числа и мощности силовых трансформаторов.	30
13.04.2016	Расчёт токов короткого замыкания; расчёт релейной защиты.	30
19.04.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	5
25.04.2016	Социальная ответственность.	5
04.05.2016	Заключение.	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	В.А.Колчанова	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедры	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрических сетей и электротехники	А.В. Прохоров	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А2ГС1	Сергеев Сергей Сергеевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	Электрических сетей и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетические системы и сети

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоёмкость работы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- нормы амортизации;
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- отчисления в социальные фонды 30%; - плата за 1 кВт*ч = 0,45 руб/кВт*ч; - нормативный коэффициент экономической эффективности $knэ=0,12$

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	- планирование выполнения проекта
3. составление бюджета инженерного проекта (ИП)	- расчёт затрат на проектирование, определение стоимости проекта; - расчёт капитальных вложений и эксплуатационных издержек
4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	- технико-экономическое сопоставление вариантов установки трансформаторов различной мощности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График выполнения проектных работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Л. А.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А2ГС1	Сергеев Сергей Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А2ГС1	Сергеев Сергей Сергеевич

Тема работы:

Институт	ЭНИН	Кафедра	Электрических сетей и электротехники
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетические системы и сети

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>-Предмет исследования – подстанция ОП-3 Новокузнецкого металлургического комбината. Данная ПС по степени опасности поражения электрическим током относится к особо опасным помещениям</p> <p>-вредные проявления (сильные электромагнитные поля, повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенная температура воздуха на рабочем месте)</p> <p>-опасные проявления (; опасные уровни напряжения в электрических цепях, замыкание которых может пройти через тело человека).</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ПУЭ, ПТЭЭП, МПОТЭЭ</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем индивидуальные защитные средства) 	<ul style="list-style-type: none"> – В данном разделе будет рассмотрена: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем индивидуальные защитные средства)
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита– источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, 	<ul style="list-style-type: none"> – Данная глава посвящается изучению: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита– источники, средства защиты); пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные

<i>профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i>	<i>средства пожаротушения)</i>
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Охрана окружающей среды: – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	18.02.16
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	М. Э. Гусельников	к.т.н., доцент		18.02.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А2ГС1	Сергеев Сергей Сергеевич		18.02.16

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 99 страниц, 7 рисунков, 20 таблиц, 1 приложение.

В данной работе представлен проект электроснабжения вновь подключаемых потребителей опорной подстанции 110/6 кВ ОП-3 Новокузнецкого металлургического комбината (НКМК).

Целью работы является расчет электрооборудования подстанции, обоснование необходимости её дооборудования, выбор и расчёт выбранного электрооборудования подстанции.

В бакалаврской работе определяется расчетная нагрузка, выбираются и проверяются токопроводы, трансформаторы, коммутационное, измерительное и другое оборудование, выполняется расчёт релейной защиты.

Рассмотрены вопросы промышленной безопасности, выполнен расчёт защитного заземления.

Бакалаврская работа выполнена в текстовом редакторе MicrosoftOfficeWord, MicrosoftOfficeExcel, MicrosoftOfficeVisio.

					ФЮРА. 13.03.02.008 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>С.С.Сергеев</i>			Проектирование подстанции 110/6 кВ Опорная-3 Новокузнецкого металлургического комбината	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руков.</i>		<i>В.А.Колчанова</i>					17	119
						<i>ТПУ ИнЭО</i>		
<i>Н.контр.</i>		<i>В.А.Колчанова</i>				Гр. 3-5А2ГС1		

Содержание

Введение	11
1 Общая часть	12
1.1 Характеристика объекта проектирования	12
1.2 Обоснование дооборудования опорной подстанции	17
2 Расчётная часть	18
2.1 Расчёт электрических нагрузок	18
2.2 Выбор числа, типа и мощности силовых трансформаторов	20
2.3 Расчёт токов короткого замыкания	21
2.3.1 Исходные данные	22
2.3.2 Расчёт реактивных сопротивлений элементов схемы	24
2.3.3 Расчёт активных сопротивлений элементов схемы	28
2.3.4 Расчёт токов короткого замыкания в точке 1	31
2.3.5 Расчёт токов короткого замыкания в точке 2	35
2.3.6 Расчёт токов короткого замыкания в точке 3	38
2.3.7 Расчёт токов короткого замыкания в точке 4	41
2.3.8 Результаты расчётов	43
3 Выбор основного электрооборудования подстанции	45
3.1 Выбор высоковольтного оборудования, шин и изоляторов	45
3.2 Выбор высоковольтных кабелей	60
4 Релейная защита и автоматика	64
4.1 Выбор и расчёт релейной защиты трансформаторов 40 МВА 110/6-6 кВ	64
4.2. Выбор и расчёт релейной защиты вводов 110/6 кВ	69
4.3 Защита от замыканий на землю и контроль изоляции в сети 6 кВ	72
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	73

ФЮРА. 13.03.02.008 ПЗ				
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
<i>Разраб.</i>		<i>С.С.Сергеев</i>		
<i>Руков.</i>		<i>В.А.Колчанова</i>		
<i>Н.контр.</i>		<i>В.А.Колчанова</i>		
Проектирование подстанции 110/6 кВ Опорная-3 Новокузнецкого металлургического комбината				
		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
		17	17	119
<i>ТПУ ИнЭО Гр. 3-5А2ГС1</i>				

5.1 Введение	73
5.2 Планирование работ по проектированию и определение трудоёмкости	73
5.3 Расчёт затрат на проектирование	75
5.3.1 Расходные материалы	75
5.3.2 Расчёт заработной платы и отчислений на социальные нужды	76
5.3.3 Амортизационные отчисления	77
5.3.4 Прочие расходы	77
5.4 Технико-экономическое сопоставление двух вариантов мощности трансформаторов подстанции	78
6 Социальная ответственность	86
6.1 Производственная безопасность	86
6.2 Экологическая безопасность	93
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	93
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	95
Заключение	97
Список использованных источников	98
Приложение	

Введение

В настоящей бакалаврской работе рассматриваются вопросы дооборудования опорной подстанции ОП-3 Новокузнецкого металлургического комбината (НКМК) в связи с увеличением потребителей юго-западного района.

Увеличением потребителей юго-западного района НКМК напрямую связано с реконструкцией доменного производства. Первым этапом реконструкции доменного производства является капитальный ремонт доменной печи №5. Вновь введенная в работу после капитального ремонта доменная печь №5 позволила во много раз увеличить выпуск чугуна и тем самым повысить производительность комбината. Вторым этапом реконструкции доменного производства является строительство на комбинате центральной воздуходувной станции (ЦВС) доменной печи №5. Продувка воздухом при варке чугуна существенно сократит время выплавки и тем самым также увеличит производительность печи.

Большая нагрузка на шинах 6 кВ ТЭЦ не позволяет круглогодично использовать ТЭЦ в наиболее эффективных, экономически оправданных режимах работы генераторов, в связи с этим на опорную подстанцию ОП-3, питающую юго-западный район планируется перевести с ТЭЦ подстанцию мартеновского цеха (РП-30), насосную станцию второго водоподъема. Также на ОП-3 планируется подключить насосно-фильтровальную станцию и насосную станцию подкачки грязного цикла. Большинство вновь подключаемых потребителей на подстанцию ОП-3 по бесперебойности электроснабжения относятся к первой категории, опорная подстанция ОП-3 удовлетворяет их требования.

Вопросы обеспечения электрической энергией увеличившихся потребителей юго-западного района и рассматриваются в настоящей работе.

					ФЮРА.13.03.02.008 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		С.С.Сергеев			Лит.	Лист	Листов
Руков.		В.А.Колчанова				17	119
					ТПУ ИнЭО Гр. 3-5А2ГС1		
Н.контр.		В.А. Колчанова					

1 Общая часть

1.1 Характеристика объекта проектирования

Подстанция ОП-3 является опорной, преобразовательной напряжением 110/6 кВ и предназначена для питания производства Юго-Западного района НКМК. К подстанции ОП-3 подходят две воздушные линии АС-240, напряжением 110 кВ КМК-ОП-3-1 и КМК-ОП-3-2 от подстанции ГПП КМК-1, длиной 2,7 километра. Мощность короткого замыкания на шинах 110 кВ подстанции КМК-1, $S_{к.з.} = 2838 \text{ МВ}\cdot\text{А}$.

К шинам 6 кВ подстанции 110/6 кВ ОП-3 подключены электрические нагрузки юго-западного района НКМК (коксохимическое производство, объекты комплекса пиковой котельной, химводоочистка-3, литейное производство, центральная компрессорная, компрессорная станция "Западная" и др.) с расчётной максимальной нагрузкой 39,6 МВт, см. табл. 1.1

Таблица 1.1– Существующие электрические нагрузки подстанции ОП-3

Наименование	$\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	Расчётная нагрузка		
		P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВ·А
I секция				
1. РП-314 ф1 (Западная Компрессорная)	1,00/0,00	8000,00	0,00	
Итого по I секции:	1,00/0,00	8000,00	0,00	8000,00
II секция				
1. ТП-3001 трансформатор №1 (насосная станция компрессорная "Западная")	0,80/0,75	290,00	217,50	
2. РП-318 ф2	0,80/0,75	280,00	210,00	
3. РП-312 ф2 (П./ст. №1) КХП	0,89/0,51	870,00	443,70	
4. РП-303 ф1 КХП	0,97/0,25	3300,00	825,00	
5. ТП-39а трансформатор №2 (ХВО №3)	0,93/0,40	510,00	204,00	
6. ТСН-1	0,80/0,75	160,00	120,00	
7. РП-36 ф1(Пиковая котельная)	0,90/0,48	950,00	456,00	

ФЮРА. 13.03.02.008 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		С.С.Сергеев		
Руков.		В.А.Колчанова		
Н.контр.		В.А.Колчанова		
Проектирование подстанции 110/6 кВ Опорная-3 Новокузнецкого металлургического комбината				
		Лит.	Лист	Листов
			17	119
ТПУ ИнЭО Гр. 3-5А2ГС1				

Продолжение таблицы 1.1

Наименование	cosφ/tgφ	Расчётная нагрузка		
		P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВ·А
8. РП-34 ф2 (Насосная станция подкачки и п/ст-9)	-0,94/-0,36	3130,00	-1126,80	
9. РП-37 ф1 (Центральная Компрессорная)	-0,93/-0,40	870,00	-348,00	
10. РП-35 ф2 (П./ст. №17) литейного цеха	0,80/0,75	2410,00	1807,50	
11. РП-311 ф1 цеха промышленной вентиляции	0,85/0,62	3010,00	1866,20	
Итого по II секции:	0,96/0,30	15780,00	4675,10	16457,98
III секция				
1. РП-311 ф2 цеха промышленной вентиляции	0,85/0,62	3140,00	1946,80	
2. РП-36 ф2 (Пиковая котельная)	0,90/0,48	980,00	470,40	
3. РП-303 ф2 КХП	0,97/0,25	3260,00	815,00	
4. РП-38 ф2 (П./ст. №6) литейного цеха	0,80/0,75	1130,00	847,50	
5. ТП-39а трансформатор №1 (ХВО №3)	0,93/0,40	510,00	204,00	
6. РП-35 ф1 (П./ст. №17) литейного цеха	0,80/0,75	2380,00	1785,00	
7. РП-37 ф2 (Центральная Компрессорная)	-0,97/-0,25	1010,00	-252,50	
8. ТСН-2	0,80/0,75	160,00	120,00	
9. РП-312 ф1 (П./ст.№1) КХП	0,89/0,51	860,00	438,60	
10. ТП-3001 трансформатор №2 (насосная станция компрессорная."Западная")	0,80/0,75	290,00	217,50	
11. РП-318 ф1	0,80/0,75	280,00	210,00	
Итого по III секции:	0,90/0,49	14000,00	6802,30	15565,07
IV секция				
1. РП-314 ф2 (Западная Компрессорная)	1,00/0,00	8000,00	0,00	
Итого по IV секции:	1,00/0,00	8000,00	0,00	8000,00
Всего по подстанции ОП-3	0,97/0,24	39619,60	9411,47	40722,09

Для покрытия этой нагрузки на подстанции ОП-3 установлены двасиловых трансформатора 110/6 кВ мощностью по 32 МВА каждый, с расщепленной обмоткой на стороне 6 кВ с раздельным режимом работы.

На стороне 110 кВ принята схема блоков “линия-трансформатор” с установкой короткозамыкателей и разъединителей. В нормальном режиме работы трансформатор 1Т питается с линии КМК-ОП-3-1, трансформатор 2Т питается с линии КМК-ОП-3-2 . Включены линейные разъединители линий КМК-ОП-3-1, КМК-ОП-3-2 (ЛР-110-КМК-ОП-3-1),(ЛР-110-КМК-ОП-3-2).

Трансформатор 1Т питает I и II секции шин (СШ) 6кВ, трансформатор 2Т питает III и IV секции шин 6кВ.

Распределительное устройство (РУ) 6 кВ выполняется по схеме “Одинарная система шин секционированная на четыре секции”. К II и III секциям шин подключаются потребители электрической энергии со спокойным режимом работы, а к I и IV секциям синхронные электродвигатели типа СДН-10000-2 компрессоров К-1500 компрессорной станции “Западная”. II и III секции шин соединены секционным выключателем 6 кВ, который в нормальном режиме отключен, с устройством АВР при отключении одного из трансформаторов.

Выделение синхронных двигателей на отдельные ветви расщеплённых обмоток трансформатора позволяет:

- исключить колебания напряжения у потребителей спокойного режима работы при пуске синхронных двигателей СДН-10000-2;
- уменьшить токи короткого замыкания на шинах 6 кВ;
- сохранить устойчивую работу синхронных двигателей СДН-10000-2 при коротком замыкании на отходящих линиях к потребителям спокойного режима работы.

Распределение электроэнергии на напряжении 6 кВ выполняется по радиальной схеме с отдельной работой питающих линий.

Питающие линии выбраны таким образом, чтобы при отключении одной из них оставшиеся обеспечивали питание всех электроприёмников I категории, а также тех электроприёмников II категории, бесперебойная работа которых необходима для функционирования основных производств.

Вспомогательное оборудование подстанции (вентиляция, освещение,

сигнализация, станция водяного пожаротушения и др.) питается от двух трансформаторов собственных нужд (ТСН), мощностью 250 кВА. Трансформаторы получают питание со II и III секции шин. Щит переменного тока 380 В, кроме питания от ТСН, имеет аварийное питание с подстанции №6.

Оперативные цепи (ЩУ) питаются от щита постоянного тока, который в свою очередь питается от двух блоков стабилизированного напряжения (БПНС), работающих параллельно. Цепи питания электромагнитов включения (ШП) масляных выключателей 6 кВ питаются от четырёх выпрямительных устройств (УКП-380), по одному на собственную секцию.

В связи с тем что, подстанция 110/6 кВ ОП-3 размещается вблизи источников загрязнения (ТЭЦ, литейный цех, коксохимическое производство), она выполняется с закрытыми распределительными устройствами 110 и 6 кВ и открытой установкой силовых трансформаторов, с усиленной внешней изоляцией вводов. Параметры электрооборудования сведены в таблице 2.

Таблица 1.2 – Основные элементы схемы

Наименование	Тип	Технические данные
Сторона 110 кВ		
1. Трансформатор силовой	ТРДН-25000/110	115/6,3/6,3кВ, 25000 кВ·А
2. Разъединитель	РНД(З)-10/1000У1	110 кВ, 1000 А
3. Короткозамыкатель	КЗ-110У1	110 кВ
4. Заземлительнейтрали силового трансформатора	ЗОН-110У-ПУ1	110 кВ
5. Разрядники	РВС-110 РВС-35 РВС-15	110 кВ 35 кВ 15 кВ
Сторона 6 кВ		
6. Комплектное РУ –I,IVСШ –II,IIIСШ	КР10-500 КРУ2-10-20У3	10 кВ 10 кВ
7. Выключатель –I,IVСШ –II,IIIСШ	ВМПЭ-10-31, 5У3 ВМПЭ-10-20У3	10 кВ, I _{откл} =31,5кА 10 кВ, I _{откл} =20кА
Распределительные сети 6 кВ		
8. Кабель силовой 6 кВ	ААШвУ АПсВГ	Для прокладки в траншее, тоннеле и по эстакаде Для прокладки в блоках

Конструктивно подстанция ОП-3 выполняется в виде одного двухэтажного здания и открытой части. Размеры подстанции в плане составляют 60х43 м. На открытой части подстанции размещаются силовые трансформаторы, заземлители и подземный маслоуловитель для аварийного слива масла из силовых трансформаторов. В здании размещены:

- на первом этаже: РУ-6 кВ, щит управления, аппаратная, станция автоматического пожаротушения, камеры ТСН и заземляющих реакторов, венткамеры и вспомогательные помещения;

- на втором этаже: РУ-110 кВ, диспетчерский пункт электроснабжения и мастерские.

Размеры здания в плане составляют 60х18 м, высота 13,2 м.

Прокладка кабеля в РУ-6кВ и щите управления выполнена в электрокабельном подвале, в РУ-110 кВ в трубах, в аппаратном и диспетчерском пункте электроснабжения в каналах.

Внешние сети электроснабжения 6 кВ выполняются кабельными линиями, прокладываемыми в тоннеле, траншеях, блоках и по эстакаде.

На подстанции предусмотрен следующий объём автоматики:

- автоматическое регулирование коэффициента трансформации силового трансформатора 110/6 кВ по отклонению напряжения на шинах 6 кВ;
- автоматическое охлаждение трансформаторов;
- автоматическое повторное включение (АПВ) шин 6 кВ;
- автоматическое включение резерва (АВР) секционных выключателей 6 кВ;
- автоматическая частотная разгрузка (АЧР) на линиях 6 кВ;
- частотное автоматическое повторное включение (ЧАПВ) линий 6 кВ;
- автоматическое гашение поля синхронных двигателей (АГП).

1.2 Обоснование дооборудования опорной подстанции

В связи с планируемым подключением в ближайшие годы на ОП-3 таких потребителей как мартеновское и доменное производство, насосно-фильтровальной станции, насосной станции II-го водоподъёма и других потребителей, производим дооборудование опорной подстанции. Расчётные мощности вновь вводимых производств сведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Электрические нагрузки вновь вводимых производств

Наименование	$\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	Расчётная нагрузка	
		P_p , кВт	Q_p , квар
РП-319 ф1 (ЦВС доменной печи №5)	0,84/0,65	3140	2041
РП-319 ф2 (ЦВС доменной печи №5)	0,84/0,65	3010	1956,5
РП-313 ф1 (Насосно-фильтровальная станция)	0,97/0,25	1280	320
РП-313 ф2 (Насосно-фильтровальная станция)	0,97/0,25	1280	320
РП-321 ф1 (Насосная станция II-го водоподъёма)	0,99/0,14	2480	347,2
РП-321 ф2 (Насосная станция II-го водоподъёма)	0,97/0,25	7050	1762,5
РП-30 (п./ст.№5) мартеновского цеха	0,87/0,57	2800	1596
ТП-3003 (Насосная станция подкачки грязного цикла)	0,80/0,75	430	322,5

Разбиваем на однотипные группы вводимые в работу электроприёмники:
- РП-319 центральной воздухоудвнющей станции доменной печи №5 и РП-321 насосной станции II-го водоподъёма подключаем к I и IVСШ - 6кВ. Так как основными электроприёмниками этих распределительных пунктов являются синхронные двигатели, также как и на компрессорной "Западной".

- РП-313 насосно-фильтровальной станции, ТП-3003 насосной станции подкачки грязного цикла и РП-30 (п./ст.№5) мартеновского цеха распределяем на II и III секции таким образом, чтобы загрузка трансформаторов в нормальном режиме приблизительно была одинаковой.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Введение

В данной части бакалаврской работы выполним расчёт сметы затрат на разработку электрической части проекта переоборудования подстанции 110/6 кВ ОП-3, а также выполним технико-экономическое сопоставление двух вариантов переоборудования подстанции (замена трансформаторов) с равной степенью надёжности:

1 вариант – на подстанции устанавливаются выбранные проектом силовые трансформаторы мощностью 40 МВА;

2 вариант – на подстанции устанавливаются силовые трансформаторы большей мощности, например 63 МВА.

5.2 Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости

Для расчета основной заработной платы сотрудников отдела проектирования составляем график выполнения работ (приложение 2). Для определения трудоемкости выполнения проекта сначала составим перечень основных этапов и видов работ, которые должны быть выполнены. Этап представляем в хронологическом порядке, т.е. после выполнения i -го этапа следует $i+1$ этап работ. Для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{о.ж.}$ применим вариант, основанный на использовании двух оценок: t_{max} , t_{min} .

$$t_{ож} = \frac{3 \times t_{min} + 2 \times t_{max}}{5} \quad (39)$$

где t_{min} – кратчайшая продолжительность данной работы;

t_{max} – самая длительная продолжительность работы.

					ФЮРА.13.03.02.008 ПЗ							
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		
<i>Разраб.</i>		<i>С.С.Сергеев</i>			Проектирование подстанции 110/6 кВ Опорная-3 Новокузнецкого металлургического комбината							
<i>Руков.</i>		<i>В.А.Колчанова</i>								17	119	
								<i>ТПУ ИнЭО Гр. 3-5А2ГС1</i>				
<i>Н.контр</i>		<i>В.А.Колчанова</i>										

При составлении графика работ считаем, что длительность одного рабочего дня $t_{рд}$ составляет 8 часов и 10% времени отводится на перерывы в работе.

По графику работ определим трудозатраты для каждого работника:

Таблица 5.1 График работ

№	Наименование работы	Исполнитель	Продолжительность работ, ч			кол-во дней
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	
1	Разработка задания	Руководитель	4	8	5,6	1
2	Анализ информации об объекте проектирования	Руководитель	6	10	7,6	1
		Ведущий инженер	12	16	14	2
		Инженер	24	36	29	4
3	Сбор данных о существующих нагрузках, вновь вводимых производств, оценка перспективы развития производства	Инженер	30	42	35	5
4	Расчёт электрических нагрузок подстанции	Инженер	16	20	18	3
5	Разработка вариантов электроснабжения, оценка экономической эффективности	Руководитель	3	6	4,2	1
		Ведущий инженер	10	16	12	2
		Инженер	20	28	23	4
6	Расчёт токов КЗ	Инженер	40	60	48	7
		Ведущий инженер	3	6	4,2	1
7	Анализ и проверка оборудования по отключающей способности, термической и электродинамической устойчивости	Инженер	35	46	39	6
8	Доработка электротехнической части	Инженер	16	20	18	3
9	Расчёт уставок РЗА	Инженер	30	40	34	5
10	Проверка проектной документации	Руководитель	8	12	9,6	2
		Ведущий инженер	8	12	9,6	2
11	Разработка сметной документации на монтаж и наладку	Руководитель	4	8	5,6	1
		Ведущий инженер	8	12	9,6	2
		Инженер	40	60	48	7
12	Оформление проектно-сметной документации	Ведущий инженер	20	40	28	4
		Инженер	100	140	116	16
13	Проверка и сдача проекта	Руководитель	16	24	19	3

Тогда длительность выполнения этапа работ определится по формуле:

$$T_i = \frac{t_{\text{ОЖ}} \times 1,1}{t_{\text{рд}}} = \frac{t_{\text{ОЖ}} \times 1,1}{8} \quad (40)$$

Таблица 5.2 – Трудозатраты на выполнение проектно-сметных работ

Работник	Кол-во дней
Руководитель	9
Ведущий инженер	13
Инженер	60

5.3 Расчет затрат на проектирование

Затраты, образующие себестоимость продукции группируются в соответствии с их экономическим содержанием последующим элементам: материальные затраты, оплата труда, отчисления на социальные нужды, амортизация основных фондов, прочие затраты, накладные расходы.

5.3.1 Расходные материалы

К расходным материалам относятся: бумага, картриджи для принтера, плоттера, ручки, изготовление слайдов), сведенные в приведенную ниже таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Материальные затраты

Материал	Ед. изм.	КОЛ-ВО	Стоимость, руб	Итого, руб
Печатная бумага А4	Пачка		150	150
Печатная бумага А3	Пачка	0,2	300	60
Печатная бумага для плоттера А0	шт	10	100	1000
Флеш-память	шт.	1	500	500
Канц. товары	КОМПЛ.	3	200	600
				2310

5.3.2 Расчет заработной платы и отчислений на социальные нужды

Расчёт заработной платы:

$$З_{П} = \frac{O \times k_1 \times k_2 \times k_{\text{пр}}}{21} X \quad (41)$$

где: O – оклад; k_1 - коэффициент за отпуск (1,16 - для руководителя, 1,1 – для ведущего инженера, 1,08 – для инженера); k_2 - районный коэффициент (1,3); 21 - количество рабочих дней в месяце; X - количество рабочих дней затраченных на проект (таблица 5.1.)

Таблица 5.4 – Оклады исполнителей.

Работник	Группа	Оклад, руб
Руководитель	4	35000
Ведущий инженер	3	25000
Инженер	2	20000

Для руководителя: Оклад – 35000 руб.

$$З_{\text{П}_{\text{рук}}} = \frac{35000 \times 1,16 \times 1,3}{21} \times 9 = 22620 \text{ руб}$$

Для ведущего инженера: Оклад – 25000 руб.

$$З_{\text{П}_{\text{вед.инж}}} = \frac{25000 \times 1,1 \times 1,3}{21} \times 13 = 22131 \text{ руб}$$

Для инженера: Оклад – 20000 руб.

$$З_{\text{П}_{\text{инж}}} = \frac{20000 \times 1,08 \times 1,3}{21} \times 60 = 80229 \text{ руб}$$

Итого фонд заработной платы:

$$\text{ФЗП} = \sum З_{\text{П}} = 22620 + 22131 + 80229 = 124980 \text{ руб.}$$

Размер отчислений на социальные нужды составляет 30%

Сумма начислений на социальные нужды составляет:

$$И_{\text{сн}} = 124980 \cdot 0,3 = 37494 \text{ руб.}$$

5.3.3 Амортизационные отчисления

Специальное оборудование учитывается в сметной стоимости в виде амортизационных отчислений по формуле:

$$I_{AM} = \frac{T_{и}}{T} \times N_A \times \Phi_{п} \quad (42) \text{ где } \Phi_{п} -$$

первоначальная стоимость оборудования; N_A - нормаамортизации; $T_{и}$ - количество дней использования оборудования. Принимаем общую продолжительность проектирования 66 дней; T – количество календарных дней в году.

Таблица 5.5 – Амортизационные отчисления

Наименование	Количество	$\Phi_{п}$, р	N_A , %	$I_{амр}$
Компьютер	3	40000	20	4471
Принтер	1	12000	10	224
Стол	3	10000	10	559
Стул	3	5000	10	279
Плоттер А0	1	10000	10	1863
Итого Иам				7396

Амортизационные затраты составляют $I_{ам} = 7396$ рубля.

5.3.4 Прочие расходы

Прочие неучтенные прямые затраты включают в себя все расходы связанные, не предусмотренные в предыдущих статьях, отчисления внебюджетные фонды, оплата услуг связи, представительские расходы, затраты на ремонт и прочее. Принимаем размер прочих затрат как 20% от суммы расходов на материальные затраты, амортизации оборудования, затрат на оплату труда, отчисления на социальные нужды.

$I_{пр} = 0,2 \times (I_{ФЗП} + I_{СН} + I_{AM} + I_{МЗ}) = 0,2 \times (124980 + 37494 + 7396 + 2310) = 34436$ руб.

Накладные расходы принимаем 300% от ФЗП и включают в себя затраты на административно-хозяйственное обслуживание помещения, обеспечение нормальных условий труда, оплату за энергоносители и другие косвенные затраты.

$$I_{\text{накл}} = 1 \cdot I_{\text{ФЗП}} = 3 \cdot 124980 = 374940 \text{ руб.}$$

Себестоимость проекта:

$$I = \sum I = 124980 + 37494 + 7396 + 2310 + 34436 + 374940 = 581556 \text{ руб}$$

Принимаем рентабельность 20%, тогда прибыль:

$$Pr = 0,2 \times I = 0,2 \times 581556 = 116311 \text{ руб}$$

Стоимость проекта:

$$C_{\text{пр}} = Pr + I = 116311 + 581556 = 697867 \text{ руб}$$

Смета затрат на проектирование представлена в таблице 5.5

Таблица 5.6 – Смета затрат

Вид расходов	Обозначение	Сумма, р.
Материальные затраты	$I_{\text{м}}$	2310
Заработная плата	$I_{\text{зп}}$	124980
Отчисления на социальные нужды	$I_{\text{сн}}$	37494
Амортизация	$I_{\text{ам}}$	7396
Прочие расходы	$I_{\text{пр}}$	34436
Накладные расходы	$I_{\text{накл}}$	374940
Себестоимость проекта	I	581556
Прибыль	Pr	116311
Стоимость проекта	$C_{\text{п}}$	697867

5.4 Технико-экономическое сопоставление двух вариантов

мощности трансформаторов подстанции.

Выбор варианта производим по наименьшим приведённым затратам, также определим сравнительный срок окупаемости дополнительных капиталовложений.

Для сопоставления двух принятых вариантов определим годовые потери мощности и энергии в трансформаторах

Технические данные трансформаторов с расщеплённой вторичной обмоткой с высшим напряжением 110 кВ определяем из [4, с.185.].

Таблица 5.7 – Технические данные трансформаторов

Тип	Ном, кВА	U _н , кВ		Потери, ΔP , кВт		U _{к.з.} , %	х.х, %	Цена, К, тыс. руб.
		Н	Н	.х.	.з.			
ТРДН- 40000/110	40000	15	6,3-6,3	0	75	вн-нн 10,4 нн ₁ -нн ₂ 15	0,65	9939,6
ТРДЦН- 63000/110	63000	15	6,3-6,3	0	45	вн-нн 10,5 нн ₁ -нн ₂ 15	0,6	12458,8

Первый вариант.

Полные потери активной мощности в трансформаторе с учётом коэффициента загрузки, кВт:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{х.х.}} + K_3^2 \cdot \Delta P_{\text{к.з.}} \Delta P = 50 + 0,69^2 \cdot 175 = 133 \text{ кВт. (43)}$$

где $\Delta P_{\text{х.х.}}$ – активные потери холостого хода трансформатора, кВт;

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

$\Delta P_{\text{к.з.}}$ – потери короткого замыкания трансформатора, кВт.

Реактивные потери холостого хода трансформатора, квар:

$$\Delta Q_{\text{х.х.}} = S_{\text{н.т.}} \times \frac{I_{\text{х.х.}}}{100}, \text{ (44)}$$

$$\Delta Q_{\text{х.х.}} = 40000 \times \frac{0,65}{100} = 260 \text{ квар.}$$

где $I_{\text{х.х.}}$ – ток холостого трансформатора, % номинального;

$S_{\text{н.т.}}$ – номинальная мощность выбранного трансформатора, кВ·А.

Номинальный линейный ток на стороне высшего напряжения, А:

$$I_{\text{н.т.}} = \frac{S_{\text{н.т.}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{н}}}, \text{ (45)}$$

$$I_{\text{н.т.}} = \frac{40000}{\sqrt{3} \times 6,3} = 3665,7 \text{ А.}$$

где $U_{\text{н}}$ – номинальное вторичное напряжение трансформатора, кВ.

Потери реактивной мощности короткого замыкания, квар:

$$I_{н.т.} = \frac{40000}{\sqrt{3 \times 6,3}} = 3665,7 \text{ А. (46)}$$

$$\Delta Q_{к.з.} = 40000 \times \frac{10,4}{100} = 4160 \text{ квар.}$$

где $U_{к.з.}$ – напряжение короткого замыкания, % номинального.

Полные потери реактивной мощности в трансформаторе с учётом коэффициента загрузки, квар:

$$\Delta Q = \Delta Q_{х.х.} + K_3^2 \cdot \Delta Q_{к.з.}, \Delta Q = 260 + 0,69^2 \cdot 4160 = 2241 \text{ квар. (47)}$$

где $\Delta Q_{х.х.}$ – потери реактивной мощности холостого хода, квар;

$\Delta Q_{к.з.}$ – потери реактивной мощности короткого замыкания, квар.

Приведённые потери холостого хода трансформатора, учитывающие потери активной мощности, как в самом трансформаторе, так и создаваемые им в элементах всей системы электроснабжения в зависимости от реактивной мощности, потребляемой трансформатором, кВт:

$$\Delta P'_{х.х.} = \Delta P_{х.х.} + k_{и.п.} \cdot \Delta Q_{х.х.}, \quad (48)$$

где $k_{и.п.}$ – коэффициент изменения потерь.

Принимаем при расчётах коэффициент изменения потерь $k_{и.п.} = 0,07$ кВт/квар (задан энергосистемой для комбината в соответствии с его местоположением).

$$\Delta P'_{х.х.} = 50 + 0,07 \cdot 260 = 68,2 \text{ кВт.}$$

Приведённые потери короткого замыкания, кВт:

$$\Delta P'_{к.з.} = \Delta P_{к.з.} + k_{и.п.} \cdot \Delta Q_{к.з.} \Delta P'_{к.з.} = 175 + 0,07 \cdot 4160 = 46 \text{ кВт. (49)}$$

Приведённые потери мощности в одном трансформаторе составят, кВт:

$$\Delta P'_{40} = \Delta P'_{х.х.} + K_3^2 \cdot \Delta P'_{к.з.} \Delta P'_{40} = 68,2 + (0,69)^2 \cdot 46 = 290 \text{ кВт. (50)}$$

где $\Delta P'_{х.х.}$ – приведённые потери холостого хода трансформатора, кВт;

$\Delta P'_{к.з.}$ – приведённые потери короткого замыкания трансформатора, кВт.

При круглосуточной работе завода с нагрузкой на ОП-3 55103 кВ·А, приведённые потери мощности в двух параллельно работающих трансформаторах составят, кВт:

$$\Delta P'_{2-40} = 2\Delta P'_{X.X.} + 2K_3^2 \cdot \Delta P'_{K.3.}, \Delta P'_{2-40} = 2 \cdot 68,2 + 2 \cdot (0,69)^2 \cdot 466 = 580 \text{ кВт.} \quad (51)$$

Годовые потери энергии в одном трансформаторе составят, кВт·ч:

$$\Delta W_{П40} = \Delta P'_{X.X.} \cdot T_0 + \Delta P'_{K.3.} \cdot K_3^2 \cdot T_p, \quad (52)$$

где T_0 – время включения трансформатора под напряжением, ч/год;

T_p – время включения трансформатора под нагрузкой, ч/год.

Учитывая, что трансформатор находится под напряжением постоянно, принимаем $T_0 = 8760$ ч/год. При продолжительности рабочей смены 8-м часов и трёхсменном графике работы принимаем $T_p \approx 6400$ ч/год [1, с.34.]

$$\Delta W_{П40} \approx 68,2 \cdot 8760 + 466 \cdot (0,69)^2 \cdot 6400 = 2017353 \text{ кВт·ч.}$$

Годовые потери энергии в обоих трансформаторах, кВт·ч:

$$\Delta W_{П 2-40} \approx \Delta W_{П40} \cdot 2 \approx 2017353 \cdot 2 = 4034705 \text{ кВт·ч.}$$

Второй вариант.

Согласно формуле (43) полные потери активной мощности в трансформаторе с учётом коэффициента загрузки составят, кВт:

$$\Delta P = 70 + 0,44^2 \cdot 245 = 117 \text{ кВт.}$$

Реактивные потери холостого хода трансформатора по (44), кВАр:

$$\Delta Q_{X.X.} = 63000 \times \frac{0,6}{100} = 378 \text{ квар.}$$

Номинальный линейный ток на стороне высшего напряжения по (45), А:

$$I_{н.т.} = \frac{63000}{\sqrt{3} \times 6,3} = 5773,5 \text{ А}$$

По (46) находим потери реактивной мощности КЗ, квар:

$$\Delta Q_{K.3.} = 63000 \times \frac{10,5}{100} = 6615 \text{ квар.}$$

Полные потери реактивной мощности в трансформаторе с учётом

коэффициента загрузки определяем по (47), кВАр:

$$\Delta Q = 378 + 0,44^2 \cdot 6615 = 1659 \text{ квар.}$$

По (48) определяем приведённые потери холостого хода трансформатора, кВт:

$$\Delta P'_{\text{х.х.}} = 70 + 0,07 \cdot 378 = 96,5 \text{ кВт.}$$

Находим по (49) приведённые потери КЗ, кВт:

$$\Delta P'_{\text{к.з.}} = 245 + 0,07 \cdot 6615 = 708 \text{ кВт.}$$

Приведённые потери мощности в одном трансформаторе по (50) составят, кВт:

$$\Delta P'_{63} = 96,5 + (0,44)^2 \cdot 708 = 234 \text{ кВт.}$$

Согласно уравнению (51) приведённые потери мощности в двух параллельно работающих трансформаторах составят, кВт:

$$\Delta P'_{2 \cdot 40} = 2 \cdot 96,5 + 2 \cdot (0,44)^2 \cdot 708 = 467 \text{ кВт.}$$

Годовые потери энергии в одном трансформаторе находим по (52), кВт·ч:

$$\Delta W_{\text{П63}} \approx 96,5 \cdot 8760 + 708 \cdot (0,44)^2 \cdot 6400 \approx 1722580 \text{ кВт·ч.}$$

Годовые потери энергии в обоих трансформаторах, кВт·ч:

$$\Delta W_{\text{П } 2 \cdot 63} \approx \Delta W_{\text{П63}} \cdot 2 = 1722580 \cdot 2 = 3445161 \text{ кВт·ч.}$$

Производим технико-экономическое сопоставление намеченных вариантов.

Первый вариант.

Стоимость годовых потерь электроэнергии для обоих трансформаторов, руб./год:

$$C_{\text{ПВ}} = C_{\text{W}} \cdot \Delta W, \tag{53}$$

где C_{W} – стоимость 1 кВт·ч, руб./кВт·ч;

ΔW – годовые потери электроэнергии в 2-х трансформаторах, кВт·ч.

На 2015г. установлена оплата $C_w=0,45$ руб./ кВт·ч без НДС.

$C_{ПВ}=0,45 \cdot 4034705=1816$ т.руб./год.

Ежегодные эксплуатационные расходы для двух трансформаторов, руб./год:

$$C_{\text{Э}} = \frac{(P_a + P_o) \times 2K}{100} + C_{\text{ПВ}}, \quad (54)$$

где ρ_a – отчисления на амортизацию, в долях единиц;

ρ_o – отчисления на обслуживание и текущий ремонт, в долях единиц;

K – капиталовложения во вновь сооружаемые элементы, тыс. руб.;

$C_{\text{ПВ}}$ – стоимость годовых потерь электроэнергии, т.руб./год.

Отчисления на амортизацию и обслуживание ($\rho_a=6,4; \rho_o=1,0$) [5,20, 2-21.]

Учитывая то, что мы производим технико-экономическое сравнение вариантов выбранных трансформаторов, то капиталовложениями во вновь сооружаемые элементы является стоимость самих трансформаторов, смотри таблицу 5.7.

$$C_{\text{Э}} = \frac{(6,4 + 1,0) \cdot 2 \cdot 9939,6}{100} + 1816 = 3287,1 \text{ т.руб./год}$$

Приведённые годовые затраты для обоих трансформаторов, руб./год:

$$Z_{\text{НЭ}} \cdot 2K + C_{\text{Э}} \quad (55)$$

где $k_{\text{НЭ}}$ – нормативный коэффициент экономической эффективности (0,12);

$C_{\text{Э}}$ – ежегодные эксплуатационные расходы, руб./год.

$Z = 0,12 \cdot 2 \cdot 9939,6 + 3287,1 = 5672,6$ т.руб./год.

Второй вариант.

По (53), стоимость годовых потерь электроэнергии для обоих

трансформаторов составит, т.руб./год:

$$C_{ПВ}=0,45 \cdot 3445161=1550 \text{ руб./год.}$$

Ежегодные эксплуатационные расходы для двух трансформаторов по (54), т.руб./год:

$$C_{\text{э}} = \frac{(6,4+1,0) \cdot 2 \cdot 12458,8}{100} + 1550 = 3393,9 \text{ т.руб./год.}$$

Приведённые годовые затраты для обоих трансформаторов по (55), т.руб./год:

$$З=0,12 \cdot 2 \cdot 12458,8 + 3393,9 = 6384 \text{ т. руб./год.}$$

Данные для сравнения вариантов сведены в таблице 5.8

Таблица 5.8 – Сравнения вариантов при выборе трансформаторов

Показатели	Вариант 1	Вариант 2
Капитальные вложения К, т.руб.	19879,2	24917,9
Нормативный коэффициент $k_{НЭ}$	0,12	0,12
Реактивные потери холостого хода $\Delta Q_{Х.Х.}$, кВАр	260	378
Потери реактивной мощности $KЗ\Delta Q_{К.З.}$, кВАр	4160	6615
Приведённые потери холостого хода $\Delta P'_{Х.Х.}$, кВт	68,2	96,5
Коэффициент изменения потерь $k_{И.П.}$	0,07	0,07
Приведённые потери $KЗ\Delta P'_{К.З.}$, кВт	466	708
Коэффициент загрузки трансформаторов K_3	0,69	0,44
Время включения под напряжение T_0 , ч/год	8760	8760
Время включения под нагрузку T_p , ч/год	6400	6400
Потери электроэнергии ΔW , кВт·ч	4034705	3445161
Стоимость 1кВт·ч C_w , руб./кВт·ч	0,45	0,45
Стоимость потерь электроэнергии $C_{ПВ}$, т.руб./год	1816	1550
Отчисления на амортизацию и обслуживание ра,ро, в долях единиц	7,4	7,4

Продолжение таблицы 5.8

Годовые эксплуатационные расходы $C_{э}$, т.руб./год	3287,1	3393,9
Приведённые годовые затраты, капиталовложения для обоих трансформаторов Z , т.руб./год	5672,6	6384

Определяем срок окупаемости, в течение которого возмещаются дополнительные капиталовложения по более капиталоемкому варианту за счёт экономии, получаемой на ежегодных эксплуатационных расходах, год:

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{C_{31} - C_{32}}, \quad (56)$$

где K_1, K_2 – капитальные вложения в вариантах, т. руб.;

$C_{э1}, C_{э2}$ – ежегодные эксплуатационные расходы, т.руб./год, в вариантах.

$$T_{ок} = \frac{224917,9 - 19879,2}{3393,9 - 3287,1} = 47 \text{ лет}$$

Расчётное значение срока окупаемости сравниваем с нормативным значением (T_H). В энергетике нормативный срок окупаемости равен семи годам, см. [1, 87]

$$T_{ок} = 47 \text{ года} > T_H = 7 \text{ лет.}$$

Срок окупаемости существенно больше нормативного, значит, экономичнее будет вариант 1 с меньшими капитальными вложениями и большими годовыми эксплуатационными расходами.

Заключение

Проблемы повышения надёжности работы системы электроснабжения Новокузнецкого металлургического комбината возникают в условиях непрерывного роста мощностей производств и их электропотребления. При проектировании и в процессе эксплуатации сложилось так, что электроприёмники вновь сооружаемых различных технологических систем юго-западного района решено было подключить к единственной относительно новой подстанции находящейся в этом районе. Также на подстанцию ОП-3 решено было перевести с ТЭЦ некоторых потребителей, чтобы разгрузить шины 6 кВ ТЭЦ. Это позволит значительно увеличить надёжность электроснабжения этих потребителей.

Произведённые в настоящей работе расчёты позволяют сделать следующие выводы:

1) Работой учтены предложения по установке на подстанции ОП-3 двух трансформаторов типа ТРДН с расщеплённой вторичной обмоткой мощностью 40 МВ·А, с технико-экономическим обоснованием рассматриваемого варианта.

2) Выполненный расчёт токов короткого замыкания позволил, произвести выбор основного электрооборудования опорной подстанции для новых потребителей ОП-3 и проверку его на стойкость к токам короткого замыкания.

3) Внедрение рассмотренного выше комплекса средств релейной защиты и автоматики позволит при минимальных капитальных вложениях получить значительное повышение надёжности схемы электроснабжения района.

4) Предложенная схема и расчёт защитного заземления позволяют устранить опасность поражения человека электрическим током в случае прикосновения его к корпусу электроустановки оказавшимся под напряжением.

					ФЮРА. 13.03.02.008 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>С.С.Сергеев</i>			Проектирование подстанции 110/6 кВ Опорная-3 Новокузнецкого металлургического комбината	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руков.</i>		<i>В.А.Колчанова</i>					17	119
						<i>ТПУ ИнЭО</i> <i>Гр. 3-5А2ГС1</i>		
<i>Н.контр.</i>		<i>В.А.Колчанова</i>						