

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой ЭИП
Бакенов К.А. к.т.н., доцент
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ « ____ » _____ 2014 г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: «Электроснабжение завода ферросплавов»

Специальность 5В071800 – Электроэнергетика

Выполнил (а) Сеитбек Б.А. ЭСн-10-2
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Фадеев В.Б., ктн, доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части: Валиева Л.Ш., к.э.н., доцент

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Л.Ш. Валиева « 10 » июль 20 14 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности: Санатова Т.С., к.т.н., доцент

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Т.С. Санатова « 6 » июль 20 14 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники: Фадеев В.Б., ктн, доцент

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « ____ » _____ 20 ____ г.
(подпись)

Нормоконтролер: Живаева О.П.

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « ____ » _____ 20 ____ г.
(подпись)

Рецензент: Жантурин М.Ж., канд. техн. наук,

Доцент кафедры ЭиАТК КазНГУ им К. Сатпаева

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « ____ » _____ 20 ____ г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Электроэнергетический
Специальность 5В071800 - Электроэнергетика
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Сеитбек Бағылан Аллабергеноұлы
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта : «Электроснабжение завода ферросплавов»

Утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.

Срок сдачи законченной работы « » 20 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта:

Питание завода может быть осуществлено от ТЭЦ или подстанции энергосистемы ограниченной мощности ТЭЦ работает параллельно с системой. Мощность к.з. 10 кВ ТЭЦ равна 500 МВА. На подстанции ЭС установлено два трансформатора мощностью 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ. Трансформаторы работают раздельно. Мощность к.з. на стороне 115 кВ подстанции равна 1800 МВА. Расстояние от ТЭЦ до завода 4,8 км, а от подстанции энергосистемы 13 км. Завод работает 3 смены.

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

Целью данной работы является разработка проекта электро-снабжения завода ферросплавов.
Для достижения данной цели были выполнены следующие работы:
Определение тех-к нагрузок по заводу то есть расчет освещения; расчет нулевых токов электрических нагрузок по заводу; определение потерь мощности в ГПП; расчет компенсации реактивной мощности на шинах 6 кВ; расчет токов к.з. и выбор оборудования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Генеральный план завода ферросплавного завода
2. Организационная схема Электроснабжения завода ферросплавов
3. Схема заполнения ячеек КРУ
4. Работы и электрические характеристики ДСП

Рекомендуемая основная литература:

1. Технический каталог Магист electric КТЗ / 2012
2. О.П. Шивалева, М.А. Тергулишвили. Проектирование систем электроснабжения. Методические указания и задания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности 050718 - Электротехника - Алматы: АИЖ, 2007 - 74 с
3. Федоров А.А. "Основы электроснабжения промышленных предприятий" - М. Энергия, 1967 г.
4. Арамулук В.В. Экономика труда: Учебник - М.: ЗАО Фиксат-информ, 2002. - 431 с
5. Защита от грозового разряда молнии А.Н. Кудрин. - Ульяновск: УлГТУ, 2001. - 32 с

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Основной	Фадеев В.Б.		
Безопасность жизнедеятельности	Санатова Т.С.	1.04 - 6.06.14	<i>Т.С.</i>
Экономический	Валиева Л.Ш.	09.04 - 9.06.14	<i>Л.Ш.</i>

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Расчет электрических нагрузок по заводу	20. 02. 2014	
2	Расчет силовой нагрузки	20. 02. 2014	
3	Выбор сечения вводных электропроводов	25. 02. 2014	
4	Выбор оборудования и расчет тока короткого замыкания	10. 03. 2014	
5	Сдача сметной заводу	9. 04. 2014	
6	Безопасности жизнедеятельности	6. 04. 2014	
7	Расчет экономической части	10. 04. 2014	
8	Редактирование и сдача дипломного проекта		

Дата выдачи задания «01» октября 2013 г.

Заведующий кафедрой _____ Бакенов К.А.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ Фадеев В.Б.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент _____ Сеитбек Б.А.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Дипломдық жұмыс ферроқорытпа зауытының электрмен жабдықтау жүйесін жобалауға арналған. Жұмыста электрлі пештер цехы мен бүкіл зауыт бойынша жүктемеге есептеу жүргізілген, электрмен жабдықтаудың ең тиімді сұлбасы тандалған (үш нұсқада салыстыру арқылы), 115кВ және 37кВ және 10,5кВ шиналарындағы қысқа тұйықталу тоқтары есептеліп олардың нәтижелері бойынша электржабдықтарға таңдау жүргізілген

Арнаулы бөлікте сұрақтар электрлі доғалы пештің орынбасу сұлбасы мен электрлі мінездемесі

Дипломдық жобада өміртіршілік қауіпсіздігі мен экономикалық бөлім қарастырылды.

Аннотация

Дипломная работа посвящена разработке системы электроснабжения ферросплав завода. Произведен расчет нагрузок по цеху цех электро печей и повсему заводу в целом, выбор наиболее рациональной схемы электроснабжения (сравнение трех вариантов), рассчитаны токи короткого замыкания на шинах 115кв, 37кВ и 10,5кВ по результатам которых осуществлен выбор электрооборудования.

В специальной части рассматриваются вопросы схема замещения и электрические характеристики электрической дуговой печи.

В дипломном проекте были рассмотрены безопасность жизнедеятельности и экономическая часть

Abstract

In the diplom project is devoted to the development of the electricity system ferroalloy plant. The calculation of loads on the manufactory floor manufactory electric furnaces and day-to plant a whole range of timber Most rational power supply circuit (comparison of three options), short-circuit currents are calculated on tires 115kqv, 37kqv and 10.5 kV which resulted in the choice of electrical done.

In the special part deals with the equivalent circuit and the electrical characteristics of an electric arc furnace.

In the diplom project were examined life safety and economic part

Содержание

Перечень сокращений	
Введение	8
1 Анализ исходных данных	11
1.1 Технологический процесс производства	11
1.2 Исходные данные на проектирование	13
2 Расчет электрических нагрузок по заводу	14
2.1 Расчет осветительной нагрузки	14
2.2 Расчет электрических нагрузок по заводу	15
2.3 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ.	19
2.4 Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу.	21
2.5 Выбор высоковольтные конденсаторные батареи	27
3 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения	30
3.1 I вариант схемы электроснабжения	31
3.2 II вариант схемы электроснабжения	37
3.3 III вариант схемы электроснабжения	44
4 Выбор оборудования U=10 кВ.	49
4.1 Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП и РП	49
4.2 Выбор выключателей	51
4.3 Выбор кабелей отходящих линий.	55
4.4 Выбор выключателей нагрузок на ТП	59
4.5 Выбор автоматических выключателей на ТП	59
4.6 Выбор трансформаторов тока и напряжения	59
4.7 Выбор шин ГПП	65
4.8 Выбор изоляторов ГПП	66
5 Дуговая сталеплавильная печь.	67
5.1 Устройство и принцип работы дуговой сталеплавильной	67
5.2 Схема замещения и электрические характеристики ДСП	71
5.3 Рабочие характеристики и электрические режимы ДСП	74
6 Безопасность жизнедеятельности	78
6.1 Анализ условий труда в цехе электропечей	78
6.2 Разработка мероприятий по улучшению условий труда	80
6.3 Разработка зануления низковольтного оборудования цеха электропечей	86
7 Экономическая часть	91
7.1 Цель разработки проекта электроснабжения ферросплавного завода	91
7.2 Выбор вариантов снабжения	91
7.3 Показатели финансовой эффективности	98
Заключения	101
Список литературы	103

Перечень сокращений и обозначений

ВБК	- высоковольтные батареи конденсаторов
ВН	- высокое напряжение
ГЛ	- газоразрядные лампы
ДРЛ	- дуговая ртутная люминисцентная
ГПП	- главная понизительная подстанция
ИС	- источник света
КЗ	- короткое замыкание
КРУ	- комплектное распределительное устройство
ЛН	- лампы накаливания
ЛЭП	- линия электропередач
НБК	- низковольтные батареи конденсаторов
НН	- низкое напряжение
РУ	- распределительное устройство
СД	- синхронный двигатель
СН	- среднее напряжение
ТП	- трансформаторная подстанция
ТТ	- трансформатор тока
ЭП	- электроприемник
СПЭ	- сшитого полиэтилена

Введение

Современная жизнь практически невозможна без использования электроэнергии. Индивидуальное, коллективное или промышленное строительство либо реконструкция зданий подразумевает под собой установку (реконструкцию) систем электроснабжения. Которая, в свою очередь, начинается с проектирования систем электроснабжения. И лишь имея готовый проект электроснабжения можно выполнять сам монтаж электроснабжения.

В данном дипломном проекте проектируется система электроснабжения меланжевого комбината. Целью проектирования являлась разработка рациональной электропитающей сети, обеспечивающей надежность и экономичность электроснабжения потребителей и качество электроэнергии. Эта цель достигалась на основе принципов вариантного проектирования и оптимизации параметров воздушных линий электропередачи и трансформаторных подстанций: конфигурации и схемы сети, номинального напряжения, сечений проводов, числа и мощности трансформаторов.

Основные задачи, решаемые при проектировании систем электроснабжения:

- 1) Определение электрических нагрузок;
- 2) Определение структуры системы электроснабжения: числа и места размещения распределительных пунктов, трансформаторных подстанций, числа и мощности силовых трансформаторов, средств компенсации реактивной мощности, схем электрических соединений элементов системы электроснабжения;
- 3) Определение рационального напряжения системы питания и распределения электрической энергии;
- 4) Выбор способа транспортировки электрической энергии, как системы питания, так и системы распределения;
- 5) Выбор конструктивного исполнения электрических устройств и типов электрооборудования с учетом условий их функционирования, требований надежности, экономичности и безопасности;
- 6) Определение технических средств для обеспечения электробезопасности при ее эксплуатации.

Для правильного решения всех задач проектирования систем электроснабжения необходимо строго соблюдать как требования к системе электроснабжения (экономичность, надежность, безопасность), так и условия ее функционирования, особенно технико-технологические условия, и режимы работы электроприемников.

Решение задач проектирования и эксплуатации систем электроснабжения постоянно усложняется т.к. совершенствуются и внедряются новые энергосберегающие технологии, обновляется

электрооборудование, повышаются требования к качеству электрической энергии и надежности электроснабжения.

также в данном дипломном проекте рассматривается проектирование внутреннего освещения производственного помещения с помощью вычислительной техники и программного обеспечения.

Освещение производственных помещений – это довольно интересный и сложный процесс. требования к производственному освещению очень высокие, это: соответствие необходимым нормативам, общая безопасность, надёжность, экономичность и эстетичность. Этот вид должен обладать механической прочностью на самом высоком уровне. А также быть износостойким, устойчивым к вибрациям. Обычно срок службы производственного освещения составляет около 25 лет, поэтому необходимо заранее планировать более экономичные решения и сведения энергопотребления к минимуму. В наше время существует достаточно большой выбор светильников, подходящих по всем этим критериям.

Развитие народного хозяйства и промышленности диктует необходимость совершенствования электроэнергетики: создания экономичных надежных систем электроснабжения промышленных предприятий, систем автоматизированного управления электроприводами и технологическими процессами. Важнейшие задачи, решаемые энергетиками и энергостроителями, состоят в непрерывном увеличении объемов производства, в сокращении сроков строительства новых энергетических объектов и реконструкции старых, уменьшении удельных капиталовложений, в сокращении удельных расходов топлива, повышении производительности труда, в улучшении структуры производства электроэнергетики. На протяжении восьмидесяти лет электроэнергетика развивалась и функционировала как общенациональная монополия. Каждая республика бывшего союза являлась интегрированной частью единой энергетической системы (ЕЭС). В 1991 году начался процесс децентрализации и дезинтеграции ЕЭС и электроэнергетики, начался процесс реформирования отрасли. Но несмотря на это электрическая энергия, как и прежде остается наиболее универсальной формой энергии. Она также служит основой технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства.

Основными потребителями электрической энергии являются промышленность, транспорт, сельское хозяйство, коммунальное хозяйство городов и поселков. При этом на промышленные объекты приходится более семидесяти процентов потребления электроэнергии.

Электроэнергия применяется буквально во всех отраслях народного хозяйства, особенно для электропривода различных механизмов, а в последние годы и для различных электротехнологических установок, в первую очередь для электротермических и электросварочных установок, электролиза, электроискровой и электрозвуковой обработки материалов, электроокраски.

Большую группу электроприемников составляют приводы общепромышленных механизмов, применяемые во всех отраслях народного хозяйства: подъемно-транспортные машины, поточно-транспортные системы, компрессоры, насосы, вентиляторы.

Электрическая энергия является основным видом энергии, применяемой в цветной металлургии, поэтому развитие цветной металлургии неразрывно связано с развитием электроэнергетики.

Разработкой и внедрением новых видов электрооборудования и систем электроснабжения для цветной металлургии занимается ряд научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, выпуск электрооборудования производится на специализированных заводах с учетом специфики его использования.

В настоящее время быстрыми темпами развивается производство для цветной металлургии крупных электрических машин и электромашин малой мощности, электрической аппаратуры напряжением до 1000В и выше 1000В.

Для обеспечения подачи электроэнергии в необходимом количестве и соответствующего качества от энергосистем промышленным объектам, установкам, устройствам и механизмам служат системы электроснабжения промышленных предприятий, состоящие из сетей напряжением до 1000В и выше и трансформаторных, преобразовательных и распределительных подстанций.

Передача, распределение и потребление выработанной энергии на промышленных предприятиях должны производиться с высокой экономичностью и надежностью. Для обеспечения этого энергетиками создана надежная и экономичная система распределения электроэнергии на всех ступенях применяемого напряжения с максимальным приближением высокого напряжения к потребителям.

В системе цехового распределения электроэнергии широко используют комплектные распределительные устройства, подстанции и силовые токопроводы. Это создает гибкую и надежную систему распределения, в результате чего экономится большее количество проводов и кабелей. Широко применяют совершенные системы автоматики, а также простые и надежные устройства защиты отдельных элементов системы электроснабжения промышленных предприятий.

Основной задачей проектирования объектов электроснабжения является обеспечение высокой степени надежности и экономичности их. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий ведется с учетом использования новейших достижений науки и техники. Проектирование электроснабжения осуществляется в три стадии: технико-экономическое обоснование, технический проект, рабочие чертежи. Сооружаемые электроустановки должны обеспечить безопасность эксплуатации, надежность и экономичность. При проектировании эти показатели достигаются с помощью технико-экономических расчетов.

1. Анализ исходных данных

1.1 Технологический процесс производства

Черная металлургия - сравнительно молодая отрасль тяжелой промышленности Казахстана. Она появилась лишь в годы второй мировой войны и в настоящее время представлена предприятиями полного и неполного цикла производства. Они дают чугун, сталь, изделия проката и ферросплавы. Крупнейшее предприятие черной металлургии республики - Карагандинский металлургический комбинат в г. Темиртау. В республике развивается и качественная черная металлургия. Она представлена ферросплавными заводами в Актюбинске и Аксу. Первый из них работает на хромитах Хромтау и выпускает феррохром, второй - на привозных кварцитах с Урала и выпускает ферросилиций. Оба завода построены в городах, где имеются крупные тепловые электростанции, так как производство ферросплавов - отрасль энергоемкая. В отрасли достигнут очень высокий уровень концентрации производства: производства проката в республике сосредоточено на Карметкомбинате, на долю Соколовско-Сарбайского горнообогатительного комбината приходится 61% производимой в республике железной руды, на долю Ермаковского завода ферросплавов - около 81% от их общего производства.

В составе черной металлургии республики Казахстан имеется пять отраслей:

1. Горнорудная,
2. Металлургическая,
3. Ферросплавная,
4. Огнеупорная,
5. Ломоперерабатывающая.

В них работают крупные железорудные (Соколовско-Сарбайский, Лисаковский, Качарский горнообогатительный комбинат и Атасуйское рудоплавление), хромитовое (Жездинское рудоплавление) предприятия, Карагандинский металлургический комбинат и два ферросплавных завода (Ермаковский и Атасуйский), завод "Казогнеупоры" (г. Рудный) и ПО "Казвторчермет" (г. Алматы).

Территориально предприятия черной металлургии размещены в пяти областях республики (Костанайской, Карагандинской, Актюбинской, Жезказганской и павлодарской), где имеются месторождения полезных ископаемых и водноэнергетические ресурсы.

Запасы железной руды в Казахстане оценивается в 16,6 млрд. тонн, что составляет около 8% всех мировых запасов, из них около 8800 млн. тонн разведано подготовлено к эксплуатации.

В 1992 году объем добычи железной руды в республике Казахстан составляет 23 млн. тонн. В предыдущие годы этот показатель был в два раза больше, при этом ежегодное производство окатышей составляло 10 млн. тонн, а концентратов - 40 млн. тонн.

Железородная промышленность Казахстана представлена крупными предприятиями республики: Соколовско-Сарбайским горнопроизводственным объединением, Лисаковским горно-обогачительным комбинатом и Атасуйским рудоплавлением.

Разработка железородных месторождений ведется, главным образом, в Костанайской области (Соколовское, Сарбайское и Качарское месторождения, разрабатываемые Соколовско-Сарбайским горнопроизводственным объединением (г. Рудный Костанайская область)).

Железная руда этих месторождений является довольно богатой (среднее содержание железа 35-74%).

1.2 Исходные данные на проектирование

Питание завода может быть осуществлено от ТЭЦ или подстанции энергосистемы неограниченной мощности. ТЭЦ работает параллельно с системой. Мощность к.з. на шинах 10,5 кВ ТЭЦ равна 500 МВА. На подстанции энергосистемы установлено два трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ. трансформаторы работают раздельно. Мощность к.з. на стороне 115 кВ подстанции равна 1800 МВА. Расстояние от ТЭЦ до завода 4,8 км, а от подстанции энергосистемы 13 км. Завод работает в три смены.

Таблица 1.1 - Сведения об электрических нагрузках по цехам завода

план №	Наименование	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность		Ки	cos f	tg f
			Одного ЭП, P _н , кВт	Σ P _н			
1	Цех электропечей №1						
	а) ДСП 12 т	4	5000 кВа				
	б) 0,4 кВ	40	1-80	3000	0,55	0,65	1,16
2	Склад кварцита, кокса, стружки	35	10-20	450	0,25	0,6	1,33
3	Заводоуправление	25	1-30	280	0,5	0,75	0,88
4	Цех электропечей №2:						
	а) ДСП 6т	4	2800 кВа				
	б) 0,4 кВ	40	10-80	900	0,55	0,65	1,16
5	Цех электропечей №3:						
	а) ДСП 12 т	6	5000 кВа				
	б) 0,4 кВ	30	5-90	900	0,55	0,65	1,16
6	Механо-прессовый	40	11-80	1216,55	0,5	0,8	0,75
7	Столярный цех	40	1-25	450	0,3	0,7	1,02
8	Склад оборудования	12	8-25	180	0,3	0,6	1,33
9	Насосная		1-40	1700	0,5	0,75	0,88
	а) СД 10 кВ	4	1000	4000			
	б) 0,4 кВ	18	5-30	300	0,8	0,85	0,6
10	Цех электропечей №4:						
	а) ДСП 25 т	4	9000 кВа				
	б) 0,4 кВ	35	1-60	1600	0,55	0,65	1,16

Освещение цехов и территории определить по площади.

2 Расчет электрических нагрузок по заводу

2.1 Расчет осветительной нагрузки

Расчет осветительной нагрузки при определении нагрузки предприятия производим упрощенным методом по удельной плотности осветительной нагрузки на квадратный метр производственных площадей и коэффициенту спроса.

По этому методу расчетная осветительная нагрузка принимается равной средней мощности освещения за наиболее загруженную смену и определяется по формуле:

$$P_{po} = K_{co} \times P_{yo}, \quad (2.1)$$

$$Q_{po} = \operatorname{tg} \varphi_o \times P_{po}, \text{ квар} \quad (2.2)$$

где K_{co} – коэффициент спроса по активной мощности осветительной нагрузки, числовые значения которого принимаю по /таблице 3.1., 10/,

$\operatorname{tg} \varphi_o$ - коэффициент реактивной мощности, определяется по $\cos \varphi$ /таблица 3.3., 10/,

P_{yo} – установленная мощность приемников освещения по цеху, определяется по удельной осветительной нагрузке на 1 м^2 поверхности пола известной производственной площади:

$$P_{yo} = \rho_o \times F \quad (2.3)$$

где F -площадь производственного помещения, которая определяется по генеральному плану фабрики, в м^2 :

$$F_{\text{террцехов}} = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_{15}, \quad (2.4)$$

$$F_{\text{тер завода}} = AB, \text{ м}^2 \quad (2.5)$$

$$F_{\text{освещаем терр}} = F_{\text{тер завода}} - F_{\text{террцехов}}, \quad (2.6)$$

ρ_o -удельная расчетная мощность в кВт на 1 м^2 . Эта величина зависит от рода помещения и выбирается согласно /таблице 5-42, 15/. Все расчетные данные заносятся в таблицу 2.2. «Расчет осветительной нагрузки».

$$P_{yo} = \rho_o \times F, \text{ кВт.} \quad (2.7)$$

Таблица 2.1 - Расчет осветительной нагрузки.

№	Наименование производственного помещения	Размеры помещен ия, м	Площадь помещен . м2	Уд. осв. нагруз ка ро кВт/м2	Коэф фици ент спрос а Кс	Уст. мощн. осв. P _{уо} кВт	Расчетная осветительная нагрузка		Cosφ/ tgφ	тип источника освещения
							P _{ро} , кВт	Q _{ро} ,кВ т		
1	Цех электропечей №1	70*28	1960	0,013	0,9	25,48	23	39,79	0,5/1,73	ЛЛ,ДРЛ
2	Склад кварцита, кокса, стружки	50*28	1400	0,010	1	14	14	7	0,9/0,5	Лампа накаливания
3	Заводуправление	40*28	1120	0,025	0,9	28	25,2	12,6	0,9/0,5	ЛЛ,ДРЛ
4	Цех электропечей №2	130*20	2600	0,013	0,95	33,8	32,11	55,5	0,5/1,73	ЛЛ,ДРЛ
5	Цех электропечей №3	80*28	2240	0,013	0,9	29,12	26,2	45,3	0,5/1,73	ЛЛ,ДРЛ
6	Механо- прессовый цех	40*20	800	0,012	1	9,6	9,6	16,6	0,5/1,73	ЛЛ,ДРЛ
7	Столярный цех	40*20	800	0,018	1	14,4	14,4	25	0,5/1,73	ЛЛ,ДРЛ
8	Склад оборудования	60*20	1200	0,01	0,8	12	9,6	0	1/0	Лампа накаливания
9	Насосная	40*16	640	0,017	0,8	10,8	8,64	0	1/0	Лампа накаливания
10	Цех электропечей №4	80*36	2880	0,013	0,9	37,4	33,6	58,12	0,5/1,73	ЛЛ,ДРЛ
	площадь территории	432*234	101088 85448	0,002	1	171	171	85,5	0,9/0,5	ЛЛ,ДРЛ
Итого							367,35	345,41		

2.2. Расчет электрических нагрузок по заводу.

Расчет электрических нагрузок напряжением до 1 кВ по цехам завода производим также методом упорядоченных диаграмм упрощенным способом.

Число m определяется по формуле:

$$m = \frac{P_{н\max}}{P_{н\min}} \quad (2.8)$$

где $P_{н\max}$, $P_{н\min}$ – номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприемников. Если m больше 3, то эффективное число электроприемников определяется по формуле, если $m \leq 3$, то эффективное число электроприемников принимается равным фактическому $n_{эф} = n$.

Средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену определяется по формуле:

$$P_{см} = K_{и} \cdot P_{н} \quad (2.9)$$

где $K_{и}$ – коэффициент использования;

P_n – номинальная активная нагрузка.

Средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену определяется по формуле:

$$Q = P_{cm} \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (2.10)$$

где P_{cm} – средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену;

$\operatorname{tg}\varphi$ – реактивный коэффициент мощности, определяется по $\cos\varphi$

Эффективное число электроприемников рассчитывается по формуле:

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot \sum P_n}{P_{n \max}} \quad (2.11)$$

Максимальная активная нагрузка от силовых электроприемников определяется по формуле:

$$P_p = K_m \cdot P_{cm} \quad (2.12)$$

где K_m – коэффициент максимума;

P_{cm} – средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену.

Максимальная реактивная нагрузка от силовых электроприемников:

$$Q_p = Q_{cm}, \text{ при } n_s > 10 \quad (2.13)$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{cm}, \text{ при } n_s \leq 10 \quad (2.14)$$

Полная максимальная нагрузка, определяемая по формуле:

$$S_p = \sqrt{Q_{p0,4}^2 + P_{p0,4}^2} \quad (2.15)$$

где $Q_{p0,4}$ – реактивная нагрузка 0,4 кВ;

$P_{p0,4}$ – активная нагрузка 0,4 кВ.

Результаты расчета силовых и осветительных нагрузок по цехам сведены в таблицу 2.3. «Расчет силовой нагрузок по цехам завода ферросплавов напряжением 0,4кВ».

Для построения картограммы нагрузок предприятия:

$$R = \sqrt{\frac{Pp}{m \cdot \pi}}, \quad (2.16)$$

$$\alpha = \frac{Ppo}{Pp} \cdot 360^\circ, \quad (2.17)$$

где R – радиус окружности;

α – угол сектора;

m – масштаб для нахождения площади круга, равный 0,8 для нагрузки 0,4 кВ.

Таблица 2.2 – Расчет электрических нагрузок по цехам, U = 0,4кВ

Цех №	Наименование цехов и групп ЭП	Кол-во ЭП n	Средняя нагрузка, кВт		m	K _н	cosφ /tgφ	Средняя нагрузка		n _э	K _м	Расчетная мощность			R, мм	α, гр.
			P _{нmin} ÷ P _{нmax}	ΣP _н				P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Цех электропечей №1 а) силовая б) осветительная Итого	40	1-80	3000	>3	0,55	0,65/1,16	1650	1914	40	1,13	1864,5 23 1887,5	1914 39,79 1953,7	2716,5	44	5
2	Склад кварцита, кокса, стружки. а) силовая б) осветительная Итого	35	10-20	450	<3	0,25	0,6/1,33	112,5	149,6	35	1,3	146,25 14 160,2	149,6 7 156,6	224,06	13	31
3	Заводуправление а) силовая б) осветительная Итого	25	1-30	280	>3	0,5	0,75/0,88	140	123,2	18	1,21	169,4 25,2 194,6	123,2 12,6 135,8	237,3	14	46
4	Цех электропечей №2 а) силовая б) осветительная Итого	40	10-80	3000	>3	0,55	0,65/1,16	1650	1914	40	1,13	1864,5 32,11 1896,61	1914 55,5 1969,5	2734,3	44	8
5	Цех электропечей №3 а) силовая б) осветительная Итого	30	5-90	900	>3	0,55	0,65/1,16	495	574,2	20	1,2	594 26,2 620,2	574,2 45,3 619,5	876,6	25	15

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	Механо-прессовый цех а) силовая б) осветительная Итого	40	11-80	1216,55	>3	0,5	0,8/0,75	614,5 73	333,87	20	1,2	656,2 9,6 665,8	334 16,6 350,6	752,46	18	11
7	Столярный цех а) силовая б) осветительная Итого	40	1-25	450	>3	0,3	0,7/1,02	135	137,7	36	1,24	167,4 14,4 181,8	137,7 25 162,7	244	14	28
8	Склад оборудования а) силовая б) осветительная Итого	12	8-25	180	>3	0,3	0,6/1,33	54	71,8	12	1,52	82,08 9,6 91,68	71,8 0 71,8	117	10	39
9	Насосная а) силовая б) осветительная Итого	18	5-30	300	>3	0,8	0,85/0,6	240	144	18	1,06	254,4 8,64 263,04	144 0 144	300	17	12
10	Цех электропечей №4 а) силовая б) осветительная Итого	35	1-60	1600	>3	0,55	0,65/1,16	880	1020,8	35	1,16	1021 33,6 1054,6	1020,8 58,12 1079	1509	33	10
	Итого											7016,03	6643,2			
	Освещение территории Итого на шинах 0,4 кВ											171 7187,03	85,5 6728,7	9845,24		

2.3 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ

Правильное определение числа и мощности цеховых трансформаторов возможно только путем технико-экономических расчетов с учетом следующих факторов: категории надежности электроснабжения потребителей; компенсации реактивных нагрузок на напряжении до 1кВ; перегрузочной способности трансформаторов в нормальном и аварийном режимах; шага стандартных мощностей; экономичных режимов работы трансформаторов в зависимости от графика нагрузки.

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 7187,03 \text{ кВт}$$

$$Q_{p0,4} = 6728,7 \text{ квар;}$$

$$S_{p0,4} = 9845,24 \text{ кВА.}$$

Ферросплавный завод относится ко 1 категории потребителей, завод работает в три смены, следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов $K_{зтр} = 0,7$. Принимаем трансформатор мощностью $S_{нт} = 1000$ кВА.

Для каждой технологически концентрированной группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности минимальное их число, необходимое для питания наибольшей расчетной активной нагрузки, рассчитывается по формуле:

$$N_{т \text{ min}} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N = \frac{7187,03}{0,7 \times 1000} + 0,74 = 11 \text{ тр}$$

где $P_{p0,4}$ – суммарная расчетная активная нагрузка;

k_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

$S_{нт}$ – принятая номинальная мощность трансформатора;

ΔN – добавка до ближайшего целого числа

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле: $N_{т.э} = N_{\text{min}} + m$,

где m – дополнительное число трансформаторов.

$N_{т.э}$ - определяется удельными затратами на передачу реактивной мощности с учетом постоянных составляющих капитальных затрат $Z_{п/ст}^*$.

$$Z_{п/ст}^* = 0,5; k_3 = 0,7; N_{\text{min}} = 11; \Delta N = 0,74$$

Тогда из справочника по кривым определяем m , для нашего случая $m = 0$, значит $N_{т.э} = 11$ трансформаторов.

По выбранному числу трансформаторов определяют наибольшую реактивную мощность Q_1 , которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ, определяется по формуле:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{ТЭ} \times S_{НТ} \times K_3^2) - P_{р0,4}^2} = \sqrt{(11 \times 1000 \times 0.7)^2 - 7187,03^2} = 2763,43 \text{ квар.}$$

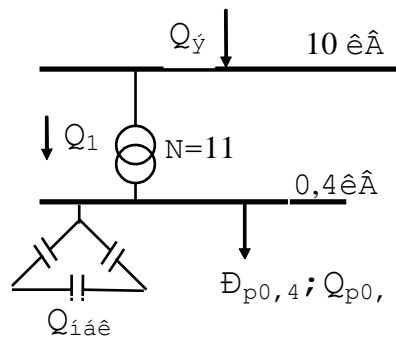


Рисунок 2.1

Из условия баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ определим величину $Q_{нбк1}$:

$$Q_{нбк1} + Q_1 = Q_{р0,4}, \text{ отсюда} \quad (2.18)$$

$$Q_{нбк1} = Q_{р0,4} - Q_1 = 6728,7 - 2763,43 = 3965,27 \text{ квар}$$

Дополнительная мощность $Q_{нбк2}$ НБК для данной группы трансформаторов определяется по формуле:

$$Q_{нбк2} = Q_{р0,4} - Q_{нбк1} - \gamma \times N_{ТЭ} \times S_{НТ} \quad (2.19)$$

$$Q_{нбк2} = 6728,7 - 3965,27 - 0,28 \times 11 \times 1000 = -316,57 \text{ кВар}$$

Принимаем для простоты $Q_{нбк2} = 0$,

Определим мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор:

$$Q_{нбк ТП} = \frac{Q_{нбк}}{N_{ТЗ}} = \frac{3965,27}{11} = 360,47 \text{ квар.}$$

На основании расчетов, полученных в данном пункте 2.3. составляется таблица 2.3. - Распределение нагрузок цехов по ТП, в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП.

Таблица 2.3 – Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

№ТП S _{н тп} , Q _{нбк тп}	Цех №	P _{р0,4} , кВт	Q _{р0,4} , квар	S _{р0,4} , кВА	Кз'
1	2	3	4	5	6
ТП1 (2x1000) ТП2 (2x1000) ΣS _н =4x1000=4000кВА Q _{нбк} =4*450=1800квар Итого	1	1887,5	1953,7		
	5	620,2	619,5		
	3	194,6	135,8.		
	3	2702,3	2709 -1800		
		2702,3	909	2851	0,71
ТП3 (2x1000) ТП4 (2x1000) ТП5 (1x1000) ΣS _н =5x1000=5000кВА Q _{нбк} =5*450=2250квар Итого	2	160,2	156,6		
	4	1896,61	1969,5		
	6	665,8	350,6		
	7	181,8	162,7		
	8	91,68	71,8		
		2996,09	2711,2 -2250		
		2996,09	461,2	3031,37	0,6
ТП6 (2x1000) ΣS _н =2x1000=2000кВА Q _{нбк} =2*450=900квар Итого	9	263,04	144		
	10	1010,4	1079		
	Освещ. терр	171	85,5		
		1444,44	1308,5 -900		
		1444,44	408,5	1501,09	0,75

2.4. Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу.

Определение потерь мощности в ТП.

Дано:

$$Q_{р 0,4}=6728,7\text{квар};$$

$$Q_{нбк}=3965,27\text{ квар.}$$

ТП-1:2:

$$Q_{р тп1,2}=2709,6\text{квар}, Q_{р нбк}=x,$$

тогда

$$Q_{р нбк тп1,2} = \frac{Q_{нбк} \times Q_{р тп1,2}}{Q_{р 0,4}} = \frac{3965,27 * 2709}{6728,7} = 1596,43\text{ квар},$$

тогда реактивная мощность: $Q_{ф рп1} = 4 \times 450 = 1800\text{ квар},$

А не компенсированный мощность равно:

$$Q_{\text{ниск}} = Q_{\text{р РП1,2}} - Q_{\text{ф тП1,2}} = 2709 - 1800 = 909 \text{ квар.}$$

ТП-3:4:5:

$$Q_{\text{р тП3,4,5}} = 2711,2 \text{ квар, } Q_{\text{р нбк}} = x,$$

Тогда

$$Q_{\text{р нбк тП3,4,5}} = \frac{Q_{\text{нбк}} \times Q_{\text{р тП3,4,5}}}{Q_{\text{р 0,4}}} = \frac{3965,27 * 2711,2}{6728,7} = 1597,72 \text{ квар,}$$

Тогда реактивная мощность: $Q_{\text{ф РП2}} = 5 \times 450 = 2250$ квар,

А не компенсированный мощность равно:

$$Q_{\text{ниск}} = Q_{\text{р тП3,4,5}} - Q_{\text{ф тП3,4,5}} = 2711,2 - 2250 = 461,2 \text{ квар.}$$

ТП-6:

$$Q_{\text{р тП6}} = 1444,44 \text{ квар, } Q_{\text{р нбк}} = x,$$

Тогда

$$Q_{\text{р нбк тП6}} = \frac{Q_{\text{нбк}} \times Q_{\text{р тП6}}}{Q_{\text{р 0,4}}} = \frac{3965 * 1308,5}{6728,7} = 771,05 \text{квар}$$

Тогда реактивная мощность: $Q_{\text{ф РП3}} = 2 \times 450 = 900$ квар,

А не компенсированный мощность равно:

$$Q_{\text{ниск}} = Q_{\text{р тП6}} - Q_{\text{ф тП6}} = 1308,5 - 900 = 408,5 \text{ квар.}$$

Таблица 2.4.- распределение $Q_{\text{нбк}}$ при ТП

№ РП	$Q_{\text{р тП}}$, квар	$Q_{\text{р нбк}}$, квар	$Q_{\text{ф.РП}}$, квар	$Q_{\text{ниск.}}$, квар
1	2	3	4	5
ТП-1,2	2709	1596,43	1800	909
ТП-3,4,5	2711,2	1597,72	2250	461,2
ТП-6	1444,44	771,05	900	408,5
итого	6864,64	3965,2	4950	1778,7

2) Определение потерь мощности в ТП.

Выбираем трансформаторы ТМЗ-1000-10/0.4

$U_{\text{в}} = 10 \text{кВ}$, $U_{\text{н}} = 0.4 \text{кВ}$, $\Delta P_{\text{хх}} = 2.1 \text{кВт}$, $\Delta P_{\text{кз}} = 12,2 \text{кВт}$, $I_{\text{хх}} = 1,4\%$, $U_{\text{кз}} = 5,5\%$

Находим потери активной и реактивной мощности для:

ТП-1:2

$K_3=0.71$

$N=4$

$$\Delta P_m = \Delta P_{xx} + K_3^2 * \Delta P_{K3} = 2,1 + 12,2 * 0,71^2 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_m &= (I_{xx} * S_{HHT} / 100) + (U_{KK} * S_{HHT} * (K_3^2) / 100) = \\ &= (1,4 * 1000 / 100) + (5,5 * 1000 * (0,71^2) / 100) = 41,72 \text{ квар} \end{aligned}$$

$$\Sigma \Delta P = 4 * \Delta P_{mp} = 4 * 8,25 = 33 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q = 4 * \Delta Q_{mm} = 4 * 41,72 = 167 \text{ квар}$$

ТП-3:4:5

$K_3=0.61$

$N=5$

$$\Delta P_m = \Delta P_{xx} + K_3^2 * \Delta P_{K3} = 2,1 + 12,2 * (0,6^2) = 6,49 \text{ кВт}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_m &= (I_{xx} * S_{HHT} / 100) + (U_{KK} * S_{HHT} * (K_3^2) / 100) = \\ &= (1,4 * 1000 / 100) + (5,5 * 1000 * (0,6^2) / 100) = 33,8 \text{ квар} \end{aligned}$$

$$\Sigma \Delta P = N * \Delta P_{mp} = 5 * 6,49 = 32,45 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q = N * \Delta Q_{mm} = 5 * 33,8 = 169,25 \text{ квар}$$

ТП-6

$K_3=0.75$

$N=2$

$$\Delta P_m = \Delta P_{xx} + K_3^2 * \Delta P_{K3} = 2,1 + 12,2 * (0,75^2) = 8,96 \approx 9 \text{ кВт}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_m &= (I_{xx} * S_{HHT} / 100) + (U_{KK} * S_{HHT} * (K_3^2) / 100) = \\ &= (1,4 * 1000 / 100) + (5,5 * 1000 * (0,75^2) / 100) = 44,93 \approx 45 \text{ квар} \end{aligned}$$

$$\Sigma \Delta P = 2 * \Delta P_{mp} = 2 * 9 = 18 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q = 2 * \Delta Q_{mm} = 2 * 45 = 90 \text{ квар}$$

Суммарные потери во всех трансформаторах:

$$\Sigma P = 33 + 32,45 + 18 = 83,45 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q = 167 + 162,25 + 90 = 419,25 \text{ квар}$$

Определение расчетной мощности синхронных двигателей

Определим расчетные мощности для СД

$$P_{н\text{СД}} = 1000 \text{ кВт}; \cos \varphi = 0,9; N_{\text{СД}} = 4; k_3 = \beta = 0,95. U_{н} = 10 \text{ кв}$$

$$\text{tg } \varphi = 0,48$$

Определим расчетные мощности для СД

$$P_{р\text{СД}} = P_{н\text{СД}} \times N_{\text{СД}} \times k_3 = 1000 \times 4 \times 0,95 = 3800 \text{ кВт}$$

$$Q_{р\text{СД}} = P_{р\text{СД}} \times \text{tg } \varphi = 3800 \times 0,48 = 1824 \text{ квар}$$

4) Расчет параметров печи ДСП-6т

Электропечной трансформатор ЭТЦПК 6300/10-74У3

$$S_{н} = 2800 \text{ КВА } \cos \varphi = 0,85 \quad K_3 = 0,75 \quad N = 4; \text{tg } \varphi = 0,6$$

$$P_{р\text{ДСП}} = S_{н\text{ДСП}} \times N_{\text{ДСП}} \times \cos \varphi \times k_3 = 2800 \times 4 \times 0,75 \times 0,85 = 7140 \text{ кВт}$$

$$Q_{р\text{ДСП}} = P_{р\text{ДСП}} \times \text{tg } \varphi = 7140 \times 0,6 = 4284 \text{ квар}$$

Определим расчетные мощности для ДСП-6т:

$$\Delta P_{\text{трдсп-6т}} = 0,02 \times S_{н\text{ДСП}} = 0,02 \times 2800 = 56 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{р\text{ДСП-6т}} = 0,1 \times S_{н\text{ДСП}} = 0,1 \times 2800 = 280 \text{ квар}$$

Суммарные потери в трансформаторах:

$$\Sigma P_{\text{т-6т}} = 4 \times 56 = 224 \text{ кВт} \quad \Sigma Q_{\text{т-6т}} = 4 \times 280 = 1120 \text{ квар}$$

ДСП-12т

Электропечной трансформатор ЭТЦПК 2500/10-74У3

$$S_{н} = 5000 \text{ КВА}; \cos \varphi = 0,85; K_3 = 0,65; ; N = 4; \text{tg } \varphi = 0,6$$

$$P_{р\text{ДСП}} = S_{н\text{ДСП}} \times N_{\text{ДСП}} \times \cos \varphi \times k_3 = 5000 \times 4 \times 0,65 \times 0,85 = 11050 \text{ кВт}$$

$$Q_{р\text{ДСП}} = P_{р\text{ДСП}} \times \text{tg } \varphi = 11050 \times 0,6 = 6630 \text{ квар}$$

Определим расчетные мощности для ДСП-12т:

$$\Delta P_{\text{трдсп-12т}} = 0,02 \times S_{\text{н ДСП}} = 0,02 \times 5000 = 100 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{р ДСП-12т}} = 0,1 \times S_{\text{н ДСП}} = 0,1 \times 5000 = 500 \text{ кВар}$$

Суммарные потери в трансформаторах:

$$\Sigma P_{\text{Т-12Т}} = 4 \times 100 = 400 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_{\text{Т-12Т}} = 4 \times 500 = 2000 \text{ квар}$$

ДСП-12т

Электропечной трансформатор ЭТЦПК 2500/10-74У3

$S_{\text{н}} = 5000 \text{ КВА}$; $\cos \varphi = 0,85$; $K_3 = 0,65$ $N = 6$; $\text{tg} \varphi = 0,6$

$$P_{\text{р ДСП-12т}} = S_{\text{н ДСП}} \times N_{\text{ДСП}} \times \cos \varphi \times k_3 = 5000 \times 6 \times 0,65 \times 0,85 = 16575 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{р ДСП}} = P_{\text{р ДСП}} \times \text{tg} \varphi = 16575 \times 0,6 = 994 \text{ кВар.}$$

Определим расчетные мощности для ДСП-12т:

$$\Delta P_{\text{трдсп-12т}} = 0,02 \times S_{\text{н ДСП}} = 0,02 \times 5000 = 100 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{р ДСП-12т}} = 0,1 \times S_{\text{н ДСП}} = 0,1 \times 5000 = 500 \text{ кВар}$$

Суммарные потери в трансформаторах:

$$\Sigma P_{\text{Т-12Т}} = 6 \times 100 = 600 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_{\text{Т-12Т}} = 6 \times 500 = 3000 \text{ квар}$$

ДСП-25т

Электропечной трансформатор: ЭТЦНК-20000/10-75 У3

$S_{\text{н}} = 9000 \text{ КВА}$; $\cos \varphi = 0,84$; $K_3 = 0,54$; ; $N = 4$; $\text{tg} \varphi = 0,6$

$$P_{\text{р ДСП-25т}} = S_{\text{н ДСП}} \times N_{\text{ДСП}} \times \cos \varphi \times k_3 = 9000 \times 4 \times 0,54 \times 0,84 = 16329,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{р ДСП-25т}} = P_{\text{р ДСП}} \times \text{tg} \varphi = 16329,6 \times 0,6 = 9797,7 \text{ кВар}$$

Определим расчетные мощности для ДСП-25т:

$$\Delta P_{\text{трдсп-25т}} = 0,02 \times S_{\text{н ДСП}} = 0,02 \times 9000 = 180 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{p \text{ ДСП-25T}} = 0,1 \times S_{н \text{ ДСП}} = 0,1 \times 9000 = 900 \text{ кВар}$$

Суммарные потери в трансформаторах:

$$\Sigma P_{T-25T} = 4 \times 180 = 720 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_{T-25T} = 4 \times 900 = 3600 \text{ кВар}$$

Суммарные Активтивные ΣP , реактивные ΣQ мощностей в трансформаторе ДСП

$$\Sigma P_{p \text{ ДСП6-12-12-25}} = 7140 + 11050 + 16575 + 16329,6 = 51094,6 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_{p \text{ ДСП6-12-12-25}} = 4284 + 6630 + 9945 + 9797,7 = 30656,7 \text{ квар}$$

Суммарные активтивные $\Sigma \Delta P$, реактивные $\Sigma \Delta Q$ потери мощностей в трансформаторе ДСП

$$\Sigma \Delta P_{\text{ДСП6-12-12-25}} = 224 + 400 + 600 + 720 = 1944 \text{ кВт}$$

$$\Sigma \Delta Q_{\text{ДСП6-12-12-25}} = 1120 + 2000 + 3000 + 3600 = 9720 \text{ квар}$$

выбираем ВБК для каждой ДСП

$$\text{ВБК}_{-6T} = (4284 + 1120) / 4 = 1351 \text{ квар}$$

Выбираем, ВБК 4хУКЛ-10,5-1350 У3

$$4 \times 1350 = 5400 \text{ квар}$$

$$\text{ВБК}_{-12T} = (6630 + 2000) / 4 = 2157,5 \text{ квар}$$

Выбираем, ВБК 4хУКЛ-10,5-2700 У3

$$4 \times 2700 = 10800 \text{ квар}$$

$$\text{ВБК}_{-12T} = (9945 + 3000) / 6 = 2157,5 \text{ квар}$$

Выбираем, ВБК 4хУКЛ-10,5-2700 У3

$$6 \times 2700 = 16200 \text{ квар}$$

$$\text{ВБК}_{-25T} = (9797,7 + 3600) / 4 = 3349,4 \text{ квар}$$

Выбираем, ВБК 4х(2хУКЛ-10,5-1800 У1)

$$4 \times (2 \times 1800) = 4 \times 3600 = 14400 \text{ квар}$$

Сумма мощностей ВБК.

$$\Sigma Q_{\text{ВБК ДСП}} = 5400 + 10800 + 16200 + 14400 = 46800 \text{ квар}$$

2.5 Выбор высоковольтные конденсаторные батареи

Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ т.П.

Составим схему замещения, показанную на рисунке 2.2.

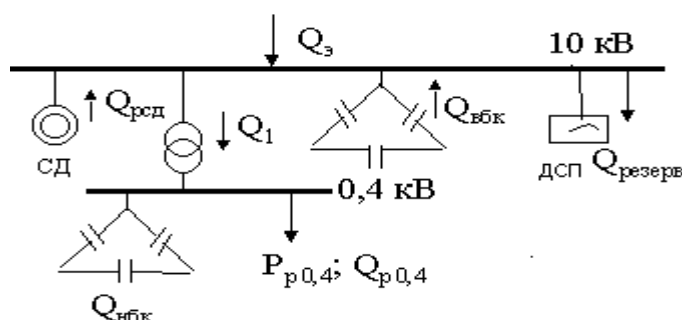


Рисунок 2.2- Схема замещения

Резервная мощность:

$$Q_{\text{рез}} = 0.1 \times \Sigma Q_{\text{расч}} = 0.1 \times (Q_{\text{р0,4}} + \Delta Q_{\text{тр}} + \Delta Q_{\text{р дсп}} + \Delta Q_{\text{тр дсп}}) = 0,1 * (6728,7 + 419,25 + 30656,7 + 9720) = 4752,46 \text{ квар}$$

Мощность, поступающая от энергосистемы:

$$Q_3 = 0.23 \times \Sigma P_p = 0.23 \times (P_{\text{р0,4}} + \Delta P_{\text{тр}} + P_{\text{рдсп}} + \Delta P_{\text{тр дсп}} + P_{\text{сд}}) \quad (2.20)$$

$$Q_3 = 0,23 * (7187,03 + 83,45 + 51094 + 1944 + 3800) = 14745 \text{ кВар}$$

Мощность ВБК определим из условия баланса реактивной мощности:

$$Q_{\text{ВБК}} = Q_{\text{р0,4}} + \Sigma \Delta Q_{\text{тпп}} + \Sigma Q_{\text{р дсп}} + \Sigma \Delta Q_{\text{тр дсп}} + Q_{\text{рез}} - Q_3 - Q_{\text{нбк}} - Q_{\text{сд}} - \Sigma Q_{\text{ВБК}} = 6728,7 + 419,25 + 30656,7 + 9720 + 4752,46 - 14745 - 4950 - 1824 - 46800 = -16041,89 \text{ кВар}$$

Выбираем, $Q_{\text{ВБК}} = -16041,89 = 0$

Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу приведены в таблице 2.5 - Уточненный расчет нагрузок по заводу.

Таблица 2.5- Расчет уточненной мощности по заводу

№ тП	№ цеха	п	Уст мощность		пэ	Ки	Средняя мощность		Км	Расчетные мощности			Кз
			Rмин/	Rмах,			Rсм	Qсм		Pr,квт	Qr,квар	Sp,КВА	
			Rмах,квт	квт			квт	КВар					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
тП1-(2x1000)	1	40	1,-80	3000			1650	1914					
тП2-(2x1000)	3	25	1,-30	280			140	123,2					
Qнбк4x450=1800	5	30	5,-90	900			495	574,2					
Силовая:		95	1,-90	4180	93	0,54	2257,2	2611,4	1,09	2460,35	2611,4		
Освещение:										74,4	97,69		
Qнбк											-1800		
Итого										2534,75	909,09	2692,841	0,67
тП3-(2x1000)	2	35	10,-20	450			112,5	149,6					
тП4-(3x1000)	4	40	10,-80	3000			1650	1914					
Qнбк5x450=2250	6	40	11-80	1216,55			614,573	333,87					
	7	40	1,-25	450			135	137,7					
	8	12	8,-25	180			54	78					
Силовая:		167	1,-80	5296,55	132	0,48	2566,073	2613,17	1,07	2745,69	2613,17		
Освещение:										79,71	104,1		
Qнбк											-2250		
Итого										2825,4	467,27	2863,778	0,6
тП5-2x1000	9	18	5,-30	300			240	144					
Qнбк2x450=900	10	35	1,-60	1600			880	1020,8					
Силовая:			1,-60	1900	63	0,58	1102	1164,8	1,11	1223,22	1164,8		
Освещение:										42,24	58,12		
Qнбк											-900		
Освещение территории										171	85,5		
										1436,46	408,42	1493,393	0,74
Итого на шинах 0,4 кВ										6796,61	1784,78		

Продолжение таблицы 2.5.

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Потери в тр-х</i>										83,45	419,25		
Суммарная нагрузка при 0,4 кВ										6880,06	2204,03		
СД-10кВ	9	4	1000	4000						3800	-1824		
ДСП-6т	4	4	2380	9520						7140	4284		
ДСП-12т	1	4	4250	17000						11050	6630		
ДСП-12т	5	6	4250	25500						16575	9945		
ДСП-25т	10	4	7560	30240						16329	9797,7		
<i>Потери в тр-х ДСП</i>										1944	9720		
Qвбк													
Qвбк1-4x1350											-5400		
Qвбк2-4x2700											-10800		
Qвбк3-4x2700											-16200		
Qвбк4-4x(2x2700)											-14400		
											-6008,3		
Всего по заводу										63718,69	14745	65402,02	

2
9

3 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения

При решении задач оптимизации промышленного электроснабжения возникает необходимость сравнения большого количества вариантов. Многовариантность задач промышленной энергетики обуславливает проведения технико-экономического расчета, целью которого является определение оптимального варианта схемы, параметров электросети и ее элементов.

Питание завода может быть осуществлено от тЭЦ или подстанции энергосистемы неограниченной мощности. тЭЦ работает параллельно с системой. Мощность к.з. на шинах 10,5 кВ тЭЦ равна 500 МВА. На подстанции энергосистемы установлено два трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ. трансформаторы работают раздельно. Мощность к.з. на стороне 115 кВ подстанции равна 1800 МВА.

Расстояние от тЭЦ до завода 4,8 км, а от подстанции энергосистемы 13 км. Завод работает в три смены.

Для технико-экономического сравнения вариантов электроснабжения завода рассмотрим три варианта:

1. I вариант – ЛЭП 115 кВ;
2. II вариант – ЛЭП 37 кВ.
3. III вариант – ЛЭП 10,5 кВ.

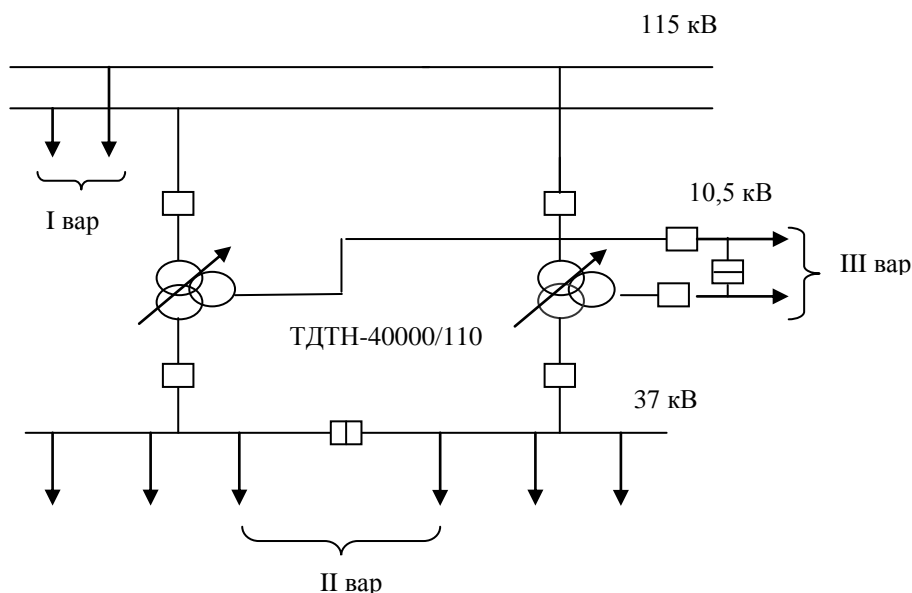


Рисунок 3.1 - Схема подстанции энергосистемы

3.1. I вариант схемы электроснабжения

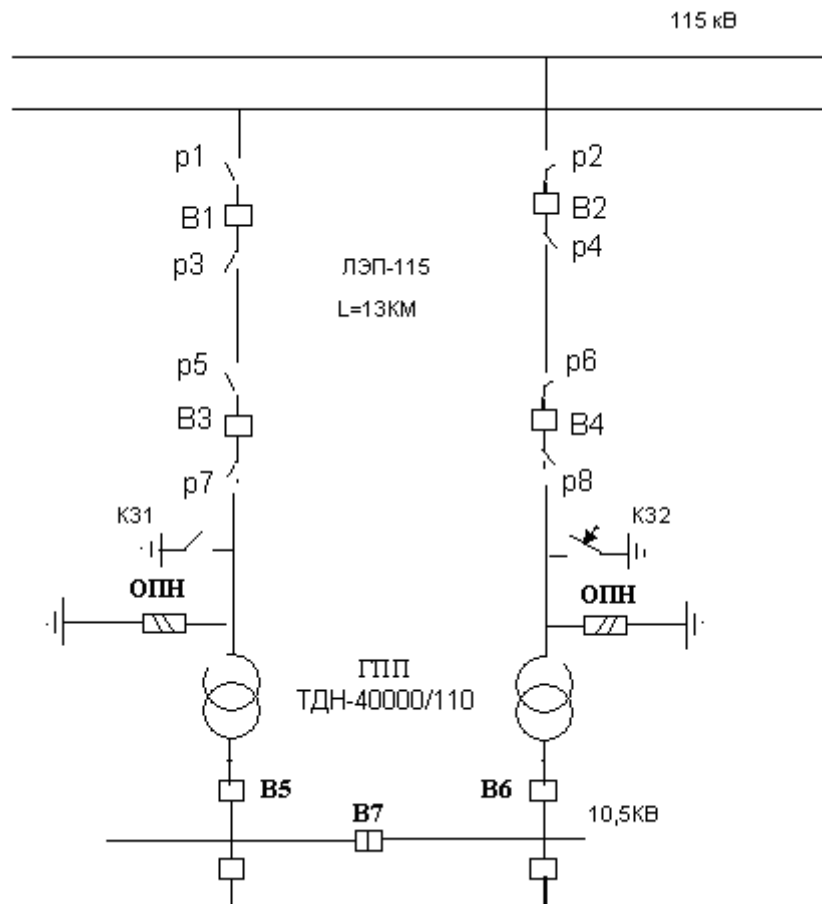


Рисунок 3.1 - Первый вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по I варианту.

Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{63718,69^2 + 14745^2} = 65402,04 \text{ кВА}$$

возьмем трансформаторы 2×40000 кВА:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{65402,04}{2 \cdot 40000} = 0.8$$

Окончательно принимаем 2 трансформатора типа ТДН-40000/110;

Паспортные данные трансформаторов:

$S_H = 40000$ кВА, $U_{BH} = 115$ кВ, $U_{HH} = 10,5$ кВ, $\Delta P_{XX} = 34$ кВт, $\Delta P_{K3} = 170$ кВт, $U_{K3} = 10,5\%$, $I_{XX} = 0.55\%$.

Рассчитаем потери мощности в этих трансформаторах:

$$\Delta P_{\text{ГПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (34 + 170 \cdot 0,8^2) = 285,6 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{трзпп} = 2 * (I_{xx} * S_{ннт} / 100) + (U_{кк} * S_{ннт} * (K_3^2) / 100) =$$

$$= 2 * (0,55 * 40000 / 100) + (10,5 * 40000(0,8^2) / 100) = 5816 \text{квар}$$

Потери энергии в трансформаторах.

При трехсменном режиме работы $T_{вкл}=6000\text{ч}$. $T_{макс}=4500\text{ч}$.

Тогда время максимальных потерь:

$$\tau = (0,124 + T_m \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 4500 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2886,2\text{ч}.$$

Потери активной мощности в трансформаторах:

$$\Delta W = 2(\Delta P_{xx} \times T_{вкл} + \Delta P_{кз} \times \tau \times K_3^2) \quad (3.1)$$

$$\Delta W = 2(34 * 6000 + 170 * 2886,2 * 0,8^2) = 1036037,12 \text{кВтч}$$

2 ЛЭП – 110 кВ.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{лэп} = \sqrt{\left(P_p + \Delta P_{трзпп}\right)^2 + Q_3^2} = \sqrt{(63718,69 + 285,6)^2 + 14743^2} = 65680,32 \text{кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{лэп}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{65680,32}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 172,57 \text{А}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 172,57 = 345,14 \text{А}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{172,57}{1} = 172,57 \text{мм}^2$$

где $j=1 \text{ А/мм}^2$ экономическая плотность тока при $T_m=4500\text{ч}$ и алюминиевых проводах.

Принимаем по условию коронирования провод АС – 185мм^2 с $I_{доп}=510\text{А}$

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{\text{доп}}=520\text{A}>I_p=172,57\text{ A}$$

При аварийном режиме:

$$I_{\text{доп ав}}=1,3I_{\text{доп}}=1,3 \times 520=663\text{A}>I_{\text{ав}}=345,14\text{A}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 172,57^2 \cdot 2,08 \cdot 10^{-3} \cdot 2886,2 = 1072683,514 \text{кВтч}$$

Где $R=r_0 \times L=0,16 \times 13=2,08\text{ Ом}$,
где $r_0=0.16\text{ Ом/км}$ – АС-185 мм² – удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением $l=13\text{ км}$ – длина линии.

Выбор выключателей и разъединителей на $U=115\text{ кВ}$.

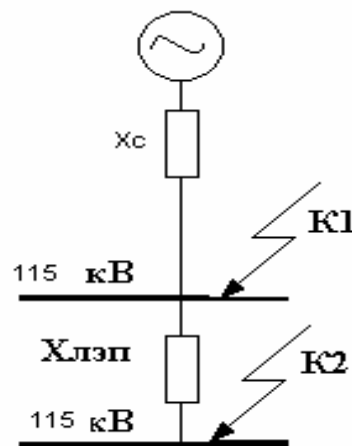


Рисунок 3.2 – I вариант схемы электроснабжения

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рис.3.2) и рассчитаем ток короткого замыкания в о.е.

$$S_б=1000\text{ МВА}; x_c=1800\text{ U}_б=115\text{ кВ}.$$

$$x_c = S_б / S_{кз} = 1000/1800=0,5\text{ о.е.}$$

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} \times U_б} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 115} = 5,02 \text{кА};$$

$$X_{Л} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0.4 \cdot 13 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0.39 \text{ о.е.}$$

$$I_{k1} = \frac{I_6}{X_c} = \frac{5.02}{0.5} = 10.04 \text{ кА}; i_{y1} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k1} = \sqrt{2} \cdot 1.8 \cdot 10.04 = 25.55 \text{ кА}$$

$$I_{k2} = \frac{I_6}{X_c + X_{Л}} = \frac{5.02}{0.5 + 0.39} = 5.64 \text{ кА}; i_{y2} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k2} = \sqrt{2} \cdot 1.8 \cdot 5.64 = 14.3 \text{ кА}$$

Выбираем выключатели В1 и В2

Выключатель ЛТВ-145-350-D1/В

$$I_{ном} = 350 \text{ А} > I_{ав} = 345.14 \text{ А}$$

$$I_{откл} = 40 \text{ кА} > I_{k1} = 10.04 \text{ кА}$$

$$I_{пред} = 52 \text{ кА} > i_{y1} = 25.55 \text{ кА}$$

$$I_{терм} = 20 \text{ кА} > I_{k1} = 10.04 \text{ кА}$$

Выключатель В3-В4: ЛТВ-145-350-D1/В

$$I_{ном} = 630 \text{ А} > I_{ав} = 345.14 \text{ А}$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} > I_{k2} = 5.64 \text{ кА}$$

$$I_{пред} = 52 \text{ кА} > i_{y2} = 14.3 \text{ кА}$$

$$I_{терм} = 20 \text{ кА} > I_{k2} = 5.64 \text{ кА}$$

разъединители Р1-4: РНД3.2-110/630 Т1

$$I_{ном} = 630 \text{ А} > I_{ав} = 345.14 \text{ А}$$

$$I_{пред} = 80 \text{ кА} > i_{y1} = 25.55 \text{ кА}$$

$$I_{терм} = 31.5 \text{ кА} > I_{k1} = 10.04 \text{ кА}$$

разъединители Р5-8: РНД3.2-110/630 Т1

$$I_{ном} = 630 \text{ А} > I_{ав} = 345.14 \text{ А}$$

$$I_{\text{пред}} = 80 \text{ кА} > i_{y2} = 14,3 \text{ А}$$

$$I_{\text{терм}} = 31,5 \text{ кА} > I_{k2} = 5,64 \text{ кА}$$

Выбираем ограничители перенапряжений ОПН-110У1

$$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ} = U = 110 \text{ кВ}$$

Расчет затрат на I вариант.

Затраты на выключатели В1-4:

$$K_{B1,B4} = 4 \times 2476800 = 9907200 \text{ млн.тг}$$

Затраты на разъединители Р1-8:

$$K_{B1,B2} = 8 \times 90880 = 727040 \text{ тенге}$$

Затраты на ограничители перенапряжений ОПН1-2:

$$K_{\text{ОПН1-2}} = 2 \times 183040 = 36080 \text{ тенге}$$

Затраты на короткого замыкания КЗ1-2

$$K_{K31-2} = 2 \times 25600 = 51200 \text{ тенге}$$

Затраты на тр ГПП:

$$K_{\text{тр ГПП}} = 2 \times 11264000 = 22\,528\,000 \text{ тенге}$$

Затраты на оборудование:

$$K_{\text{об}} = K_{B1-4} + K_{P1-8} + K_{\text{опн1-2}} + K_{K1-2} + K_{\text{т ГПП}} + K_{\text{тр.э/с}} \quad (3.2)$$

$$K_{\text{об}} = 9907200 + 727040 + 36080 + 25600 + 22528000 = 33\,223\,920 \text{ тенге}$$

Затраты на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{\text{уд}} = 1,6 \text{ млн. тг./км}$$

$$K_{\text{ЛЭП}} = L \times K_{\text{уд}} = 13 \times 1606400 = 6\,425\,600 \text{ тенге}$$

Суммарные затраты на оборудование первого варианта:

$$K_{\Sigma 1} = K_{\text{об}} + K_{\text{ЛЭП}} = 33579520 + 20883200 = 54\,462\,720 \text{ тенге}$$

Определим издержки

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{\text{экс ЛЭП}} = 0.004 \times K_{\text{ЛЭП}} = 0.004 \times 20883200 = 83\,532 \text{ тенге}$$

Амортизация ЛЭП:

$$I_{\text{а ЛЭП}} = 0.024 \times K_{\text{ЛЭП}} = 0.024 \times 20883200 = 501\,196 \text{ тенге}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{экс об}} = 0.03 \times K_{\text{об}} = 0.03 \times 33579520 = 1\,007\,385 \text{ тенге}$$

Амортизация оборудования:

$$I_{\text{а об}} = 0.064 \times K_{\text{об}} = 0.064 \times 33579520 = 2\,149\,089 \text{ тенге}$$

Стоимость потерь:

$$\begin{aligned} I_{\text{пот.}} &= C_0 \times (W_{\text{трлпп}} + W_{\text{жэб}}) = 12,14 \times (1036037,12 + 1072683,514) = \\ &= 13\,879\,722 \text{ тенге} \end{aligned}$$

$C_0 = 12,14 \text{ тг/кВт} \times \text{с}$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 1} = I_{\text{а}} + I_{\text{пот}} + I_{\text{э}}, \quad (3.3)$$

$$I_{\Sigma 1} = 652,6 + 3915,6 + 7870,2 + 16789,76 + 54826,73 = 10,759 \text{ млн. тг.}$$

Приведенные суммарные затраты:

$$Z_1 = 0.12 \times K_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 1} = 0.12 \times 54462720 + 10759025 = 17\,294\,336 \text{ тенге}$$

3.2. II Вариант схемы электроснабжения

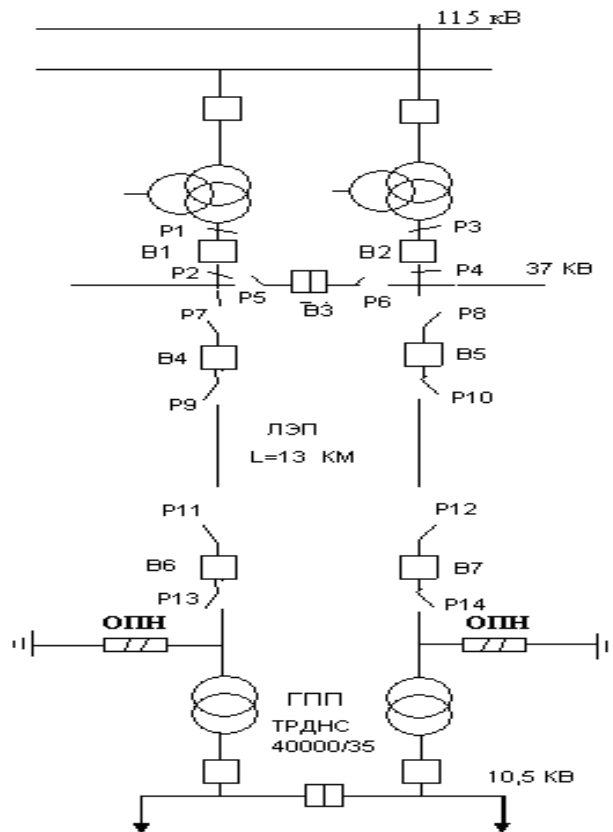


Рисунок 3.3 - Второй вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по II варианту.

Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{63718,69^2 + 14745^2} = 65402,04 \text{ кВА}$$

Выбираем два трансформатора мощностью 40000 кВА.

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{64990,21}{2 \cdot 63000} = 0,8$$

Паспортные данные трансформатора:

тип трансформатора тДтН –40000/35

$S_H = 40000$ кВА, $U_{BH} = 36,75$ кВ, $U_{HH} = 10,5$ кВ, $\Delta P_{XX} = 31$ кВт, $\Delta P_{K3} = 170$ кВт

$U_{K3} = 12,7\%$, $I_{XX} = 0,5\%$

Потери мощности в трансформаторах:

активной:

$$\Delta P_{\text{ТПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (31 + 170 \cdot 0,8^2) = 279,6 \text{ кВт}$$

реактивной:

$$\Delta Q_m = 2 * (I_{xx} * S_{ннт} / 100) + (U_{кк} * S_{ннт} * (K_3^2) / 100) \quad (3.4)$$

$$\Delta Q_m = 2 * (0,5 * 40000 / 100) + (12,7 * 40000(0,8^2) / 100) = 6902,4 \text{ квар}$$

Потери энергии в трансформаторах.

При трехменном режиме работы $T_{вкл} = 6000 \text{ ч}$. $T_{макс} = 4500 \text{ ч}$.

тогда время максимальных потерь:

$$\tau = (0.124 + T_m \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0.124 + 4500 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2886 \text{ ч}$$

Потери энергии в трансформаторах.

$$\Delta W = 2(\Delta P_{xx} \times T_{вкл} + \Delta P_{кз} \times \tau \times K_3^2) \quad (3.5)$$

$$\Delta W = 2(31 * 6000 + 170 * 2886 * 0,8^2) = 999993,6 \text{ кВтч}$$

ЛЭП -35 кВ.

Полная мощность, проходящая по ЛЭП:

$$S_{лэп} = \sqrt{\left(P_p + \Delta P_{тгнн}\right)^2 + Q_3^2} = \sqrt{(63718,69 + 279,6)^2 + 14745^2} = 65674,47 \text{ кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{S_{лэп}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{65674,47}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 542,31 \text{ А}$$

ток аварийного режима:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 512,39 = 1024,78 \text{ А}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{542,31}{1} = 542,31 \text{ мм}^2$$

где $j = 1 \text{ А/мм}^2$ экономическая плотность тока при $T_m = 4500 \text{ ч}$ и алюминиевых проводах.

Выбираем 2 провода у каждого есть по 2 цепи, $2 \times (2 \times \text{АС} - 95)$ с допустимым током $I_{доп} = 330 * 2 = 660 \text{ А}$

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{доп} = 660 \text{ А} > I_p = 542,31 \text{ А}$$

При аварийном режиме:

$$I_{\text{доп ав}} = 1,3 I_{\text{доп}} = 1,3 \times 660 = 1157 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 1084,62 \text{ А}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{\text{ЛЭП}} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 542,31^2 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 2886,2 = 6620888,14 \text{ кВтс}$$

Где $2xR = r_0 \times L = 0,05 \times 13 = 1,3 \text{ Ом}$

где $r_0 = 0,05 \text{ Ом/км}$ -- удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением 150 мм^2 , $l = 13 \text{ км}$ - длина линии.

3. трансформаторы энергосистемы.

тип ТДТН-40000/115;

$S_H = 40000 \text{ кВА}$, $U_{\text{ВН}} = 115 \text{ кВ}$, $U_{\text{СН}} = 37 \text{ кВ}$, $U_{\text{НН}} = 10,5 \text{ кВ}$,

$U_{\text{кВН}} = 17,5\%$, $U_{\text{кСН}} = 6,5\%$,

Коэффициент долевого участия завода в мощности трансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{РЛЭП}}}{2 \cdot S_H} = \frac{65674,47}{2 \cdot 40000} = 0,8$$

4. Выбор выключателей и разъединителей на $U = 37 \text{ кВ}$.

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рис.3.4) и рассчитаем ток короткого замыкания в о.е.

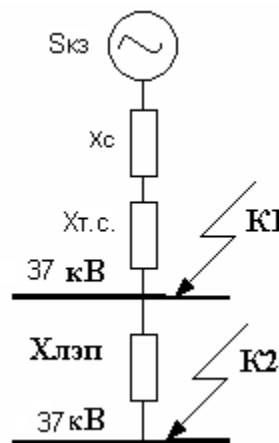


Рисунок 3.4 – Схема замещения для расчета токов к.з.

$S_6 = 1000 \text{ МВА}$; $U_6 = 37 \text{ кВ}$; $X_{\text{с}} = 0,5 \text{ о.е}$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 37} = 15,6 \text{ кА};$$

$$X_{л} = \frac{1}{2} X_0 \cdot L \cdot \frac{S_{б}}{U_{ср}^2} = \frac{1}{2} 0.4 \cdot 13 \cdot \frac{1000}{37^2} = 1.8 \text{ o.e.}$$

$$X_{mc} = \frac{U_k \cdot S_{б}}{100 \cdot S_{н}} = \frac{10.5 \cdot 1000}{100 \cdot 40} = 2.65 \text{ o.e.}$$

$$I_{k1} = \frac{I_{б}}{X_c + X_{mc}} = \frac{15.6}{0.5 + 2.65} = 4.9 \approx 5 \text{ кА}; i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k1} = \sqrt{2} \cdot 1.8 \cdot 5 = 12.72 \text{ кА}$$

$$I_{k2} = \frac{I_{б}}{X_c + X_{mc} + X_{л}} = \frac{15.6}{0.5 + 2.65 + 1.8} = 3.15 \text{ кА}; i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k2} = \sqrt{2} \cdot 1.8 \cdot 3.15 = 8 \text{ кА}$$

Выбираем выключатели В1-2, Р1-4 по аварийному току трансформаторов ЭС. Примем, что мощность по двум вторичным обмоткам трансформатора распределена поровну, поэтому мощность аварийного режима равна $2 \times 20 = 40 \text{ МВА}$.

$$I_{AB} = \frac{S_{AB}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2 \cdot 20000}{\sqrt{3} \cdot 37} = 624.9 \approx 625 \text{ А}$$

Выключатель В1; В2, ЛТВ-38-1000-D1/В

$$I_{ном} = 1000 \text{ А} > I_{ав} = 625 \text{ А}$$

$$I_{откл} = 25 \text{ кА} > I_{k1} = 5 \text{ кА}$$

II

$$\text{ред} = 64 \text{ кА} > i_y = 12.72 \text{ кА}$$

$$I_{терм} = 25 \text{ кА} > I_{k1} = 5 \text{ кА}$$

$$\gamma_2 = \frac{I_a}{I_H} = \frac{1019.56}{1000} = 1.01$$

Разъединитель Р1-Р4, РНДЗ-2-35/1000У1

$$I_{ном} = 1000 \text{ А} > I_{ав} = 625 \text{ А}$$

I

$$\text{пред} = 63 \text{ кА} > i_y = 12.72 \text{ кА}$$

$$I_{терм} = 25 \text{ кА} > I_{k2} = 5 \text{ кА}$$

$$\gamma_3 = \frac{I_a}{I_H} = \frac{1019.56}{1000} = 1.01$$

Выключатель секционный В3; ЛТВ-38-350-D1/В

$$I_{ном}=1000A > I_p=312,5 A$$

$$I_{откл}=25кА > I_{к1}=5 кА$$

$$I_{пред} = \frac{I_{п}}{I_n} = \frac{64кА}{5} = 12,72 кА$$

$$I_{терм}=25кА > I_{к1}=5кА$$

$$\gamma_4 = \frac{I_a}{I_n} = \frac{509,78}{1000} = 0,5$$

Разъединитель Р5-Р6 РНД3-2-35/1000У1

$$I_{ном}=1000A > I_p=312,5 A$$

$$I_{пред} = 63кА > i_y=12,72 кА$$

$$I_{терм}=25кА > I_{к2}=5 кА$$

$$\gamma_5 = \frac{I_a}{I_n} = \frac{509,78}{1000} = 0,5$$

Выключатель В4,В5; ЛТВ-38-1250-D1/В

$$I_{ном}=1250A > I_{ав}=1084,62 A$$

$$I_{откл}=25кА > I_{к1}=5 кА$$

$$I_{пред} = \frac{I_{п}}{I_n} = \frac{64кА}{5} = 12,72 кА$$

$$I_{терм}=25кА > I_{к1}=5 кА$$

Разъединитель Р7-Р10РНД3-2-35/1250 т1

$$I_{ном}=1250A > I_{ав}=1084,62 A$$

$$I_{пред} = 80кА > i_y=12,72 кА$$

$$I_{терм}=31,5кА > I_{к2}=5 кА$$

Выключатель В6; В7, ЛТВ-38-1250-D1/В

$$I_{ном}=1250A > I_{ав}=1084,62 A$$

$$I_{откл}=25кА > I_{к2}=3,15 кА$$

$$I_{пред}= 64кА > i_{у2}=8 кА$$

I

$$терм=25кА > I_{к2}=3,15 кА$$

Разъединитель Р11-Р14 РНД3-2-35/1250 т1

$$I_{ном}=1250A > I_{ав}=1084,62A$$

$$I_{пред}= 80кА > i_{у2}=8 кА$$

I_т

$$ерм=31,5кА > I_{к2}=3,15 кА$$

Ограничители перенапряжений ОПН1-2-35/400/40,5-10УХЛ1
 $U_{ном}=35кВ = U=35кВ$

Расчет затрат на II вариант.

Затраты на выключатели

$$K_{В1,В2}=2 \times \gamma_2 \times K_{В1-2}=2 \times 1,01 \times 1114880=2\ 252\ 057 \text{ тенге}$$

Затраты на разъединители Р1-4:

$$K_{Р1-Р4}=4 \times \gamma_3 \times K_{Р1-Р2}=4 \times 1,12 \times 11\ 520=51\ 609 \text{ тенге}$$

Затраты на выключатель В3:

$$K_{В3}=\gamma_4 \times K_{В3}=0,56 \times 1113080=623\ 360 \text{ тенге}$$

Затраты на выключатели В4-5:

$$K_{В4,В5}=2 \times K_{В4}=2 \times 1191680=2\ 383\ 360 \text{ тенге}$$

Затраты на разъединители Р5-6:

$$K_{Р5-Р6}=2 \times \gamma_3 \times K_{Р5-Р6}=2 \times 0,56 \times 11520=12\ 902 \text{ тенге}$$

Затраты на разъединители Р7-12:

$$K_{P7-P12}=6 \times K_{P7-P12}=6 \times 51200=307\,200 \text{ тенге}$$

Затраты на выключатели В6-7:

$$K_{B6,B7}=2 \times K_{B6,B7}=2 \times 1191680=2\,383\,360 \text{ тенге}$$

Затраты на разъединители Р13-14:

$$K_{P7-P12}=2 \times K_{P7-P12}=2 \times 51200=102\,400 \text{ тенге}$$

Затраты на ограничители перенапряжений ОПН1-2:

$$K_{OПН1-2}=2 \times K_{OПН1-2}=2 \times 183040=366\,080 \text{ тенге}$$

Затраты на тр ГПП:

$$K_{тр ГПП}=2 \times 10112000=20\,224\,000 \text{ тенге}$$

Затраты на тр ЭС:

$$K_{трЭС}=2 \times \gamma_1 \times K_{трЭС}=2 \times 0.8 \times 12083200=19\,333\,120$$

Затраты на оборудование:

$$K_{об}=K_{B1,B2}+K_{P1-4}+K_{B3}+K_{P5-6}+K_{B4-5}+K_{P7-12}+ \\ +K_{OПН1-2}+K_{B6-7}+K_{P13-14}+K_{тр ЭС}+K_{тр ГПП} \quad (3.6)$$

$$K_{об}=2496000+51609+623360+12902+2383360+307200+366080+20224000 \\ +19333120+2383360+102400=48\,283\,392 \text{ тенге}$$

Затраты на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{уд}=1,587 \text{ млн. тг./км.}$$

$$K_{ЛЭП}=1 \times L \times K_{уд}=13 \times 1,587=20\,633\,600 \text{ тенге}$$

Суммарные затраты на оборудование II варианта:

$$K_{\Sigma 2}=K_{об}+K_{ЛЭП}=48283392+20633600=68\,916\,992 \text{ тенге}$$

Определим издержки:

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{экс ЛЭП}=0.004 \times K_{ЛЭП}=0.004 \times 2063360=82\,534 \text{ тенге}$$

Амортизация ЛЭП:

$$I_{а ЛЭП}=0.024 \times K_{ЛЭП}=0.024 \times 2063360=495\,206 \text{ тенге}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{экс об}} = 0.03 \times K_{\text{об}} = 0.03 \times 48\,283\,392 = 1\,448\,501 \text{ тенге}$$

где $K_{\text{об}}$ – суммарные затраты без стоимости ЛЭП.

Амортизация оборудования:

$$I_{\text{а об}} = 0.064 \times K_{\text{об}} = 0.064 \times 377214 = 24141,69 \text{ у.е}$$

Стоимость потерь:

$$I_{\text{пот.}} = C_0 \times (W_{\text{тргпп}} + W_{\text{лэп}}) = 12,14 \times (999993,6 + 6620888,14) = 92\,517\,495 \text{ тенге}$$

$C_0 = 12,14 \text{ тенге/кВт}\times\text{ч}$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 2} = I_{\text{а}} + I_{\text{пот.}} + I_{\text{э}}, \quad (3.7)$$

$$I_{\Sigma 2} = 82534 + 495206 + 1448501 + 3090136 + 25362293 = 30\,478\,672 \text{ тенге}$$

Приведенные суммарные затраты:

$$Z_{\text{II}} = 0.12 \times K_{\Sigma 2} + I_{\Sigma 2} = 0.12 \times 68916992 + 30478672 = 38\,748\,711 \text{ тенге}$$

3.3 III Вариант схемы электроснабжения

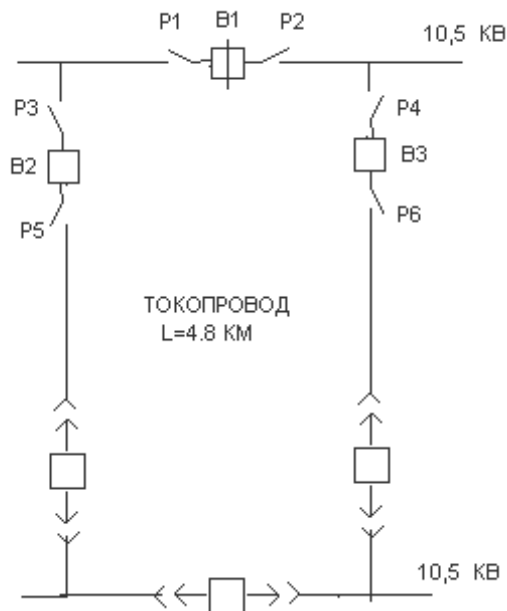


Рисунок 3.5 - вторая схема ЛЭП

Полная мощность, проходящая по ЛЭП для III варианта

$$S_{лэн} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{63718,69^2 + 14745^2} = 65402,04 \text{кВА}$$

Расчетный ток, проходящий по одной линии:

$$I_p = \frac{65402,04}{2 * \sqrt{3} * 10,5} = 1800,22 \text{А}$$

Ток аварийного режима:

$$I_a = 2 * I_p = 2 * 1800,22 = 3600,44 \text{ А}$$

По экономической плотности тока определяем сечение проводов:

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{1800,22}{1} = 1800,22 .$$

где $j=1 \text{А/мм}^2$ экономическая плотность тока при $t_M=4500 \text{ч}$ и алюминиевых проводах.

Принимаем провод 3хА600 $I_{доп}=3000 \text{А}$

Проверим выбранные провода по допустимому току.

При расчетном токе:

$$I_{доп}=3000 \text{А} > I_p=1800,22 \text{ А}$$

$$I_{доп} = 1,3 * 3000 = 3900 \text{А} > I_{ав} = 3600,44 \text{ А}$$

Потери электроэнергии в ЛЭП:

$$\Delta W_{лэн} = 2 * 3 * I_p^2 * R * 10^{-3} * \tau = 2 * 3 * 1800,22^2 * 0,08 * 10^{-3} * 2886 = 4489404,09 \text{кВтс}$$

$$c = r_0 * L = 0,0167 * 4,8 = 0,08 \text{ Ом},$$

2. где $r_0=0.0167 \text{ Ом/км}$ — удельное сопротивление сталеалюминиевого провода сечением $l=4,8 \text{ км}$ - длина линии.

3. $U=10,5 \text{ кВ}$ жағына сөндіргіштер, айырғыштар таңдаймыз.

4. Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рис.3.6) и рассчитаем ток короткого замыкания в о.е.

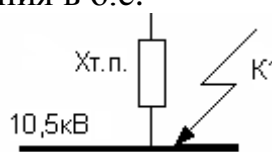


Рисунок 3.6

$$S_6=500 \text{ МВА}; x_c = S_6 / S_{кз} = 1000 / 1800 = 0,5 \text{ о.е}; U_6=10,5 \text{ кВ}.$$

$$I_{\phi} = \frac{S_{\phi}}{\sqrt{3} \times U_{\phi}} = \frac{500}{\sqrt{3} \times 10,5} = 27,5 \text{ кА};$$

$$X_{т.пр.} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_{\phi}}{U_{ср}^2} = 0,174 \cdot 4,8 \cdot \frac{500}{10,5^2} = 3,78 \text{ о.е.}$$

Выбираем выключатели В1-2, Р1-4 по аварийному току трансформаторов ЭС. Примем, что мощность по двум вторичным обмоткам трансформатора распределена поровну, поэтому мощность аварийного режима равна $2 \times 20 = 40 \text{ МВА}$.

$$I_{AB} = \frac{S_{AB}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2 \cdot 20000}{\sqrt{3} \cdot 37} = 624,9 \approx 625 \text{ А}$$

Выключатель В1; VD4-12-2500

$$I_{ном} = 2500 \text{ А} > I_p = 1800,22 \text{ А}$$

$$I_{откл} = 31,5 \text{ кА} > I_k = 7,27 \text{ кА}$$

$$I_{пред} = 80 \text{ кА} > i_y = 18,5 \text{ кА}$$

$$I_{терм} = 31,5 \text{ кА} > I_k = 7,27 \text{ кА}$$

$$\gamma_1 = \frac{1800,22}{2000} = 0,9$$

Разъединитель Р1-Р2, РВР3.2-2000У3

$$I_{ном} = 2000 \text{ А} > I_p = 1800,22 \text{ А}$$

$$I_{пред} = 85 \text{ кА} > i_y = 18,5 \text{ кА}$$

$$I_{терм} = 31,5 \text{ кА} > I_k = 7,27 \text{ кА}$$

$$\gamma_2 = \frac{1800,22}{2000} = 0,9$$

Выключатель секционный В2, В3; VD4-12-4000

$$I_{ном} = 4000 \text{ А} > I_{ав} = 3600,44 \text{ А}$$

$$I_{откл} = 45 \text{ кА} > I_k = 7,27 \text{ к}$$

$$I_{пред} = 120 \text{ кА} > i_y = 18,5 \text{ кА}$$

$$I_{\text{терм}}=45\text{кА} > I_{\text{к}}=7,27\text{кА}$$

Разъединитель, РЗ-Р6, РВРЗ.2-2000УЗ

$$I_{\text{ном}}=4000\text{А} > I_{\text{ав}}=3600,44\text{А};$$

$$I_{\text{пред}}=180\text{кА} > i_{\text{у}}=18,5\text{кА};$$

$$I_{\text{терм}}=31,5\text{кА} > I_{\text{к}}=7,27\text{кА};$$

Расчет затрат на III вариант.

Затраты на выключатель В1

$$K_{\text{В1}} = \gamma \times 2 \times K_{\text{В1}} = 0,9 \times 126720 = 114\,048 \text{ тенге}$$

Затраты на разъединитель Р1-Р2

$$K_{\text{Р1-2}} = 2 \times \gamma \times 3 \times K_{\text{Р1-2}} = 2 \times 0,9 \times 18560 = 33\,408 \text{ тенге}$$

Затраты на выключатели В2- В3

$$K_{\text{В2-3}} = 2 \times K_{\text{В2-3}} = 2 \times 238720 = 477\,440 \text{ тенге}$$

Затраты на разъединитель РЗ-Р6

$$K_{\text{РЗ-6}} = 4 \times K_{\text{РЗ-6}} = 4 \times 14080 = 56320 \text{ тенге}$$

Затраты оборудования

$$K_{\text{ОБ}} = K_{\text{Р1-2}} + K_{\text{В1}} + K_{\text{В2-3}} + K_{\text{ВЗ-6}} \quad (3.8)$$

$$K_{\text{ОБ}} = 114048 + 33408 + 477440 + 56320 = 681\,216 \text{ тенге}$$

Затраты на токо провод:

$$K_{\text{уд}} = 8,32 \text{ млн. тг./км}$$

$$K_{\text{т.пр.}} = L \times K_{\text{уд}} = 4,8 \times 8,32 = 399\,336\,000 \text{ тенге}$$

Суммарные затраты на оборудование III варианта:

$$K_{\Sigma 3} = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{т.пр.}} = 681216 + 399336000 = 40\,617\,216 \text{ тенге}$$

Определим издержки:

Идержки на токо провод

$$I_{\text{т.пр.}} = 0,02 \times K_{\text{т.пр.}} = 0,02 \times 39936000 = 798720 \text{ тенге}$$

Амортизация токо провод:

$$I_{a \text{ т.пр.}} = 0.036 \times K_{\text{т.пр.}} = 0.036 \times 39936000 = 1\,437\,696 \text{ тенге}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{экс об}} = 0.03 \times K_{\text{об}} = 0.03 \times 679,577 = 20\,386 \text{ тенге}$$

где $K_{\text{об}}$ – суммарные затраты без стоимости ЛЭП.

Амортизация оборудования:

$$I_{a \text{ об}} = 0.064 \times K_{\text{об}} = 0.063 \times 679,577 = 43\,491 \text{ тенге}$$

Стоимость потерь

$$I_{\text{пот.}} = C_0 \times W_{\text{тп}} = 12,14 \times 567\,502\,976 = 6\,889\,486\,128 \text{ тенге}$$

$$C_0 = 12,14 \text{ тг./кВт} \times \text{ч}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 3} = I_a + I_{\text{пот.}} + I_{\text{э}} \quad (3.9)$$

$$I_{\Sigma 3} = 798720 + 143744 + 20280 + 43520 + 14755079 = 15\,761\,422 \text{ тенге}$$

Приведенные суммарные затраты:

$$З = 0.12 \times K_{\Sigma 3} + I_{\Sigma 3} = 0.12 \times 40617216 + 15761422 = 20\,635\,488 \text{ тенге}$$

Составим сводную таблицу по всем вариантам.

Таблица 3.1 - показатели тЭР

Вариант	$U_{\text{ном}}$, кВ	K_{Σ} млн.тг.	I_{Σ} млн.тг.	З млн.тг.
I	115	54,462	10,759	17,294
II	37	68,916	30,478	38,748
III	10,5	40,615	15,761	20,635

Из таблицы 3.1 мы выбираем I вариант с напряжением $U=115\text{кВ}$, так как он дешевле и надежнее остальных

4 Выбор оборудования U=10 кВ

4.1. Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП и РП

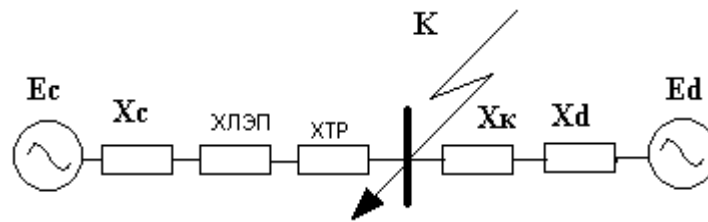


Рисунок 4.1 – Схема замещения для расчета токов к.з.

Найдем параметры схемы замещения:

$S_6=1000$ МВА; $x_c = S_6 / S_{кз} = 1000/1800=0,5$ о.е., $U_6=10,5$ кВ

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10,5} = 55 \text{ кА};$$

$$X_{тр} = \frac{U_{кк} * S_6}{100 * S_{ннт}} = \frac{10,5 * 1000}{100 * 40} = 2,62 \text{ о.е.}$$

$$X_{к} = L \cdot X_0 \cdot \frac{S_6}{U_{ср}^2} = 0,4 * 13 * \frac{1000}{10,5^2} = 47,16 \text{ о.е.}$$

Ток короткого замыкания:

$$I_{к} = \frac{I_6}{X_c + X_l + X_{тр}} = \frac{55}{0,5 + 47,16 + 2,62} = 1,09 \text{ кА};$$

Найдем сопротивление кабеля к СД.

$$I_p = \frac{P_H \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H} = \frac{1000 * 0,95}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9} = 58 \text{ А}$$

$$F_{\min} = \alpha \cdot I_k \cdot \sqrt{t_n} = 12 \cdot 1,09 \cdot \sqrt{0,8} = 11,69 \text{ мм}^2$$

Выбираем кабель ААШВ-10-(3х50), $I_{доп}=140$ А.

$X_{уд}=0,09$ Ом/км.

$$X_{к} = L \cdot X_{уд} \cdot \frac{S_6}{N \cdot U_{ср}^2} = 1,8 * 0,09 \cdot \frac{1000}{4 \cdot 10,5^2} = 0,36 \text{ о.е.}$$

Найдем параметры к СД.

$$X_d = X_d^{\text{II}} \cdot \frac{S_6}{N \cdot S_H} = 0,19 \cdot \frac{1000}{1,055} = 180,4 \text{ o.e.}$$

$$X_{d_{\Sigma 4}} = \frac{X_d}{N} = \frac{47,58}{1,055} = 45,1 \text{ o.e.}$$

Ток короткого замыкания

$$I_{\text{кд}} = \frac{I_6}{X_K + X_D} = \frac{55}{0,36 + 45,1} = 1,2 \text{ кА}$$

$$I_K = I_{\text{кс}} + I_{\text{кд}} = 1,09 + 1,2 = 2,29 \text{ кА}$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_k = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 2,29 = 5,829 \approx 6 \text{ кА}$$

Выбор выключателей

Мощность завода: $S_{pз} = 65402,02 \text{ КВА}$

Расчетный ток:

$$I_P = \frac{S_{pз}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{65402,02}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 1890,23 \text{ А}$$

Аварийный ток: $I_a = 2 \times I_p = 2 \times 1890,23 = 3780,46 \text{ А}$

Принимаем выключатель VD4-12-2500

Таблица 4.1 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U = 10 \text{ кВ}$
$I_H = 2500 \text{ кА}$	$I_{ав} = 3780,46 \text{ А}$
$I_{откл} = 45 \text{ кА}$	$I_{кз} = 2,202 \text{ кА}$
$I_{дин} = 120 \text{ кА}$	$I_y = 6 \text{ кА}$

Секционный выключатель: через секционный выключатель проходит половина мощности, проходящей через вводные выключатели. Следовательно, расчетный ток, проходящий через выключатель: $I_p = 1890,23$.

Принимаем выключатель VD4-12-2500

Таблица 4.2 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _н =2500А	I _р =1890,23 А
I _{откл} =31,5А	I _{кз} =2,309 А
I _{дин} =80кА	I _у =6кА

4.2. Выбор выключателей

ГПП-ТП1-ТП2

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2} \quad (4.1)$$

$$S_p = \sqrt{(2534,75 + 32,28)^2 + (909,09 + 164)^2} = 2781,6 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2781,6}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 76,47 \text{ А}$$

Аварийный ток: I_а=2×I_р=2×76,47=152,94=153 А

Принимаем выключатель VD4-12-630

Таблица 4.3 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10кВ	U=10кВ
I _н =400А	I _р =153А
I _{откл} =10 кА	I _{кз} =2,309 кА
I _{дин} =25,5 кА	I _у =6кА

ГПП-ТП3-ТП4

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2} \quad (4.1)$$

$$S_p = \sqrt{(2825,4 + 32,45)^2 + (467,27 + 162,25)^2} = 2926,36 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2926,36}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 80,54 \text{ А}$$

Аварийный ток: I_а=2×I_р=2×80,54=161,08 А

Принимаем выключатель VD4-12-630

Таблица 4.4 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _H =10кВ	U=10кВ
I _H =400А	I _{ав} =161,08А
I _{откл} =10 кА	I _{кз} =2,309кА
I _{дин} =25,5кА	I _у =6 кА

3. ГПП-ТП5.

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2} \quad (4.1)$$

$$S_p = \sqrt{(1436,46 + 18)^2 + (408,42 + 90)^2} = 1537,49 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1537,49}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 42,3 \text{ А}$$

Аварийный ток: I_а=2×I_р=2×42,3=84,6А

Принимаем выключатель VD4-12-630

Таблица 4.5 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _H =10кВ	U=10кВ
I _H =400А	I _{ав} =84,6 А
I _{откл} =10 кА	I _{кз} =2,309 кА
I _{дин} =25,5кА	I _у =6кА

3 ГПП ДСП-6т N=4

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2} \quad (4.1)$$

$$S_p = (\sqrt{(7140 + 224)^2 + (4284 + 1120)^2}) / 4 = 2283,52 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2283,52}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 125,7 \text{ А}$$

Принимаем выключатель VD4-12-630

Таблица 4.6 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10кВ	U=10кВ
I _н =400А	I _р =125,7А
I _{откл} =10 кА	I _{кз} =2,309 кА
I _{дин} =25,5кА	I _у =6кА

ГПП-ДСП. -12Т N=4

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2} \quad (4.1)$$

$$S_p = (\sqrt{(11050 + 400)^2 + (6630 + 2000)^2}) / 4 = 3584,51 \text{кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{3584,51}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 197,33 \text{А}$$

Принимаем выключатель VD4-12-630

Таблица 4.7 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10кВ	U=10кВ
I _н =400А	I _р =197,33А
I _{откл} =10 кА	I _{кз} =2,309 кА
I _{дин} =25,5кА	I _у =6 кА

ГПП-ДСП. -12Т N=6

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2} \quad (4.1)$$

$$S_p = (\sqrt{(16575 + 600)^2 + (9945 + 3000)^2}) / 6 = 3584,51 \text{кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{3584,51}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 197,33 \text{А}$$

Принимаем выключатель VD4-12-630

Таблица 4.8 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10кВ	U=10кВ
I _н =400А	I _р =197,33А
I _{откл} =10 кА	I _{кз} =2,309 кА
I _{дин} =25,5кА	I _у =6 кА

ГПП-ДСП. -25Т N=4

$$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_T)^2 + (Q_p + \Delta Q_T)^2} \quad (4.1)$$

$$S_p = (\sqrt{(16329,6 + 720)^2 + (9797,7 + 3600)^2}) / 4 = 5420,95 \text{кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{5420,95}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 298,42 \text{А}$$

Принимаем выключатель VD4-12-630

Таблица 4.9 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10кВ	U=10кВ
I _н =400А	I _р =298,42А
I _{откл} =10 кА	I _{кз} =2,309 кА
I _{дин} =25,5кА	I _у =6 кА

4.Магистраль ГПП-СД.

$$I_p = \frac{P_n \cdot K_z}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n} = \frac{1000 \cdot 0,95}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,9} = 58,1 \text{А}$$

Принимаем выключатель VD4-12-630

Таблица 4.10 - Проверка выбранного выключателя

Паспортные	Расчетные
U _н =10 кВ	U=10 кВ
I _н =400А	I _р =58,1 А
I _{откл} =10 кА	I _{кз} =2,309 кА
I _{дин} =25,5кА	I _у =6кА

4.3.Выбор кабелей отходящих линий.

Условия выбора кабелей:

$$S_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{р}}}{J_{\text{эк}}} \quad (4.2)$$

$$S_{\text{т}} = \alpha \cdot I_{\text{к}} \cdot \sqrt{t_{\text{п}}} \quad (4.3)$$

$$I_{\text{р}} < I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{п}}$$

$$I_{\text{ав}} < 1.3 \cdot I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{п}}$$

Где $J=1.2 \text{ А/мм}^2$ - экономическая плотность тока.

СД:

$$S_{\text{эк}} = \frac{58,1}{1,2} = 48,4 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{т}} = 12 \cdot 2,309 \cdot \sqrt{0,8} = 24,78 \text{ мм}^2;$$

Выбираем кабель ААШВ-10-(3х50) с $I_{\text{доп}}=140\text{А}$

$$I_{\text{доп}}=140 \cdot 0,8=112 > I_{\text{р}}=58,1 \text{ А}$$

ТП1-2:

$$S_{\text{эк}} = \frac{76,47}{1,2} = 63,725 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{т}} = 12 \cdot 2,309 \cdot \sqrt{0,8} = 24,78 \text{ мм}^2;$$

Выбираем кабель ААШВ-10-(3х70) с $I_{\text{доп}}=165\text{А}$.

$$I_{\text{доп}}=165 \cdot 0,9=148,6 \text{ А} > I_{\text{р}}=76,47 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп ав}}=1,3 \cdot 165=214,5 \text{ А} > I_{\text{ав}}=152,94 \text{ А}$$

ТПЗ-4:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{80,54}{1,2} = 67,11 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{T}} = 12 \cdot 2,309 \cdot \sqrt{0,8} = 24,78 \text{ мм}^2;$$

Выбираем кабель ААШВ-10-(3x70) с $I_{\text{доп}}=165\text{А}$

$$I_{\text{доп}}=165\text{А} \cdot 0,9=148,6\text{А} > I_{\text{р}}=76,47\text{А}$$

$$I_{\text{доп ав}}=1,3 \cdot 165=241,5\text{А} > I_{\text{ав}}=152,94\text{А}$$

ТП5:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{42,3}{1,2} = 32,25 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{T}} = 12 \cdot 2,309 \cdot \sqrt{0,8} = 24,78 \text{ мм}^2;$$

Выбираем кабель ААШВ-10-(3x70) с $I_{\text{доп}}=165\text{А}$

$$I_{\text{доп}}=165\text{А} \cdot 0,9=148,6\text{А} > I_{\text{р}}=80,54\text{А}$$

$$I_{\text{доп ав}}=1,3 \cdot 165=241,5\text{А} > I_{\text{ав}}=161,08\text{А}$$

ДСП 6Т N=4

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{125,7}{1,2} = 104,75 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{T}} = 12 \cdot 2,309 \cdot \sqrt{0,8} = 24,78 \text{ мм}^2;$$

Выбираем кабель ААШВ-10-(3x95) с $I_{\text{доп}}=330\text{А}$

$$I_{\text{доп}}=330 \cdot 0,8=264 > I_{\text{р}}=125,7\text{А}$$

$$I_{\text{доп ав}}=1,3 \cdot 330=412\text{А} > I_{\text{ав}}=250\text{А}$$

ДСП 12Т N=4

$$S_{\text{эк}} = \frac{197,33}{1,2} = 164,44 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{T}} = 12 \cdot 2,309 \cdot \sqrt{0,8} = 24,78 \text{ мм}^2;$$

Выбираем кабель ААШВ-10-(3х95) с $I_{\text{доп}}=330\text{А}$

$$I_{\text{доп}}=330 \cdot 0,8=248 > I_{\text{р}}=197,33 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп ав}}=1,3 \cdot 330=403\text{А} > I_{\text{ав}}=394,66 \text{ А}$$

ДСП 12Т N=6

$$S_{\text{эк}} = \frac{197,33}{1,2} = 164,44 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{T}} = 12 \cdot 2,309 \cdot \sqrt{0,8} = 24,78 \text{ мм}^2;$$

Выбираем кабель ААШВ-10-(3х95) с $I_{\text{доп}}=330\text{А}$

$$I_{\text{доп}}=330 \cdot 0,8=248 > I_{\text{р}}=197,33 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп ав}}=1,3 \cdot 330=403\text{А} > I_{\text{ав}}=394,66 \text{ А}$$

ДСП 25Т N=4

$$S_{\text{эк}} = \frac{298,42}{1,2} = 248,6 \text{ мм}^2;$$

$$S_{\text{T}} = 12 \cdot 2,309 \cdot \sqrt{0,8} = 24,78 \text{ мм}^2;$$

Выбираем кабель 2х[ААШВ-10-(3х95)] с $I_{\text{доп}}=330 \text{ А}$

$$I_{\text{доп}}=330 \cdot 0,8=264 > I_{\text{р}}=298,42 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп ав}}=1,3 \cdot 330=429\text{А} > I_{\text{ав}}=596, \text{ А}$$

Таблица 4.11 – Кабельный журнал

Наименование участка	S _p , кВА	N	Кп	Нагрузка		По экон. пл. тока, мм ²		По току КЗ, мм ²		Выбранный кабель	I _{доп} , А
				I _p , А	I _{ав} , А	j _э	F _э , мм ²	I _к , кА	S, мм ²		
ГПП-СД 10 кВ	1053	4	0,8	58	-	1,2	48,4	2,309	24,78	ААШВ-10-(3×50)	140
ГПП-ТП1-2	2781,6	2	0,9	76,47	153	1,2	63,725	2,309	24,78	ААШВ-10-(3×70)	165
ТП1-ТП2	1391	2	0,9	38,23	76,5	1,2	31,86	2,309	24,78	ААШВ-10-(3×35)	115
ГПП-ТП3-4-5	2926,36	2	0,9	80,54	161,08	1,2	67,11	2,309	24,78	ААШВ-10-(3×70)	165
ТП3-ТП4-ТП5	1314,56	2	0,9	36,18	72,36	1,2	30,15	2,309	24,78	ААШВ-10-(3×35)	115
ГПП-ТП6	1537,12	2	0,9	42,3	84,6	1,2	32,25	2,309	24,78	ААШВ-10-(3×35)	115
ГПП-ДСП 6Т	2283,52	4	0,8	125,7	-	1,2	104,75	2,309	-	ААШВ-10-(3×95)	330
ГПП-ДСП 12Т	3584,51	4	0,8	197,33	-	1,2	164,44	2,309	-	ААШВ-10-(3×95)	330
ГПП-ДСП 12Т	3584,51	6	0,8	197,33	-	1,2	164,44	2,309	-	ААШВ-10-(3×95)	330
ГПП-ДСП 25Т	5420,95	4	0,8	298,42	-	1,2	248,6	2,309	-	2х[ААШВ-10-(3×95)]	330

4.4. Выбор выключателей нагрузок на ТП

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (4.4)$$

$$I_p = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55,05A$$

Выбираем выключатель VD4-12-630

4.5. Выбор автоматических выключателей на ТП

$$I_p = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1519A$$

Выбираем выключатель VD4-12-2500с I_{доп}=1600А.

4.6. Выбор трансформаторов тока и напряжения

Выбор трансформаторов тока

трансформаторы тока выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки: $U_{ном\ ТТ} \geq U_{ном\ уст-ки}$;
2. по току: $I_{ном\ ТТ} \geq I_{расч}$;
3. по электродинамической стойкости:
4. по вторичной нагрузке: $S_{н2} \geq S_{нагр\ расч}$;
5. по термической стойкости: $I_T^2 t_T > B_k$;
6. по конструкции и классу точности.

1. Выбор трансформаторов тока на вводе и секционном выключателе.

Таблица 4.12 – Нагрузка трансформатора тока

Прибор	тип	A, ВА	B,ВА	C, ВА
A	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.
Сопrotивление вторичной нагрузки состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов:

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} \quad (4.5)$$

Сопrotивление приборов определяется по формуле:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом};$$

$$r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{нтт}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

где $S_{\text{приб}}$ – мощность, потребляемая приборами;

I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доппр}} = r_{2\text{н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом}.$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,44} = 0,32 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР тВ; $F = 2,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,42 \times 5^2 = 10,5 \text{ ВА}$$

где

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,056 + 0,1 = 0,42 \text{ Ом}$$

$$B_k = I_{k3}^2 \times (t_{\text{отк}} + t_{\text{та}}) = 2,3097^2 \times (0,095 + 0,04) = 0,7 \text{ кА}^2\text{с}$$

Таблица 4.13 - трансформатор тока ТШЛ-10У3

По расчету	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=3573,54$ А	$I_H=4000$ А
$B_K=0,7$ кА ² с	$I_T^2 t_T=33075$ кА ² с
$i_{уд}=4$ кА	$I_{дин}=74,5$ кА
$S_{2p}=10,5$ ВА	$S_{2H}=20$ ВА
$Z_{2P}=0.42$ Ом	$Z_{2H}=0.8$ Ом

Таблица 4.14 - трансформатор тока на линии ГПП-ТП

прибор	тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
итого		6,5	5,5	6,5

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока

Сопротивление вторичной нагрузки состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов:

$$R_2=R_{\text{приб}}+R_{\text{пров}}+R_{\text{к-тов}} \quad (4.6)$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом};$$

$$r_{2H} = \frac{S_{2HTT}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

где $S_{\text{приб}}$ – мощность, потребляемая приборами;

I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доппр}} = r_{2H} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом.}$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,44} = 0,32 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР тВ; $F=2,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,42 \times 5^2 = 10,5 \text{ ВА}$$

Где

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,056 + 0,1 = 0,42 \text{ Ом}$$

$$B_k = I_{\text{кз}}^2 \times (t_{\text{отк}} + T_a) = 2,309^2 \times (0,095 + 0,04) = 0,7 \text{ кА}^2 \text{с.}$$

Таблица 4.15 - трансформатор тока ГПП-ТП1-ТП2: ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 153 \text{ А}$	$I_H = 600 \text{ А}$
$B_k = 0,7 \text{ кА}^2 \text{с}$	$I_T^2 t_T = 33075 \text{ кА}^2 \text{с}$
$i_{\text{уд}} = 6 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 74,5 \text{ кА}$
$S_{2p} = 10,5 \text{ ВА}$	$S_{2H} = 20 \text{ ВА}$
$Z_{2P} = 0,42 \text{ Ом}$	$Z_{2H} = 0,8 \text{ Ом}$

Таблица 4.16- трансформатор тока на линии ГПП-ТП3-ТП4: ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 144,73 \text{ А}$	$I_H = 200 \text{ А}$
$B_k = 0,7 \text{ кА}^2 \text{с}$	$I_T^2 t_T = 33075 \text{ кА}^2 \text{с}$
$i_{\text{уд}} = 6 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 74,5 \text{ кА}$
$S_{2p} = 10,5 \text{ ВА}$	$S_{2H} = 20 \text{ ВА}$
$Z_{2P} = 0,42 \text{ Ом}$	$Z_{2H} = 0,8 \text{ Ом}$

Таблица 4.17 - трансформатор тока ГПП-ТП5: ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 84,6 \text{ А}$	$I_H = 300 \text{ А}$
$B_k = 0,7 \text{ кА}^2 \text{с}$	$I_T^2 t_T = 33075 \text{ кА}^2 \text{с}$
$i_{\text{уд}} = 6 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 74,5 \text{ кА}$
$S_{2p} = 10,5 \text{ ВА}$	$S_{2H} = 20 \text{ ВА}$
$Z_{2P} = 0,42 \text{ Ом}$	$Z_{2H} = 0,8 \text{ Ом}$

Таблица 4.18 - трансформатор тока ДСП 6Т: ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=251,41$ А	$I_H=400$ А
$Bк=0,7$ кА ² с	$I_T^2 t_T=33075$ кА ² с
$i_{уд}=6$ кА	$I_{дин}=74.5$ кА
$S_{2p}=10,5$ ВА	$S_{2H}=20$ ВА
$Z_{2P}=0.42$ Ом	$Z_{2H}=0.8$ Ом

Таблица 4.19 - трансформатор тока ДСП 12Т: ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=394,66$ А	$I_H=400$ А
$Bк=0,7$ кА ² с	$I_T^2 t_T=33075$ кА ² с
$i_{уд}=6$ кА	$I_{дин}=74.5$ кА
$S_{2p}=10,5$ ВА	$S_{2H}=20$ ВА
$Z_{2P}=0.42$ Ом	$Z_{2H}=0.8$ Ом

Таблица 4.20 - трансформатор тока ДСП 12Т ТПЛК-10У3

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=394,66$ А	$I_H=400$ А
$Bк=0,7$ кА ² с	$I_T^2 t_T=33075$ кА ² с
$i_{уд}=6$ кА	$I_{дин}=74.5$ кА
$S_{2p}=10,5$ ВА	$S_{2H}=20$ ВА
$Z_{2P}=0.42$ Ом	$Z_{2H}=0.8$ Ом

Таблица 4.21 - трансформатор тока ДСП 25Т: ТПЛК-10

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=596,85$ А	$I_H=600$ А
$Bк=0,7$ кА ² с	$I_T^2 t_T=33075$ кА ² с
$i_{уд}=6$ кА	$I_{дин}=74.5$ кА
$S_{2p}=10,5$ ВА	$S_{2H}=20$ ВА
$Z_{2P}=0.42$ Ом	$Z_{2H}=0.8$ Ом

Таблица 4.22 - Примем трансформатор тока на СД:

Прибор	тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
ИТОГО		7.5	6,5	7,5

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{7.5}{5^2} = 0.3 \text{ Ом};$$

$$r_{2\text{H-ка}} = \frac{S_{2\text{H TT}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{доп}} = r_{2\text{H}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0.8 - 0.16 - 0.1 = 0.54 \text{ Ом};$$

$$F_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,54} = 0.26 \text{ мм}^2;$$

Принимаем провод АКРТВ, $F=2,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом}; \quad S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0.456 \times 5^2 = 11.4 \text{ ВА};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0.3 + 0.056 + 0.1 = 0.456 \text{ Ом}.$$

Таблица 4.23 - Примем трансформатор тока ТПЛК-10

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_p = 58,1 \text{ А}$	$I_H = 100 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 6 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 74,5 \text{ кА}$
$S_{2p} = 11.4 \text{ ВА}$	$S_{2H} = 20 \text{ ВА}$

Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$;
2. по вторичной нагрузке: $S_{\text{ном2}} \geq S_{2\text{расч}}$;
3. по классу точности
4. по конструкции и схеме соединения

Таблица 4.24 - Нагрузка трансформатора напряжения

Прибор	тип	$S_{\text{об-ки}}$, ВА	Число об-к	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	Число приборо в	$P_{\text{общ}}$, Вт	Q_{\square} , вар
V	Э-335	3	1	1	0	1	3	-
W	Д-335	2.5	2	0.4	0.93	10	20	47
Var	И-335	2.5	2	0.4	0.93	10	20	47
Wh	СА3- И681	2	2	0.4	0.93	10	16	37
Varh	СР4- И689	2	2	0.4	0.93	10	16	37
Итого							75	168

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{75^2 + 168^2} = 184 \text{ ВА.}$$

Таблица 4.25 - трансформатор напряжения типа НтМК-10-71У3

$U_{\text{нт}}=10 \text{ кВ}$	$U_{\text{нт}}=10 \text{ кВ}$
$S_{\text{н2}}=200 \text{ кВА}$	$S_{\text{п2}}=184 \text{ ВА}$

4.7. Выбор шин ГПП

Сечение шин выбирают по длительно допустимому току и экономической целесообразности. Проверку шин производят на электродинамическую и термическую стойкость к токам КЗ.

Выбираем твердотянутые алюминиевые шины прямоугольного сечения марки АТ-120х10; $I_{\text{доп}}=1125 \text{ А}$ (две полосы на фазу), $i_{\text{уд}}=6 \text{ кА}$

а) $I_{\text{доп}}=4100 \text{ А} \geq I_{\text{ав}}=3780,46 \text{ А}$

б) проверка по термической стойкости $I_{\text{кз}}$:

$$F_{\min} = \alpha \times I_{\text{кз}} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \times 6 \times \sqrt{1} = 72 \text{ мм}^2 < 1200 \text{ мм}^2 \quad (120 \times 10 = 1200 \text{ мм}^2)$$

проверка по динамической стойкости $i_{\text{уд кз}}$:

$$\sigma_{\text{доп}} = 650 \text{ кгс/см}^2:$$

$$f = \frac{1,75 \times 10^{-2} \times i_{\text{уд}}^2 \times L}{a} = \frac{1,75 \times 10^{-2} \times 6^2 \times 100}{60} = 1,05 \text{ кгс};$$

$$W = 0,167 \times b \times h^2 = 0,167 \times 0,8 \times 6^2 = 4,8 \text{ см}^3 \cdot 4,51$$

где $L = 80 \text{ см}$ – длина шины;

$a = 60 \text{ см}$ – расстояние между изоляторами;

$b = 0,8 \text{ см}$ – ширина одной полосы;

$h = 6 \text{ см}$ – высота шины

Из условий получаем, что шины динамически устойчивы.

4.8 Выбор изоляторов ГПП

Жесткие шины крепятся на опорных изоляторах, выбор которых производится по следующим условиям:

а) по номинальному напряжению: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$;

б) по допустимой нагрузке: $F_{\text{доп}} \geq F_{\text{расч}}$.

где $F_{\text{расч}}$ – сила, действующая на изолятор;

$F_{\text{доп}}$ – допустимая нагрузка на головку изолятора, $F_{\text{доп}} = 0,6 F_{\text{разруш}}$;

$F_{\text{разруш}}$ – разрушающая нагрузка на изгиб.

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \times 10^{-1} \times i_{\text{уд}}^2 \times L}{a} \quad (4.7)$$

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \times 10^{-1} \times 6^2 \times 80}{60} = 8,3 \text{ кгс}.$$

Выбираем изолятор типа ОНШ-6-500У1 с $F_{\text{разруш}} = 500 \text{ кгс}$.

$$F_{\text{доп}} = 0,6 \times F_{\text{разруш}} = 0,6 \times 500 = 300 \text{ кгс}. (> 8,3 \text{ кгс})$$

Условие выполняется.

5 Дуговая сталеплавильная печь.

5.1 Устройство и принцип работы дуговой сталеплавильной печи

В современной практике для выплавки стали в массовых масштабах или ферросплавов широко используется дуговая сталеплавильная печь. В ней обеспечивают плавку основной части высоколегированных сталей и высококачественных легированных сталей, плавка которых в мартеновских или конвертерных печах либо невозможна, либо затруднительна.

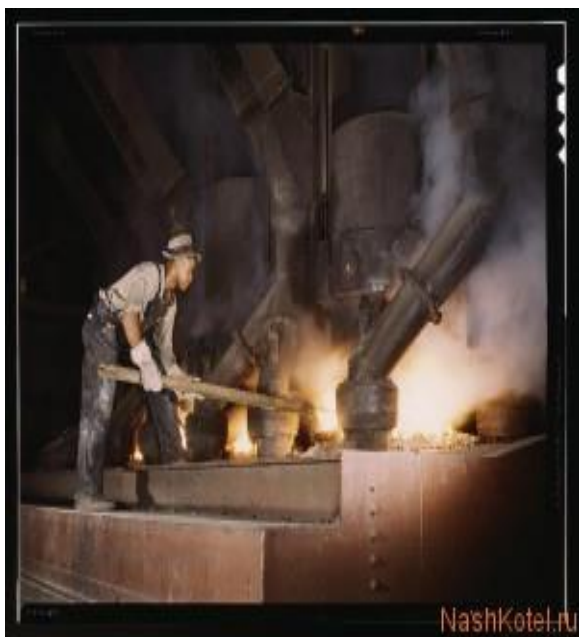


Рисунок 5.1



Рисунок 5.2

Сталеплавильная печь, получившая наименование дуговая, использует в своей работе тепловой эффект от электрической дуги. Этого тепла вполне достаточно, чтобы плавить металл и остальные материалы. Температура в рабочем пространстве печи может достигать 1800 градусов. Дуговые печи рассчитаны на выплавку от 0,1 тонны металла до 400 тонн.

Идея использования электрической дуги с целью выплавки металлов возникла еще в начале девятнадцатого столетия. Первая печь начала функционировать на рубеже девятнадцатого и двадцатого века. Но широкое применение дуговые сталеплавильные печи получили во второй половине прошлого столетия.

Устройство печи

Конструкция дуговой сталеплавильной печи включает:

- Рабочую ванну (пространство, в котором производится плавка);
- Устройство, регулирующее мощность дуги;

- Функциональные технологические механизмы, позволяющие осуществлять процессы загрузки, выгрузки, очистки.

Рабочее пространство печи сверху ограничивается куполообразным сводом, с боков – стенками, снизу – сферическим подом. Огнеупорные стены и под дополнительно снаружи укрыты металлическим кожухом. Свод сталеплавильной печи съемный.

Его устройство может быть двух видов:

- Сборный свод из огнеупорных кирпичей, установленных на опорном кольце;
- Свод из водоохлаждаемых панелей.



Рисунок 5.3

В своде дуговой печи устроены симметричные отверстия. В них закрепляются токопроводящие электроды. Печь оснащена механизмом, называемым регулятор мощности, позволяющим перемещать электроды в рабочем пространстве по вертикали.

Регулятор обеспечивает изменение уровня мощности путем перемещения комплекта электродов на расчетную высоту. Косвенным параметром регулирования выступает также разность сигналов, которые пропорциональны току дуги и напряжению фазы.

Сталеплавильная печь обычно использует трехфазный ток, но существуют и модели постоянного тока. Устройство для плавки металла обеспечивается индивидуальным электроснабжением. Для этого используют специальный печной трансформатор, который подключается к высоковольтной линии.

Процесс плавки

Перед плавкой сталеплавильную печь осматривают и при необходимости осуществляют ремонт пострадавших участков. Затем в рабочее пространство производится завалка металлической шихты. Шихта загружается сверху, с использованием загрузочной корзины (бадьи). Для обеспечения раннего шлакообразования в массу вводится известь, в объеме до трех процентов от массы шихты.

В загруженное пространство печи помещаются электроды. Это ответственный этап. Включение электродов должно обеспечивать постоянную электрическую дугу. Для этого следует организовать надлежащую проводимость между корпусом электрода и шихтой. Достигается необходимый уровень проводимости путем изменения положения электродов по вертикали, либо изменением напряжения на них. Тут требуется определенное мастерство, поскольку в противном случае электроды могут просто поломаться.

В результате плавления шихты в сталеплавильной печи образуется слой металла и шлака. Шлак удаляют через рабочее окно, называемое шлаковая латка. В течение всего времени плавления в шихту постоянно вводятся шлакообразующие присадки. Они позволяют удалить из расплавленной массы фосфор. Шлак специально вспенивают с помощью углеродосодержащих материалов, с целью лучшего его удаления и снижения угара металла.

Сталь, доведенная до готовности, выпускается через специальное сталевыпускное отверстие и желоб. Для этого рабочее пространство печи наклоняется, и сталь стекает в стальковш. Сталеплавильная печь может быть оборудована донным выпуском вместо желоба. В этом случае вывод стали осуществляется через него.

Контроль плавки в дуговой сталеплавильной печи производится через рабочее окно, оборудованное заслонкой. С его помощью замеряется температура металла, производится отбор массы для пробы. В малых печах рабочее отверстие используется для введения шлакообразующих веществ.

Перед выпуском стали из сталеплавильной печи непосредственно в стальковш вводится легирующие вещества и раскислители. Для избавления от печного шлака прибавляют шлакообразующие материалы.

Преимущества печи

Процесс плавки стали с применением тепловой энергии электричества обладает целым рядом преимуществ по сравнению с остальными методами получения стали.

Для энергии электричества атмосфера вокруг сталеплавильной печи не имеет критического значения. Все это способствует получению в результате сталей высокого качества.

Назовем еще преимущества, которыми отличается электродуговая сталеплавильная печь:

- Позволяет осуществлять быстрый нагрев металла, что открывает возможности введения большого объема легирующих добавок;
- Позволяет устанавливать в печи восстановительную атмосферу и вводить безокислительные шлаки, что снижает угар вводимых элементов для легирования;
- Обеспечивает получение металла с пониженным содержанием оксидных неметаллических включений;
- Обеспечивает точное и плавное регулирование температуры выплавляемого металла.

Современные печи используются в основном как устройство для плавления шихты (металлического лома), а затем получения промежуточного продукта, передаваемого на дальнейшую обработку. В печи выплавляют различные сорта сталей и чугуна.

Для работы дуговых печей характерны следующие особенности:

1. Сравнительно низкие значения напряжения горения дуг при больших печах обуславливают очень большие токи фаз. Это вызывает необходимость согласующем трансформаторе и мощных, способных канализировать токи и десятки тысяч ампер, токоподводах. Высокая индуктивность этих токоподводов обуславливает низкий коэффициент мощности печной установки, а их несимметрия – несимметрию загрузки фаз печи. Следовательно, необходимо укорачивать эти токоподводы, т.е. размещать печной трансформатор как можно ближе к печи.

2. Мощность и напряжение на печи меняются в разные периоды плавки, кроме того, зависят, от марки выплавляемой стали, поэтому они должны регулироваться в широких пределах.

3. частые колебания тока и коммутации могут вызывать в отдельных элементах цепи электроснабжения дуговых печей значительные перенапряжения, достигающие 4-5 кратных номинальных значений.

В дуговых печах должны быть предусмотрены необходимые коммутационные аппараты и измерительные устройства, защита от аварийных коротких замыканий и перегрузок. Наконец, все дуговые печи должны быть снабжены быстродействующими системами автоматического регулирования для стабилизации их электрического режима.

ДСП имеют ярко выраженный резкопеременный характер нагрузки. Колебания токов, а следовательно, и активной, и реактивной мощностей зависит от многих причин, связанных с физическими и технологическими явлениями, проходящими в ванне печи.

Колебания режима в одной фазе могут возникнуть и при изменении режима в других фазах. Они определяются магнитной связью токоподвода и неавтономностью управления отдельными фазами в условиях питания печей

по трехфазной схеме без нулевого провода. Кроме колебаний токов активной мощности происходят колебания и реактивной мощности, которая изменяется в пределах $(0,3-1,7) Q_{ном}$, что вызывает соответствующие колебания напряжения.

Колебания напряжения на шинах питающих ДСП подстанций достигают больших значений, которые далеко выходят за допустимые пределы. Это неблагоприятно сказывается на работе других приемников.

Графики нагрузки ДСП, работающих в одном цехе, нельзя считать строго независимыми. Зависимость графиков обуславливается общностью программы цеха, ограниченностью числа кранов, Ковшей, завалочных механизмов. Особенно влияет на характер согласованности графиков работы печей наличие в цехе установок непрерывной разливки стали и ограничения электропотребления. В то же время циклы плавки отдельных режимом системы электроснабжения является совпадение по времени периодов расплавления на нескольких печах. При увеличении числа печей вероятность одновременной работы всех печей в режиме расплавления уменьшается. Например, в цехе с шестью ДСП емкостью 100 т возможно совпадение периодов расплавления лишь четырех печей. При переходе на работу с укороченными металлургическими периодами режим системы электроснабжения становится более тяжелым.

5.2 Схема замещения и электрические характеристики

Для плавки 1 т стали, производительность печи зависит не только от технологического процесса, но и от персональной работы.

Производительность печи можно так же изменить с помощью манипуляции питающего напряжения или изменения длины электрода, также можно изменить длину токовой дуги

Изменение длины электрода дает возможность держать режим печи стабильным.

Непрерывное регулирование режима работы печи может осуществляться с помощью тока.

Поэтому электротехнические характеристики печи зависят от основных электрических показателей: мощности, КПД и коэффициента мощности, от работы тока.

Электрические характеристики состоят из схемы замещения оборудования печи.

Схема чертеж установки ДСП показана на рис. С точки зрения электричества можно рассматривать установку как сборник активного и индуктивного сопротивлений подключенных к источнику питания. Рассматривая ДСП как симметричное, подключаем его к низкому напряжению печи трансформатора. тогда нужно пересчитать обмотку

высокого напряжения индуктивности печи трансформатора к низкому напряжению дроссели. Перед составлением схемы все элементы замещаются на активные и индуктивные сопротивления.

Во время короткого замыкания $R_{д}=0$, а ток короткого замыкания

$$I_{2к} = \frac{U_{2ф}}{\sqrt{r^2 + x^2}} \quad (5.1)$$

Основные формулы описывающие характеристики электрической ДСП

$$P_{ном} = 3 * I_2^2 * r; \quad (5.2)$$

$$P_{Д} = 3 * I_2 * U_{Д} = 3 * I_2^2 * R_{Д} = 3 \{ I_2 * \sqrt{U_{2ф}^2 - (I_2 * x)^2} \} \quad (5.3)$$

$$\eta_{эл} = P_{Д} / P_{акт} = 3 * I_2^2 * (R_{Д} + r) = U_{Д} / [I_2 * (R_{Д} + r)] \quad (5.4)$$

$$S = 3 * I_2 * U_{2ф} \quad (5.5)$$

$$\cos \varphi = P_{акт} / S = I_2 * (R_{Д} + r) / U_{2ф} \quad (5.6)$$

ДСП-25т

Номинальная мощность трансформатора: $S=15000\text{МВА}$;

Ток короткого замыкания: $I_{к.т.}=78,47\text{кА}$;

Активное сопротивление трансформатора; $r=0,92\text{мОм}$;

Индуктивное сопротивление: $x=3,05\text{мОм}$

$$P_{ном} = 3 * I_2^2 * r = 3 * 7,847^2 * 0,92 * 10^{-3} = 0,16\text{МВт};$$

$$P_{Д} = 3 * I_2 * U_{Д} = 3 * 7,847 * 10^3 * 240,78 = 5,6\text{МВт}$$

$$\eta_{эл} = P_{Д} / P_{акт} = 3 * I_2^2 * (R_{Д} + r) = U_{Д} / [I_2 * (R_{Д} + r)] = 5,6 / 5,76 = 0,97;$$

$$S = 3 * I_2 * U_{2ф} = 3 * 7,847 * 10^3 * 250 = 5,8\text{МВА};$$

$$\cos \varphi = P_{акт} / S = I_2 * (R_{Д} + r) / U_{2ф} = 5,76 / 5,8 = 0,99;$$

Основные данные описывающие характеристики электрической ДСП показаны на таб. 5.1

Таблица 5.1

№	$P_{\text{пот}},$ МВт	$P_{\text{дуг}},$ МВт	$P_{\text{акт}},$ МВт	$n_{\text{эл}}$	$S,$ МВА	$\cos \varphi$	$U_{\text{дуг}},$ В	$I_2,$ кА
1	0,16	5,6	5,76	0,97	5,8	0,99	240,78	7,8420
2	0,679	10,8	11,47	0,94	11,7	0,98	231	15,694
3	1,5	15,4	16,9	0,91	17,65	0,95	218	23,54
4	2,7	19	21,7	0,87	23,54	0,92	202,06	31,388
5	4,24	21,58	26	0,83	29,42	0,88	183,39	39,235
6	6,11	22,78	29	0,78	35,31	0,82	161,32	47,082
7	8,32	22,24	30,56	0,72	41,19	0,74	135	54,929
8	10,87	19,39	30,26	0,64	47,08	0,64	102,98	62,776
9	13,76	13,13	27	0,48	53	0,5	62	70,623
10	17	0	17	0	59	0,28	0	78,47

Электрическая характеристика ДСП показана на диаграмме - 5.1

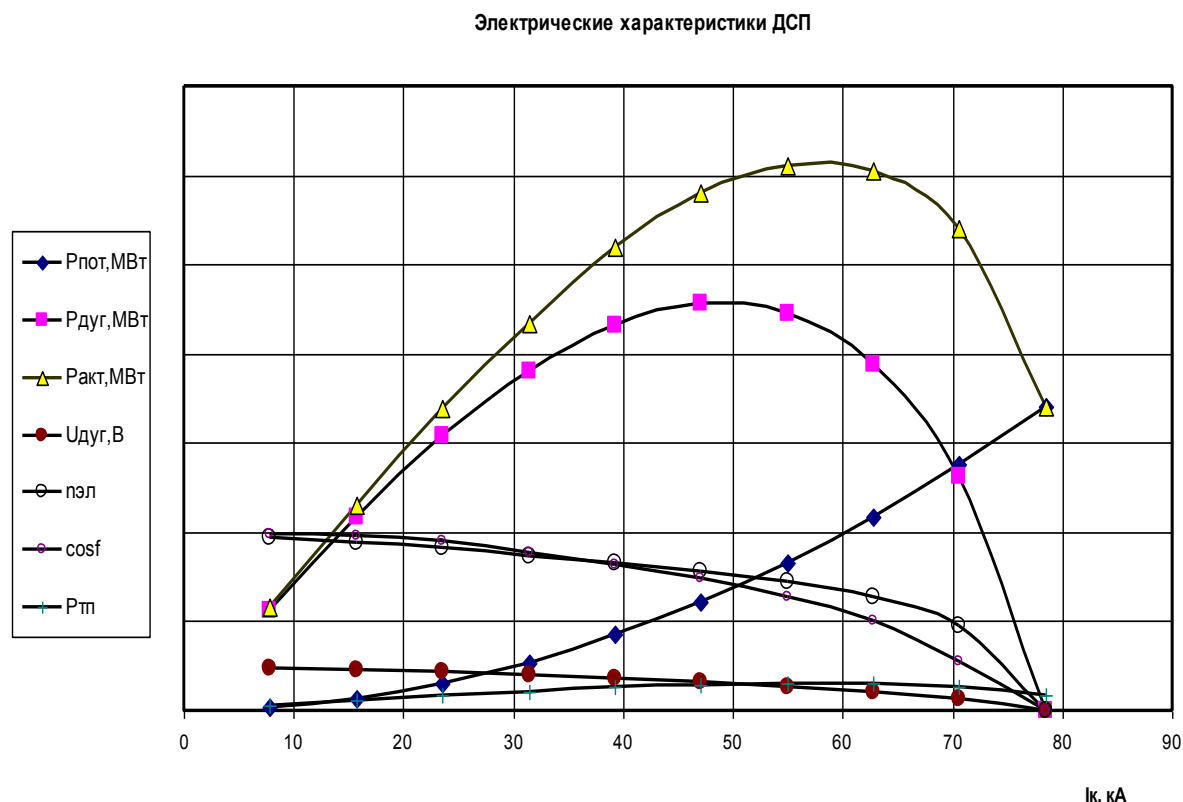


Диаграмма 5.1 – Электрические характеристики ДСП

На рисунке показаны электрические характеристики ДСП емкостью 25 т. мощность трансформатора 15000 кВА. На рисунке видим, что при возрастании тока КПД электрических печи и коэффициент мощности уменьшается, электрические затраты увеличиваются пропорционально квадрат тока, увеличивается полная активная мощность печи и дуги,

и уменьшается при максимуме. так, что нужно увеличить тока при определенной величине. Характеристика электрических печей всегда дает возможность правильного выбора количества тока и режима работы

5.3 Рабочие характеристики и электрические режимы ДСП

Электрические характеристики ДСП не достачно для определение оптимального режима. ДСП- это технологический агрегат, он определяется с затратами на расходы экономию удельности электроэнергии.

На диаграмме 2.1. на нижней части схемы характеристики электрической печи, активной и полезной мощности, затраты электрической мощности, электрического КПД и коэффициент энергии построены связанные с током.

Здесь показана мощность затрат теплоты $P_{т.п.}$. На верхней части технологические показатели работы печи, удельная затрат электроэнергии W , кВт*с/т, время плавления 1т стали t , Часовая производительность печи G , и полный КПД печи.

Теплота и окисление определяются с технологическим процессом периода восстановления электрического режима, поэтому оптимальный режим работы с основой периода плавления. К этому периоду рабочая характеристика печи построена правильно. В этом случае максимальная производительность печи, удельные затраты электроэнергии, время плавления 1т стали и полный КПД характеризуют условия периода плавления. Эти показатели рассчитаем так:

$$W = P_{акт} / g; \quad (5.7)$$

$$g = P_{пол} / 340 = (P_{Д} - P_{Т.П.}) / 340; \quad (5.8)$$

$$t = 1 / g = 340 / (P_{Д} - P_{Т.П.}); \quad (5.9)$$

$$\eta = \eta_{Т} \cdot \eta_{эл} = 340 / W = 340 * g / P_{акт}; \quad (5.10)$$

$$W = P_{акт} / g = 5,76 / 0,015 = 384 \text{ кВт*с/т}$$

$$g = P_{пол} / 340 = (P_{Д} - P_{Т.П.}) / 340 = (5,6 - 0,28) / 340 = 0,015 \text{ т/с}$$

$$t = 1 / g = 340 / (P_{Д} - P_{Т.П.}) = 340 / (5,6 - 0,28) = 64 \text{ с/т}$$

КПД трансформатора: $\eta_{Т} = 0,9$;

$$\eta = \eta_{Т} * \eta_{эл} = 0,9 * 0,88 = 0,79$$

$$\eta = \eta_{Т} \cdot \eta_{эл} = 340 / W = 340 * g / P_{акт} = 340 / 384 = 0,88$$

Основные данные описания рабочих характеристик ДСП показаны в таблице 5.2

Таблица 5.2

№	$P_{т.п.},$ МВт	$g,,$ т/с	$t,$ т/с	$\eta_{эл}$	$W, кВт*с$ /т
1	0,28	0,015	64	0	384
2	0,57	0,03	33,23	0,37	382,23
3	0,84	0,04	23,35	0,52	422
4	1,08	0,05	19	0,58	434
5	1,3	0,052	19,76	0,6	520
6	1,45	0,06	15,9	0,63	483,33
7	1,52	0,062	16,4	0,59	509,33
8	1,51	0,05	19	0,5	605
9	1,35	0,03	29	0,33	900
10	0,85	0	40	0	0

Диаграмма 5.2 – диаграмма, описывающая рабочую характеристику дуговой печи

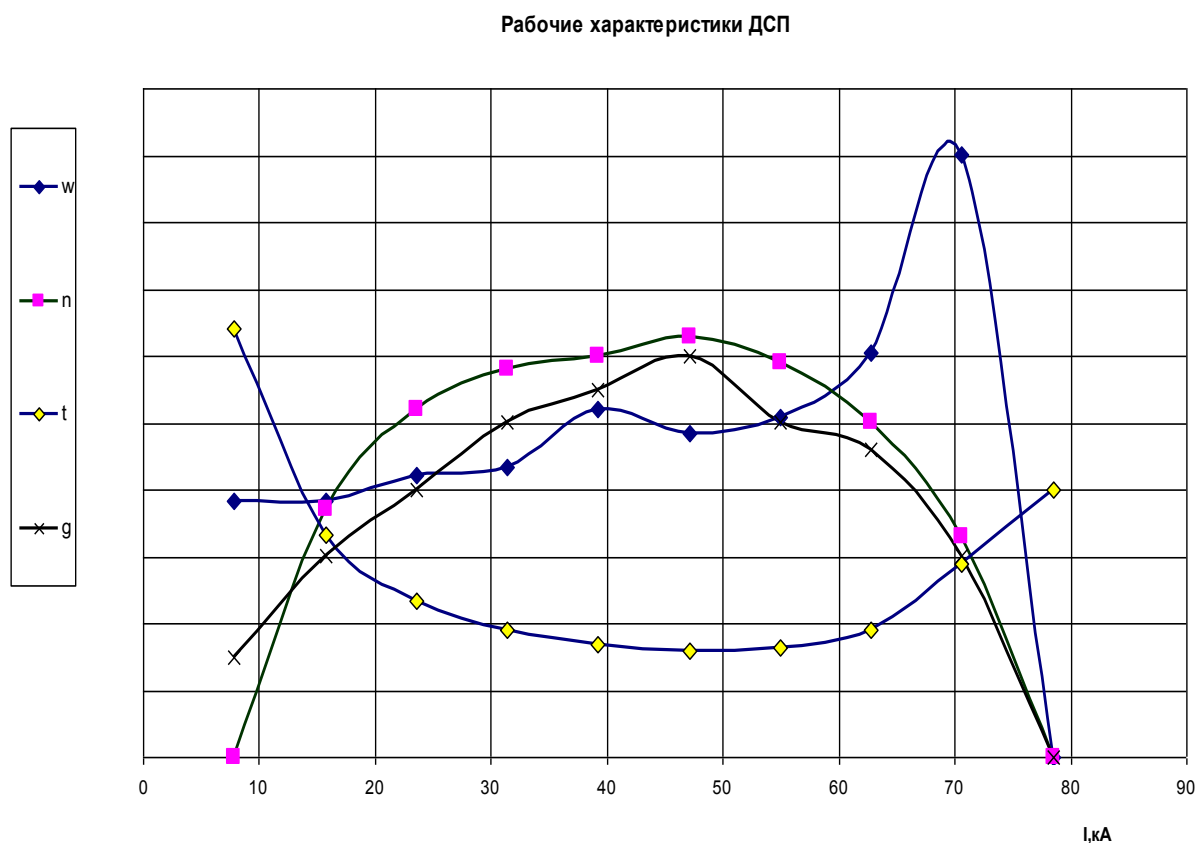


Диаграмма 5.2 – Рабочие характеристики ДСП

Как видно, ограниченные возможности режима работы больше, чем электрические. Здесь печи работает только тогда, когда сумма электро- и теплотрат не будет меньше активной мощности. ток $I=15,694кА$.

Удельные затраты электроэнергии W в кривой I' будет минимальным; для этого тока будет минимум кривой полной КПД печи. ток I' определяет оптимальный энергетический режим.

При токе I'' производительность печи будет g минимум, и он соответствует на минимума мощности дуги. Удельное время t будет минимум потраченная на плавление к этому току. ток $I''=54,929\text{кА}$. ток I'' определяет режим максимальной производительности. Как видно, эти режимы не соответствует друг другу: оптимальный энергетический режим соответствует минимальному току и максимальному тока производительности.

Итак, если организация работает при не хватке электроэнергии, тогда ей в итоге ток I' будет оптимален.

Если главным требованием будет максимум плавление металла, тогда ток I'' будет оптимален

Когда при постоянной работе собственная цена плавление металла будет меньше – этот режим называется оптимальным. Состав собственной цены можно разделить на три группы. Некоторые, например, собственная цена шихты или производительность добавочного материала независит, остальные зависят. Собственная цена плавления 1т. стали опеделяется:

$$Ц=A+B/g+C W \quad (5.11)$$

Первая собирательная печь с правой стороны не зависит от тока; а вторая собирательная уменьшается до состояния тока I'' ; при увеличении состояния I' третья собирательная уменьшается, а потом увеличивается.

И так, себе стоимость плавленной стали ток $I_{ц}$ уменьшается, а ток I' увеличивается, но будет меньше состоянии тока I'' , иначе этот режим определяется между режимами оптимально-энергетического и максимально-производственного. Если составляющее цены электроэнергии станет больше составляющего стали, то ток- $I_{ц}$ будет близко току I' . Если меньше, то будет ближе току I'' .

Ток I' и I'' должны быть меньше максимального тога трансформатора печи. В другом случае трансформатор печи выбрано неправильно.

На ряду рабочая диаграмма дуговой печи позволяет выбрать правильный электрический режим устройство электрических печей в период ее электрической и рабочей характеристики. В случае присутствии ямы нужно увеличить длину дуга, это причина увеличении ее диаметра.

В период окислении шихты в основном сплавивают; плоская сторона ванны; уменьшается потенциальные градиенты дуги в 2-2,5; моментально увеличивается попадания лучей дуги на стены печей. Поэтому, мощность дуги убавляет с помощью уменьшении напряжении трансформатора в 20-30%, это приводит к сокращению дуги. В период чистки напряжения дуги еще уменьшается; дуга возгорается в мениске появляюции между шлаком и металлом.

6. Безопасность жизнедеятельности

6.1 Анализ условий труда в цехе электропечей

Завод ферросплавов- одно из крупнейших металлургических предприятий мира, производящее более одного миллиона тонн в год хромистых, кремнистых и марганцевых сплавов.

Рассмотрим условия труда цеха электропечей.

В процессе технологических работы электрической печей широко используются обработка металлов, переработка неметаллических материалов, и т. п., что приводит к выбросам вредных веществ в атмосферу.

Требованиями «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий СН 245-71» предусмотрено, что предприятия, являющиеся источниками выделения в окружающую среду вредных и неприятно пахнущих веществ, следует отделить от жилой застройки санитарно – защитными зонами. Размеры санитарно – защитной зоны до границы жилой застройки устанавливаются в зависимости от мощности предприятия, условий осуществления технологического процесса, характера и количества, выделяемых в окружающую среду вредных и неприятно пахнущих веществ

Для снижения этих выбросов производят разработку нормативов предельно допустимых и временно согласованных выбросов (ПДВ и ВСВ) для стационарных источников.

Установление ПДВ производится с применением методов расчета загрязнения атмосферы промышленными выбросами /5/ и с учетом перспективы развития предприятия, физико-географических и климатических условий местности, расположение промышленных площадок и участков существующей и проектируемой жилой застройки и т.п. ПДВ (г/с) устанавливаются для условий полной нагрузки технологического и газоочистного оборудования и их нормальной работы. ПДВ не должны превышать в любой 20-минутный период времени допустимых.

ПДВ определяется для каждого вещества отдельно, в том числе и в случаях учета суммаций вредного действия нескольких веществ. При установлении ПДВ учитываются фоновые концентрации c_{ϕ} .

Значение нормированных выбросов ПДВ определяется по формуле:

$$ПДВ = \frac{(ПДК - c_{\phi}) \times H^2}{A \times F \times t \times n \times \eta} \times \sqrt[3]{V_1 \times \Delta T}, \text{ г/с} \quad (6.1)$$

где ПДК – максимально разовая ПДК вредного вещества, мг/м³;

c_{ϕ} – фоновая концентрация вредного вещества, мг/м³;

H – высота дымовой трубы, м;

A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m и n - коэффициент, учитывающий условия выхода газо-воздушной смеси из устья источника выброса;

η- безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;

V₁ – расход газо-воздушной смеси, м³/ с;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газо-воздушной смеси (тг) и температурой окружающего атмосферного воздуха (тв), °С.

Для предприятия в целом ПДВ_г находится по формуле (6.2):

Значение приведенной массы годового выброса газообразных примесей определяется по формуле

$$M_j = \sum m_i \times K_i, \quad (6.2)$$

n- количество загрязняющих веществ

i- виды загрязняющих веществ

K_i -коэффициент приведения i-го загрязняющего вещества, равного

$\frac{1}{\text{ПДК}}$

$$K_i = \frac{1}{\text{ПДК}_i} \times \gamma \quad (6.3)$$

Как известно, при всех способах очистки в дымовых газах остается определенное количество вредных веществ. Санитарные нормы требуют, чтобы максимальная концентрация каждого вредного вещества C_{mi}, мг/м³, в приземном слое атмосферы была не больше предельно допустимой концентрации каждого вредного вещества в атмосферном воздухе (ПДК). то есть $\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1$.

Для вредных веществ, обладающих свойством однонаправленности действия (для дымовых газов это – окислы азота и серы) безразмерная суммарная концентрация не должна превышать единицы

Определить нормативов затраты загрязняющих веществ в цехе электрических печей

$$\text{Углекислый газ; ПДВ} = \frac{(5-0) \times 90^2}{200 \times 2 \times 0.9 \times 1.1} + \sqrt[3]{2.5 \times 135} = 712.1$$

$$\text{Пыль металлическая; ПДВ} = \frac{(5-0) \times 90^2}{200 \times 1 \times 0.9 \times 1.1} + \sqrt[3]{2.5 \times 135} = 142.4$$

$$\text{Окалины; ПДВ} = \frac{(0,04-0) \times 90^2}{200 \times 1 \times 0,9 \times 1,1} + \sqrt[3]{2,5 \times 135} = 11,3$$

$$\text{Азотная кислота; ПДВ} = \frac{(0,6-0) \times 90^2}{200 \times 1 \times 0,9 \times 1,1} + \sqrt[3]{2,5 \times 135} = 170,8$$

$$\text{Аммиак; ПДВ} = \frac{(0,2-0) \times 90^2}{200 \times 3 \times 0,9 \times 1,1} + \sqrt[3]{2,5 \times 135} = 18,9$$

Определить K_i :

$$\text{Углекислый газ; } K_i = \frac{1}{3} \times 1 = 0,33$$

$$\text{Пыль металлическая; } K_i = \frac{1}{0,15} \times 1,2 = 8$$

$$\text{Окалины; } K_i = \frac{1}{0,04} \times 1,2 = 30$$

$$\text{Азотная кислота; } K_i = \frac{1}{0,06} \times 1 = 16$$

$$\text{Аммиак; } K_i = \frac{1}{0,04} \times 1 = 25$$

Приведенная масса загрязняющих веществ

Пасса ПДВ i -того вещества в атмосферу

$$\text{Углекислый газ: } M = 712,1 \times 0,33 = 234,9 \text{ т/год}$$

$$\text{Пыль металлическая: } M = 142,4 \times 8 = 1139,2 \text{ т/год}$$

$$\text{Окалины: } M = 11,3 \times 30 = 339 \text{ т/год}$$

$$\text{Азотная кислота: } M = 170,8 \times 16 = 2732,8 \text{ т/год}$$

$$\text{Аммиак: } M = 18,9 \times 25 = 472,5 \text{ т/год}$$

$$\Sigma M = 234,9 + 1139,2 + 339 + 2732,8 + 472,5 = 4818,4 \text{ т/год}$$

6.2 Разработка мероприятий по улучшению условий труда

Акустический расчет цеха электропечей

Цех имеет большое количество электроприемников, но для расчета принимаем два вида источников шума, остальными источниками можно пренебречь, так как их уровень звукового давления ниже на 10 дБ более шумных.

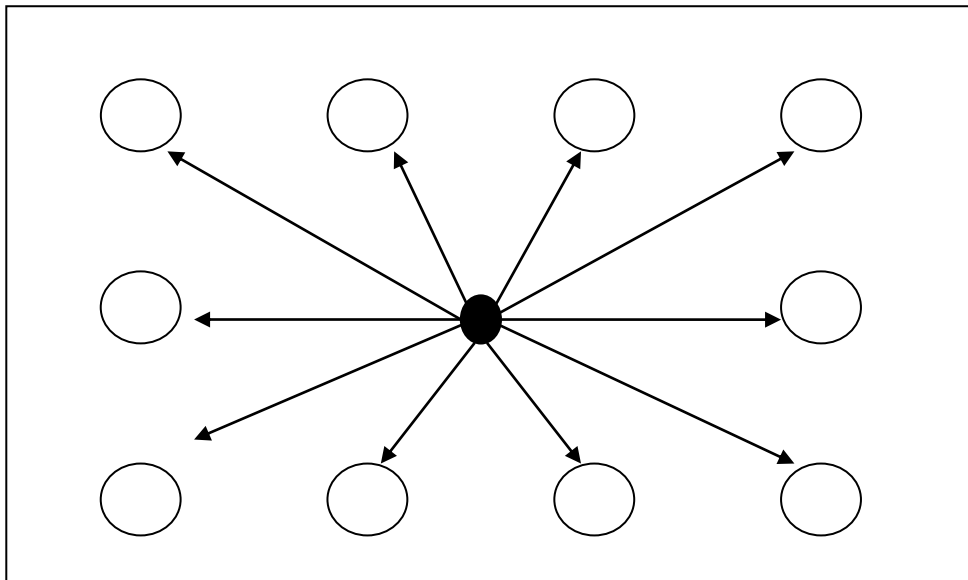


Рисунок 6.1 - План цеха с нанесением на него электроприемников, имеющих высокий уровень звукового давления

Где точка А является расчетной точкой, которая находится в середине помещения между станками на высоте 1,5 м от пола; $r_1 - r_{10}$ – расстояние от акустических центров до расчетной точки.

• Определение допустимых уровней звукового давления $L_{\text{доп}}$ для расчетных точек.

В производственном помещении объемом 11520 м^3 размещено 10 источников шума двух типов: 6 – источников одного типа (пресса), обозначаемых ИШ_I (L_{p1}) и 4 – другого (токарные станки и вентилятор), обозначаемых ИШ_{II} (L_{p2}). Уровни звуковой мощности, излучаемой каждым источником приведены в таблице. Расстояние от акустических центров до расчетной точки: $r_1=10 \text{ м}$; $r_2=17,5 \text{ м}$; $r_3=23 \text{ м}$; $r_4=9,5 \text{ м}$; $r_5=11,2 \text{ м}$; $r_6=13 \text{ м}$; $r_7=16 \text{ м}$; $r_8=17,8 \text{ м}$; $r_9=18 \text{ м}$; $r_{10}=20 \text{ м}$.

Таблица 6.1 - Уровни звуковой мощности источников шума.

Величина, дБ	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц.							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_{p1}	83	83	89	89	90	91	90	89
L_{p2}	81	82	83	86	85	84	90	84

Октавные уровни звукового давления L , дБ в расчетных точках помещений, в которых несколько источников шума, следует определять в зоне прямого и отраженного звука по формуле:

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{\Delta i \times \kappa_i \times \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta i \right), \quad (6.4)$$

Где

$$\Delta i = 10^{0,1 L_{pi}} \quad (6.5)$$

L_{pi} – октавный уровень звуковой мощности, создаваемый i -тым источником шума;

m – количество источников шума, ближайших к расчетной точке (т.е. источников, для которых $r_i < 5 r_{\min}$ – расстояние от расчетной точки до акустического центра источника);

n – общее количество источников шума в помещении.

χ_I - коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля и принимаемый в зависимости от отношения расстояния r в м между акустическим центром источника и расчетной точкой к максимальным габаритным размерам L_{\max} в м источника шума по графику (рисунок 2);

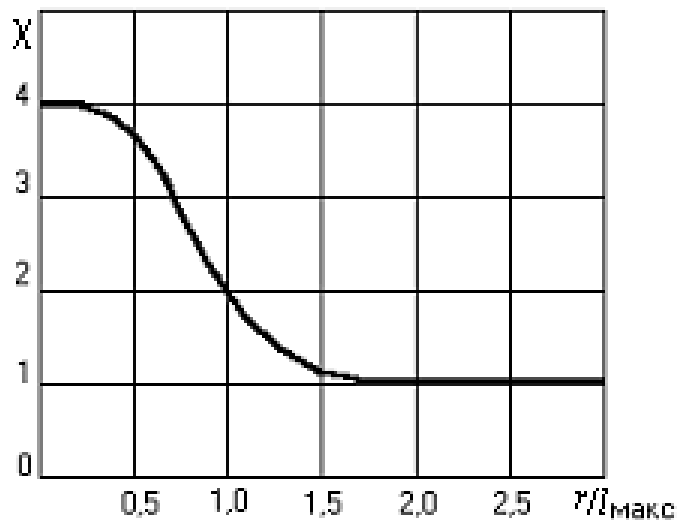


Рисунок 6.2 - Зависимость эмпирического коэффициента χ от отношения r/L_{\max}

Φ_i - фактор направленности источника шума, безразмерный, определяемый по опытным данным;

S_i - площадь в m^2 воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку.

Минимальное расстояние от расчетной точки до акустического центра и ближайшего к ней источника $r_{\min} = 9,5$ м, $5 r_{\min} = 47,5$ м. Общее количество источников шума остается таким же, т. е. 10 электроприемников. Наибольший габаритный размер рассматриваемых источников $L_{\max} = 2,3$ м. Следовательно, для всех источников выполняется условие $2 L_{\max} < r_{\min}$, поэтому можно принять $S_i = 2\pi r^2$. Величина $r_i / L_{\max} = 2$, поэтому $k_i = 1$. По формуле определяем суммарные уровни звукового давления $L_{\text{общ}}$ в расчетной точке от всех источников шума.

Постоянная помещения определяется по формуле:

$$B = B_{1000} \quad (6.6)$$

где B_{1000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, определяемая по таблице в зависимости от объема и типа помещения. Для данного цеха объемом $V=11520 \text{ м}^3$ и небольшим количеством людей.

$$B_{1000} = V/20 = 11520/20 = 576 \text{ м}^3$$

μ - частотный множителей, зависящий от объема помещения. Для данного цеха значения μ приведены в таблице

Таблица 6.3 - Значение частотного множителя.

Объем помещения, м^3	Частотный множитель							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V > 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0

Затем по формуле определяется требуемое снижение шума:

$$\Delta L_{\text{тр}} = L_{\text{общ}} - L_{\text{доп}}, \quad (6.7)$$

где $L_{\text{общ}}$ – октавный уровень звукового давления в расчетной точке от всех источников;

$L_{\text{доп}}$ – допустимый уровень звукового давления для рабочего места, для данного цеха этот уровень приведен в таблице.

Таблица 6.4 - Допустимые уровни звукового давления.

F, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{доп}}$	99	92	86	83	80	78	76	74

Результаты расчетов по отделению ремонтно-механического цеха сведем в таблицу.

Таблица 6.5 - Расчет шума по отделению ремонтно-механического цеха

№	Величина	Ед. изм.	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц.							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	L_{p1}	дБ	83	83	89	89	90	91	90	89
2	L_{p2}	дБ	81	82	83	86	85	84	90	84
3	Δ_1	-	$1,9 \times 10^8$	$1,9 \times 10^8$	8×10^8	8×10^8	10^9	$12,5 \times 10^8$	10^9	8×10^8
4	Δ_2	-	$1,6 \times 10^8$	$1,6 \times 10^8$	$1,9 \times 10^8$	4×10^8	$3,2 \times 10^8$	$2,5 \times 10^8$	10^9	$2,5 \times 10^8$
5	$S_1 = 2\pi r_1^2$	m^2	628							
6	$S_2 = 2\pi r_2^2$	m^2	1923							
7	$S_3 = 2\pi r_3^2$	m^2	3322							
8	$S_4 = 2\pi r_4^2$	m^2	566							
9	$S_5 = 2\pi r_5^2$	m^2	787							
10	$S_6 = 2\pi r_6^2$	m^2	1061							
11	$S_7 = 2\pi r_7^2$	m^2	1607							
12	$S_8 = 2\pi r_8^2$	m^2	1989							
13	$S_9 = 2\pi r_9^2$	m^2	2034							
14	$S_{10} = 2\pi r_{10}^2$	m^2	2512							
15	$10^{0,1L_{p1}}/S_1$		3×10^5	3×10^6	$1,3 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6$	$1,9 \times 10^6$	$1,6 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$
16	$10^{0,1L_{p1}}/S_2$		$9,8 \times 10^4$	$9,8 \times 10^4$	$4,2 \times 10^5$	$4,2 \times 10^5$	$5,2 \times 10^5$	$6,5 \times 10^5$	$5,2 \times 10^5$	$4,2 \times 10^5$
17	$10^{0,1L_{p1}}/S_3$		$5,7 \times 10^4$	$5,7 \times 10^4$	$2,4 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	3×10^5	$3,7 \times 10^5$	3×10^5	$2,4 \times 10^5$

Продолжение таблицы 6.5

18	$10^{0,1Lp1}/S_4$		$3,3 \times 10^5$	$3,3 \times 10^5$	$1,4 \times 10^6$	$1,4 \times 10^6$	$1,7 \times 10^6$	$2,2 \times 10^6$	$1,7 \times 10^6$	$1,4 \times 10^6$
19	$10^{0,1Lp1}/S_5$		$2,4 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	10^6	10^6	$1,2 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$	10^6
20	$10^{0,1Lp1}/S_6$		$1,7 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5$	$7,5 \times 10^5$	$7,5 \times 10^5$	$9,4 \times 10^5$	$1,2 \times 10^6$	$9,4 \times 10^5$	$7,5 \times 10^5$
21	$10^{0,1Lp1}/S_7$		8×10^3	$9,9 \times 10^4$	$1,2 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	$1,9 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$6,2 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$
22	$10^{0,1Lp1}/S_8$		$6,5 \times 10^3$	8×10^4	$9,5 \times 10^4$	2×10^5	$1,6 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	5×10^5	$1,2 \times 10^5$
23	$10^{0,1Lp1}/S_9$		$6,3 \times 10^3$	$7,8 \times 10^4$	$9,3 \times 10^4$	$1,9 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$4,9 \times 10^8$	$1,2 \times 10^5$
24	$10^{0,1Lp1}/S_{10}$		$5,1 \times 10^3$	$6,3 \times 10^4$	$7,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$9,9 \times 10^4$	$3,9 \times 10^8$	$9,9 \times 10^4$
25	Σ пп.(15÷24)		$1,2 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6$	$5,4 \times 10^6$	$5,8 \times 10^6$	$2,1 \times 10^7$	$8,2 \times 10^6$	$2,2 \times 10^8$	$5,5 \times 10^6$
27	μ		0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0
28	$V_{ш} = V_{ш} 1000 \times \mu$		288	288	317	403	576	922	1728	3456
29	$4 / V_{ш}$		$1,4 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-3}$	$6,9 \times 10^{-3}$	$4,3 \times 10^{-3}$	$2,3 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^3$
30	$\Sigma 100,1Lp1=6 \times 100,1Lp1$		$11,4 \times 10^8$	$11,4 \times 10^8$	$4,8 \times 10^9$	$4,8 \times 10^9$	6×10^9	$7,5 \times 10^9$	6×10^9	$4,8 \times 10^9$
31	$\Sigma 100,1Lp1=4 \times 100,1Lp2$		$5,2 \times 10^7$	$6,4 \times 10^8$	$7,6 \times 10^8$	$1,6 \times 10^9$	$1,2 \times 10^9$	109	4×10	109
32	Σ пп.(30+31)		$11,9 \times 10^8$	$17,8 \times 10^8$	$5,6 \times 10^9$	$6,7 \times 10^9$	$7,2 \times 10^9$	$8,5 \times 10^9$	1010	$5,8 \times 10^9$
33	Π пп.(29×32)		$1,3 \times 10^7$	$1,9 \times 10^7$	$5,6 \times 10^7$	$5,2 \times 10^7$	$3,9 \times 10^7$	$2,8 \times 10^7$	$1,8 \times 10^7$	$5,2 \times 10^6$
34	Σ пп. (25+33)		$1,4 \times 10^7$	$2,1 \times 10^7$	$6,1 \times 10^7$	$5,7 \times 10^7$	6×10^7	$3,6 \times 10^7$	4×10^7	$1,1 \times 10^7$
35	$L_{общ} = 10 \lg(\Pi.34)$		71,4	73,2	77,8	77,5	77,7	75,5	76	70,4
36	$L_{доп}$		99	92	86	83	80	78	76	74
37	$\Delta L_{тр} = L_{общ} - L_{доп}$		-27,6	-18,8	-8,2	-5,5	-2,3	-2,5	0	-3,6

Так как величина требуемого снижения шума $\Delta L_{\text{тр}}$ для ремонтно-механического цеха получилась отрицательной, то не требуются мероприятия по снижению шума.

6.3 Разработка зануления низковольтного оборудования цеха электропечей

Основной мерой защиты от поражения электрическим током в сетях напряжением до 1000 В является зануление, для того чтобы обеспечить безопасность прикосновения человека к зануленному корпусу в аварийный период. Цель зануления – быстро отключить электроустановку от сети при замыкании одной (или двух) фазы на корпус.

Значение тока короткого замыкания $I_{\text{к}}$ зависит от фазного напряжения сети U и сопротивлений цепи, в том числе от полных сопротивлений трансформатора $z_{\text{т}}$, фазного проводника $z_{\text{Л1}}$, нулевого защитного проводника $z_{\text{РЕ}}$, внешнего индуктивного сопротивления петли (контура) фазный проводник — нулевой защитный проводник (петли фаза–нуль) $x_{\text{П}}$, а также от активных сопротивлений заземлений нейтрали обмоток источника тока (трансформатора) r_0 и повторного заземления нулевого защитного проводника $r_{\text{П}}$.

Расчет зануления.

Принципиальная схема зануления приведена на рисунке 9.1. На схеме видно что ток короткого замыкания $I_{\text{кз}}$ в фазном проводе зависит от фазного напряжения сети $U_{\text{ф}}$ и полное сопротивление цепи, складывающегося из полных сопротивлений обмотки трансформатора $Z_{\text{т}}/3$, фазного проводника $Z_{\text{ф}}$, нулевого защитного проводника $Z_{\text{н}}$, внешнего индуктивного сопротивления петли фаза – ноль $X_{\text{п}}$, и заземления нейтрали трансформатора R_0 (рис. 4.3).

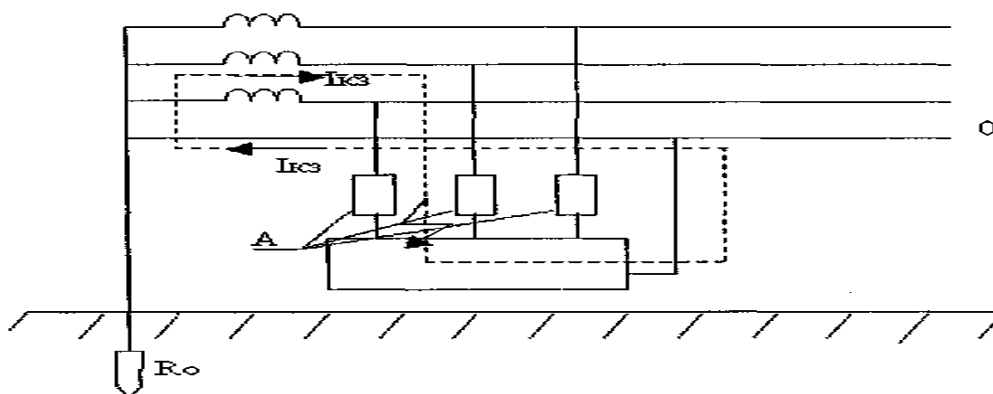


Рисунок-6.3 - Принципиальная схема сети переменного тока с занулением

А– аппарат защиты (предохранитель или автоматический выключатель);

R_0 – заземление нейтрали.

Поскольку R_0 и R_n , как правило, велики по сравнению с другими элементами цепи, параллельная ветвь, образованная ими создает незначительное увеличение тока короткого замыкания, что позволяет пренебречь им. В то же время такое допущение ужесточает требования к занулению и значительно упрощает расчетную схему, представленную на рисунке 4.4.

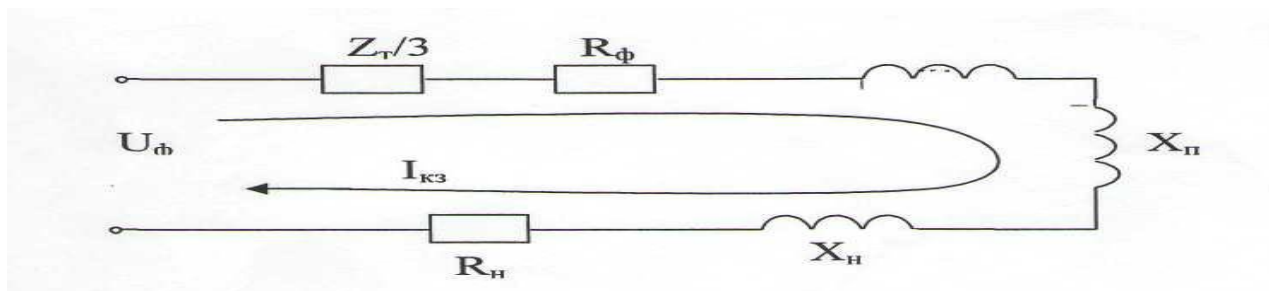


Рисунок-6.4 - Упрощенная схема зануления

В этом случае выражение короткого замыкания $I_{кз}$ (А) в комплексной форме будет:

$$I_{кз} = U_{\phi} / (Z_M/3 + Z_{\phi} + Z_n + jX_n) \quad (6.8)$$

U_{ϕ} – фазное напряжение сети, В.

Z_M – комплекс полного сопротивления обмоток трехфазного источника тока (трансформатора), Ом;

$Z_{\phi} = R_{\phi} + jX_n$ – комплекс полного сопротивления фазного провода, Ом;

$Z_n = R_n + jX_n$ – комплекс полного сопротивления нулевого защитного проводника, Ом;

R_{ϕ} және R_n – активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, Ом

Z_{ϕ} және Z_n – внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

X_n – внешнего индуктивного сопротивления петли (контура) фазный проводник — нулевой защитный проводник (петли фаза — нуль)

$Z_n = Z_{\phi} + Z_n + jX_n$ – комплекс полного сопротивления петли фаза — нуль, Ом.

в комплексной форме будет

$$I_{кз} = U_{\phi} / (Z_M/3 + Z_n); \quad (6.9)$$

Полное сопротивление петли фаза — нуль в действительной форме (модуль) равно, Ом,

$$Z_n = \sqrt{(R_\phi + R_n)^2 + (X_\phi + X_n + X_n)^2} \quad (6.10)$$

Расчетная формула имеет следующий вид:

$$K \times I_n \leq U_\phi / (Z_m / 3 + \sqrt{(R_\phi + R_n)^2 + (X_\phi + X_n + X_n)^2}) \quad (6.11)$$

Здесь неизвестными являются лишь сопротивления нулевого защитного проводника и , которые могут быть определены соответствующими вычислениями по этой же формуле. Однако, эти вычисления обычно не производятся, поскольку сечение нулевого защитного проводника и его материал принимаются заранее из условия, чтобы полная проводимость нулевого защитного проводника была не менее 50% полной проводимости фазного провода, т. е.

$$\frac{1}{z_{нз}} \geq \frac{1}{2 \cdot z_\phi} \quad \text{или} \quad z_{нз} \leq 2 \cdot z_\phi$$

Это условие установлено ПУЭ в предположении, что при такой проводимости I_k будет иметь требуемое значение

$$I_k \geq k \cdot I_{ном} \quad (6.12)$$

Значение коэффициента K принимается равным $K \geq 3$ в случае если электроустановка защищается предохранителями и автоматическими выключателями имеющими обратозависимую характеристику от тока. В случае если электроустановка защищается автоматическим выключателем имеющим только электромагнитный расцепитель (отсечку), то для автоматов с I_n до 100 А , $K = 1,4$, а для автоматов с $I_n > 100$ А, $K = 1,25$.

Значение полного сопротивления масляного трансформатора во многом определяется его мощностью, напряжением первичной обмотки, конструкцией трансформатора.

Расчет зануления электрооборудования цеха электропечей

Исходные данные:

- Напряжение сети-0,38кВ;
- Мощность трансформатора-1000кВА;
- мощность наиболее удаленного ЭП $P=55$ кВт;
- длина кабеля от тП до ШР, $L_1=150$ м;
- длина провода от ШР-1 до станка, $L_2=10$ м;

Схема замещения приведена на рисунке 6.5.

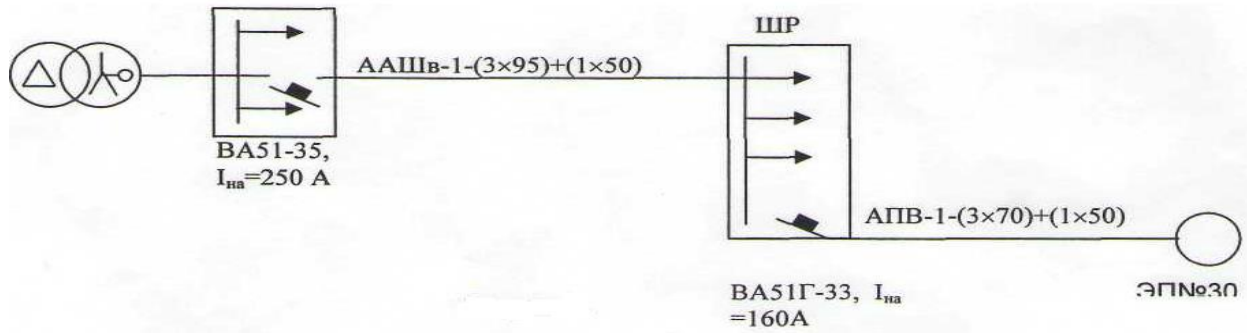


Рисунок 6.5. – Схема замещения

Определение токов нагрузки и выбор аппаратов защиты:

$$I_{\partial в} = \frac{P}{\sqrt{3} * U_n * \cos \varphi} = \frac{55}{\sqrt{3} * 0.38 * 0.65} = 128.56 \text{ A}$$

$$I_{PIB} = \frac{K_n * I_{\partial в}}{K_m} = \frac{128.56 * 5}{1.6} = 401 \text{ A}$$

$$I_{НПВ} = 250 \text{ A} \quad I_{НА} = 160 \text{ A}$$

4. Определение полных сопротивлений элементов цепи.

а) сопротивление трансформатора для группы соединения Д/У₀ – 11
 $Z_T = 0.0027 \text{ Ом}$ (таблица 6,1 /5/)

б) сопротивление кабеля, при сечении фазной жилы 95 мм² и нулевой 50 мм² $Z_{пф0} = 1,13 \text{ Ом/км/5/}$

$$Z_{п} = Z_{пф0} * L_1 = 1,13 * 0,150 = 0,170 \text{ Ом}$$

в) сопротивление провода при сечении фазной жилы 70 мм² и нулевой 50 мм² $Z_{пф0} = 1,27 \text{ Ом/км/5/}$

$$Z_{п} = Z_{пф0} * L_2 = 1,27 * 0,01 = 0,0127 \text{ Ом}$$

5. Определение тока КЗ:

$$I_{к1} = \frac{220}{0,0027/3 + 0,17} = 1,29 \text{ кА}$$

$$I_{к2} = \frac{220}{0,0027/3 + 0,17 + 0,0127} = 1,2 \text{ кА}$$

6. Определение кратности тока

$$\frac{I_{кз}}{I_{на}} = \frac{1290}{250} = 5,16 \text{ кА}$$

$$\frac{I_{кз}}{I_{нпв}} = \frac{1200}{401} = 3кА$$

Условие $I_{кз} > I_n \cdot K$, $K_a = 1,25$; $K_{пв} = 3$, тогда $1290А > 1,25 \cdot 160 = 200А$

7. Определение времени срабатывания аппарата защиты: плавкой вставки определяется по защитной характеристике плавкой вставки, а для автомата принимается из справочника. В данном случае при токе КЗ и номинальном токе плавкой вставки время отключения аппарата защиты 0,15 секунд. Время отключения автоматического выключателя – 0,2 секунды.

Потенциал корпуса поврежденного оборудования:

$$U_{к1} = I_{кз} \cdot Z_{н1} = 1,29 \cdot 0,084 = 108,36В$$

где $Z_{н1}$ – сопротивление нулевой жилы кабеля, $Z_{н1} = R_{н1}$, так как величина внутреннего индуктивного сопротивления $X_{н1}$ алюминиевого проводника сравнительно мала (около 0,0156 Ом/км).

$$R_{н1} = \frac{\rho \times L}{S} = \frac{0,028 \times 150}{50} = 0,084 Ом;$$

где ρ - удельное сопротивление алюминиевой жилы принимается равной 0,028 Ом×мм²/м;

S – сечение жилы, мм²;

L – длина проводника, м.

$$U_{к1} = I_{кз} \cdot Z_{н2} = 1,2 \cdot 0,0056 = 6,7В$$

где $Z_{н3}$ – сопротивление нулевого провода, $Z_{н3} = R_{н3}$

$$R_{н3} = \frac{\rho \times L}{S} = \frac{0,028 \times 10}{50} = 0,0056 Ом;$$

Ток протекающий через тело человека, равен

$$I_{h1} = \frac{U_{к1}}{R_h} = \frac{108,36}{1000} = 108,36 мА;$$

$$I_{h2} = \frac{U_{к2}}{R_h} = \frac{6,7}{1000} = 6,7 мА;$$

Такие величины тока являются допустимыми при времени воздействия соответственно 0,5 и 1,2 секунды, т.е. время срабатывания автоматического выключателя и предохранителя не превышает допустимых величин.

При расчете электробезопасности было рассчитано зануление, которое показало эффективность защиты от поражения электрическим током человека.

7 Экономическая часть

7.1 Цель разработки проекта электроснабжения ферросплавного завода

Завод ферросплавов- одно из крупнейших металлургических предприятий мира, производящее более одного миллиона тонн в год хромистых, кремнистых и марганцевых сплавов.

Питание ферросплавного завода может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлено два трехобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА напряжением 115/37/10,5 кВ. Мощность КЗ на стороне 115кВ подстанции равна 1250 МВА. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5,2 км. Завод работает в три смены.

Исходя из того, что в энергосистеме установлено два трехобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА напряжением 115/37/10,5 кВ, имеем три варианта развертывания электроснабжения предприятия:

1. Снабжения со строительством ЛЭП-110кВ и ОРУ-110/10кВ.
2. Снабжения со строительством ЛЭП-37кВ и ОРУ-35/10кВ.
3. Снабжения со строительством ЛЭП-10,5кВ без строительства ОРУ.

7.2 Выбор вариантов снабжения

Из технических расчетов следует, что сооружение ЛЭП-10кВ конструктивно невозможно, следовательно остается два возможных варианта снабжения:

1. Снабжения со строительством ЛЭП-110кВ и ОРУ-110/10кВ(I вариант).
2. Снабжения со строительством ЛЭП-35кВ и ОРУ-35/10кВ(II вариант).

Для каждого из данных вариантов распишем капитальные вложения на развертывание и эксплуатацию схемы снабжения.

Для выбора эффективного варианта используем формулу приведенных затрат:

$$ПЗ = E_n \times K_{\Sigma} + I_{\Sigma}; \quad (7.1)$$

где E_n – нормативный коэффициент сравнительной эффективности ($E_n=0,15$);

K_{Σ} – суммарные капитальные вложения на оборудование;

I_{Σ} – суммарные издержки.

Расчет приведенных затрат для I варианта:

Капитальные вложения на выключатели B_{1-4} (4 шт.):

$$K_{B_{1-4}} = N \times K_{\text{выкл}}; \quad (7.2)$$

где N – количество выключателей.

$$K_{B_{1-4}} = 4 \times 10,9 \text{ млн. тг} = 43,6 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на разъединители P_{1-4} (4 шт.):

$$K_{P_{1-4}} = N \times K_{\text{разъед}}; \quad (7.3)$$

где N – количество разъединителей.

$$K_{P_{1-4}} = 4 \times 0,546 \text{ млн. тг} = 2,184 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на ограничители перенапряжений ОПН₁₋₄ (4 шт.):

$$K_{\text{ОПН}_{1-4}} = N \times K_{\text{опн}}; \quad (7.4)$$

где N – количество ограничителей перенапряжения.

$$K_{\text{ОПН}_{1-4}} = 4 \times 0,546 \text{ млн. тг} = 2,184 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на трансформаторы ГПП (2 шт.):

$$K_{\text{тр ГПП}} = N \times K_{\text{тр}}; \quad (7.5)$$

где N – количество трансформаторов ГПП.

$$K_{\text{тр ГПП}} = 2 \times 109,2 \text{ млн. тг} = 218,4 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на оборудование подстанции:

$$K_{\text{об}} = K_{B_{1-4}} + K_{P_{1-4}} + K_{\text{ОПН}_{1-4}} + K_{\text{тр ГПП}}; \quad (7.6)$$

$$K_{\text{об}} = 43,6 + 2,184 + 2,184 + 218,4 = 266,368 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{уд} = 4,55 \text{ млн. тг/км.}$$

$$K_{ЛЭП} = L \times K_{уд}; \quad (7.7)$$

$$K_{ЛЭП} = 5,2 \times 4,55 = 23,66 \text{ млн. тенге}$$

Суммарные капитальные вложения на оборудование первого варианта:

$$K_{\Sigma 1} = K_{об} + K_{ЛЭП}; \quad (7.8)$$

$$K_{\Sigma 1} = 266,368 + 23,66 = 289,145 \text{ млн. тенге}$$

Расчет издержек по I варианту:

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{ЛЭП} = k_{экс} + I_a; \quad (7.9)$$

где, $k_{экс}$ - коэффициент эксплуатационных издержек ЛЭП ($k_{экс} = 0,4\%$);

$$I_{экс ЛЭП} = 0,004 \times 23,66 = 0,095 \text{ млн. тенге}$$

Амортизационные издержки ЛЭП:

$$I_a ЛЭП = k_{алЭП} \times K_{ЛЭП}; \quad (7.10)$$

где, $k_{алЭП}$ - коэффициент амортизационных издержек ЛЭП (принимаем $k_{алЭП} = 13\%$, исходя из процесса ускоренной амортизации);

$$I_a ЛЭП = 0,13 \times 23,66 = 3,08 \text{ млн. тенге}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования п/с:

$$I_{ЛЭП} = 0,095 + 3,08 = 3,175$$

$$I_{экс об} = k_{эоб} \times K_{об}; \quad (7.11)$$

где, $k_{эоб}$ - коэффициент эксплуатационных издержек оборудования ($k_{эоб} = 1\%$);

$$I_{экс об} = 0,01 \times 266,368 = 2,66 \text{ млн. тенге}$$

Амортизационные издержки на оборудование:

$$I_{a\text{об}} = k_{a\text{об}} \times K_{\text{об}}; \quad (7.12)$$

где, $k_{a\text{об}}$ -коэффициент амортизационных издержек оборудования (принимается $k_{a\text{об}} = 17\%$, исходя из процесса ускоренной амортизации);

$$I_{a\text{об}} = 0,17 \times 266,368 = 45,282 \text{ млн. тенге}$$

$$I_{\text{п/с}} = I_{\text{экс}} = I_a$$

$$\Sigma I_a = I_{a\text{ЛЭП}} + I_{a\text{п/с}} = 3,08 + 45,28 = 48,36$$

Стоимость потерь:

$$I_{\text{пот.}} = C_0 \times (W_{\text{тргпп}} + W_{\text{лэп}}); \quad (7.13)$$

где C_0 - стоимость электроэнергии (15тг./кВтч); Средняя величина по повл обл

$W_{\text{тргпп}}$ - потери электроэнергии в трансформаторе ГПП;

$W_{\text{лэп}}$ – потери электроэнергии в ЛЭП.

$$I_{\text{пот.}} = 15 \times (524675 + 368552,8) = 13,4 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 1} = I_a + I_{\text{пот.}} + I_{\text{э}}; \quad (7.14)$$

$$I_{\Sigma 1} = 0,095 + 3,08 + 2,66 + 45,282 + 13,4 = 64,517 \text{ млн. тенге.}$$

Расчет приведенных затрат по первому варианту:

$$Z_1 = E_n \times K_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 1}; \quad (7.15)$$

где E_n – нормативный коэффициент сравнительной эффективности ($E_n = 0,15$);

$$PZ_1 = 0,15 \times 290,028 + 64,517 = 108,02 \text{ млн. тенге.}$$

Расчет приведенных затрат для II варианта

Капитальные вложения на выключатели B_1 и B_2 (2 шт.):

$$K_{B1-2} = N \times \gamma_2 \times K_B; \quad (7.16)$$

где γ_2 - коэффициент долевого участия завода в мощности выключателей B_1 и B_2 ($\gamma_2 = 0,36$);

N – количество выключателей.

$$K_{B1-2} = 2 \times 0,36 \times 18,2 = 13,104 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на разъединители P_{1-4} (4 шт.):

$$K_{P1-4} = N \times k_{\text{разъед}}; \quad (7.17)$$

где N – количество разъединителей.

$$K_{P1-4} = 4 \times 0,4 = 1,6 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на выключатель B_3 (1 шт.):

$$K_{B3} = \gamma_3 \times K_B; \quad (7.18)$$

где γ_3 - коэффициент долевого участия завода в мощности выключателей B_3 ($\gamma_3 = 0,18$);

$$K_{B3} = 0,18 \times 18,2 = 3,276 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на выключатели B_{4-7} (4 шт.):

$$K_{B4-7} = N \times K_B; \quad (7.19)$$

где N – количество выключателей.

$$K_{B4-7} = 4 \times 18,2 = 72,8 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на ограничители перенапряжений ОПН₁₋₂ (2 шт.):

$$K_{\text{ОПН1-2}} = N \times K_{\text{опн}}; \quad (7.20)$$

где N – количество ограничителей перенапряжения.

$$K_{\text{ОПН1-2}} = 2 \times 0,3 = 0,6 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на трансформатор ГПП (2 шт.):

$$K_{\text{тр ГПП}} = N \times K_{\text{тр ГПП}}; \quad (7.21)$$

где N – количество трансформаторов ГПП.

$$K_{\text{тр ГПП}} = 2 \times 89,18 = 178,36 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на трансформатор энергосистемы (2 шт.):

$$K_{\text{трЭС}} = N \times \gamma_1 \times K_{\text{трЭС}}; \quad (7.22)$$

где γ_1 – коэффициент долевого участия завода в мощности трансформаторов энергосистемы ($\gamma_1 = 0,29$);

N – количество трансформаторов энергосистемы.

$$K_{\text{трЭС}} = 2 \times 0,29 \times 127,4 = 73,892 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на оборудование:

$$K_{\text{об}} = K_{\text{В1-2}} + K_{\text{Р1-4}} + K_{\text{В3}} + K_{\text{В4-7}} + K_{\text{ОПН1-2}} + K_{\text{трЭС}} + K_{\text{Т ГПП}}; \quad (7.23)$$

$$K_{\text{об}} = 13,104 + 1,6 + 3,276 + 72,8 + 0,6 + 73,892 + 178,36 = 343,632 \text{ млн. тенге.}$$

Капитальные вложения на ЛЭП на двухцепной стальной опоре:

$$K_{\text{уд}} = 4,55 \text{ млн. тенге/км.}$$

$$K_{\text{ЛЭП}} = L \times K_{\text{уд}}; \quad (7.24)$$

$$K_{\text{ЛЭП}} = 5,2 \times 4,55 = 23,66 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные капитальные вложения на оборудование второго варианта:

$$K_{\Sigma 2} = K_{\text{об}} + K_{\text{ЛЭП}}; \quad (7.25)$$

$$K_{\Sigma 2} = 343,632 + 23,66 = 367,292 \text{ млн. тенге.}$$

Расчет издержек по II варианту:

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{\text{экс ЛЭП}} = k_{\text{эЛЭП}} \times K_{\text{ЛЭП}}; \quad (7.26)$$

где, $k_{\text{эЛЭП}}$ – коэффициент эксплуатационных издержек ЛЭП ($k_{\text{эЛЭП}} = 0,4\%$);

$$I_{\text{экс ЛЭП}} = 0,004 \times 23,66 = 0,095 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизационные издержки ЛЭП:

$$I_{\text{а ЛЭП}} = k_{\text{аЛЭП}} \times K_{\text{ЛЭП}}; \quad (7.27)$$

где, $k_{\text{аЛЭП}}$ -коэффициент амортизационных издержек ЛЭП (принимаем $k_{\text{аЛЭП}} = 13\%$, исходя из процесса ускоренной амортизации);

$$I_{\text{а ЛЭП}} = 0,13 \times 23,66 = 3,08 \text{ млн. тенге.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{экс об}} = k_{\text{эОБ}} \times K_{\text{об}}; \quad (7.28)$$

где, $k_{\text{эОБ}}$ -коэффициент эксплуатационных издержек оборудования ($k_{\text{эОБ}} = 1\%$);

$$I_{\text{экс об}} = 0,01 \times 343,632 = 3,436 \text{ млн. тенге.}$$

Амортизационные издержки на оборудование:

$$I_{\text{а об}} = k_{\text{аОБ}} \times K_{\text{об}}; \quad (7.29)$$

где, $k_{\text{аОБ}}$ -коэффициент амортизационных издержек оборудования (принимаем $k_{\text{аОБ}} = 17\%$, исходя из процесса ускоренной амортизации);

$$I_{\text{а об}} = 0,17 \times 343,632 = 58,417 \text{ млн. тенге.}$$

Стоимость потерь:

$$I_{\text{пот.}} = C_0 \times (W_{\text{трГПП}} + W_{\text{лэп}} + W_{\text{трэс}}); \quad (7.30)$$

где C_0 - стоимость электроэнергии (12,14тг./кВтч);

$W_{\text{трГПП}}$ - потери электроэнергии в трансформаторе ГПП;

$W_{\text{лэп}}$ –потери электроэнергии в ЛЭП.

$W_{\text{трэс}}$ - потери электроэнергии в трансформаторе энергосистемы;

$$I_{\text{пот.}} = 12,14 \times (507146,9 + 813314,6 + 1208631,25) = 37,93 \text{ млн. тенге.}$$

Суммарные издержки:

$$I_{\Sigma 2} = I_{\text{а}} + I_{\text{пот.}} + I_{\text{э}}; \quad (7.31)$$

$$I_{\Sigma 2} = 0,095 + 3,08 + 3,436 + 58,417 + 37,93 = 102,95 \text{ млн. тенге.}$$

Расчет приведенных затрат по второму варианту:

$$Z_{II} = E_n \times K_{\Sigma 2} + I_{\Sigma 2}; \quad (7.32)$$

где E_n – нормативный коэффициент сравнительной эффективности ($E_n = 0,15$);

$$PZ_{II} = 0,15 \times 367,292 + 102,95 = 158,04 \text{ млн. тенге.}$$

Составим сводную таблицу по всем вариантам.

таблица 7.2 – Результаты технико-экономического сравнения

Вариант	$U_{\text{ном}}$, кВ	K_{Σ} млн.тг.	I_{Σ} млн.тг.	Z млн.тг.
I	110	290,028	64,267	108,02
II	35	367,292	102,95	158,04

По приведенным затратам I вариант имеет меньшее значение, следовательно его выбираем для дальнейшего расчета финансовой эффективности.

7.3 Показатели финансовой эффективности

Рассчитаем показатели финансовой эффективности для инвестиционного проекта по развертыванию электроснабжения по первому варианту.

Для инвестиционных проектов принята система оценочных критериев, которые позволяют определить его эффективность, выбрать из нескольких инвестиционных проектов наиболее приемлемый с точки зрения инвестора, определить отдачу денежных потоков, выбрать наиболее рациональную цену капитала, а так же решить ряд других задач.

Расчеты эффективности обычно базируются на нулевом или первом году реализации инвестиционного проекта. Величины инвестиций и денежных потоков рассматриваются как годовые величины.

Допустим, для реализации проекта подрядчик берет деньги у ферросплавного завода поэтому величину ставки дисконтирования принимаем по уровню инфляции - 8%.

Рассчитаем чистую приведенную стоимость (NPV):

$$NPV = \sum_n \frac{CF}{(1+r)^n} - IC \quad (7.33)$$

где CF – денежный поток;

r - ставка дисконтирования принимаем 8%;

n - количество лет;

IC – инвестиции.

$$CF = A + P, \quad (7.34)$$

где A – амортизация оборудования;

P – прибыль от производства.

В данной работе у нас нет информации о прибыли завода, поэтому приравняем амортизационные издержки денежному потоку.

$$CF = A. \quad (7.35)$$

$$CF = 48,362 \text{ млн. тенге}$$

Рассчитаем накопленную величину дисконтированных доходов (PV):

$$PV = \sum_n \frac{CF}{(1+r)^n}, \quad (7.36)$$

где CF – денежный поток;

r - банковская процентная ставка (ставка дисконтирования) r=8%;

n - количество лет.

Расчёты, приведенные в таблице 7.3, показывают, что накопленная величина дисконтированных доходов составляет 302,112 млн. тенге.

Рассчитаем индекс рентабельности инвестиций (PI):

$$PI = \sum_n \frac{CF}{(1+r)^n} / IC, \quad (7.37)$$

где CF – денежный поток;

r - банковская процентная ставка (ставка дисконтирования);

n - количество лет;

IC – инвестиции.

$$PI = \frac{302,112}{290,028} = 1,04.$$

Расчёты показывают, что индекс рентабельности инвестиций больше единицы, следовательно, его следует принять.

Логика критерия *PI* такова: он характеризует доход на единицу затрат. В данном случае на один затраченный тенге приходится 1,04 тенге дохода.

таблица 7.3 – Расчет показателей финансовой эффективности

Год	Денежный поток (млн. тенге)	$r=8\%$, ставка дисконтирования	Нарастающий дисконтированный денежный поток (млн. тенге)
0	-289,145		
1	48,362	0,926	-245,25
2	48,362	0,857	-203,786
3	48,362	0,79	-165,39
4	48,362	0,74	-129,85
5	48,362	0,68	-66,46
6	48,362	0,63	-38,24
7	48,362	0,58	-12,11
8	48,362	0,5	12,08

По таблице 7.3. видно, что срок окупаемости с учетом дисконтирования — 9 лет.

Рассчитаем внутреннюю норму доходности (*IRR*) — это процентная ставка, при которой чистая приведённая стоимость (*NPV*) равна 0.

Внутренняя норма доходности равна 12%, что превышает ставку дисконтирования в 8%, следовательно, проект можно принять.

Несмотря на то, что окупаемость инвестиций происходит на 9 год эксплуатации

(с учетом только амортизационных отчислений), внутренняя норма доходности (*IRR*) составляет 9%, что выше, чем $r=8\%$. Следовательно проект можно считать эффективным.

Заключение

Дипломный проект посвящен проектированию системы электроснабжения завода ферросплавов. Питание завода осуществляется от тЭЦ или подстанции энергосистемы неограниченной мощности. тЭЦ работает параллельно с системой. Мощность к.з. на шинах 10,5 кВ тЭЦ равна 500 МВА. На подстанции энергосистемы установлено два трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ. трансформаторы работают раздельно. Мощность к.з. на стороне 115 кВ подстанции равна 1800 МВА. Расстояние от тЭЦ до завода 4,8 км, а от подстанции энергосистемы 13 км. Завод работает в три смены. По данной работе можно были получены следующие результаты.

Исходя из исходных данных, суммарная потребляемая мощность предприятия составила $S_p=9\ 845$ кВА. К установке были приняты 11 цеховых трансформаторов мощностью $S_{нт}=1000$ кВА на напряжение 0.4кВ, мощность конденсаторных батарей составила 360 квар, к установке приняты батареи типа УКЛ(П)Н-0,38-450-150У3. На основании данных расчетов была составлена таблица распределения нагрузок цехов по трансформаторным подстанциям. Исходя из того, что завод ферросплавов относится к первой категории потребителей, коэффициент загрузки трансформаторов находится в пределах $K_z \leq 0,8$. Суммарная нагрузка на шинах ГПП 10,5 кВ, с учетом установки ВБК, подключения к шинам ГПП СД и ДСП;

В работе предложены три варианта схемы электроснабжения завода ферросплавов. Исходя из экономических расчетов, наиболее целесообразным является первый вариант- передача электроэнергии по ЛЭП 115 кВ. В экономической части проекта было подсчитано, что суммарные капиталовложения по данному проекту составляют 290,028 млн. тенге, внутренняя норма доходности 8%, накопленная величина дисконтированных доходов составляет 302,112 млн. тенге. таким образом, обоснование экономической эффективности проекта показывает, суммарные инвестиции в размере 290,028 млн. тенге окупятся за 9 лет.

Для принятого варианта было выбрано следующее высоковольтное оборудование: вводные выключатели, секционный выключатель и выключатели нагрузки марки 121PM40-20В компании АВВ; выключатели отходящих линий, выключатели к СД и ДСП, а также силовые кабели к ним. Исходя из расчетов вторичной нагрузки, выбраны измерительные приборы: трансформаторы тока и напряжения. также были выбраны шины ГПП $S_m = 100 \times 8$ алюминиевые марки АДО и шинные изоляторы ОНШ 10-6(ОШН 6-80) УХЛ1.

В специальной части дипломного проекта осмотрено про дуговых сталеплавильных печей, точнее про рабочие характеристики, электрические режимы ДСП, схема замещения и электрические характеристики.

В раздела "Безопасность жизнедеятельности" был составлен экологический паспорт предприятия. Для цеха электропечей завода ферросплавов был проведен анализ условий труда и предложены методы их улучшения. также был произведен расчет воздухообмена из условия выделения вредных веществ. Согласно расчетам, проведенным из условия выделения избыточного явного тепла, рекомендуется установить вытяжные трубы с суммарной площадью $5,1 \text{ м}^2$.

Расчет зануления электропечи мощностью 45 кВт показал, что напряжение прикосновения будет равно 109,63 В, а ток, проходящий через тело человека составит 108,36 мА. таким образом, при надежном срабатывании защиты плавкая вставка перегорит и отключит поврежденную фазу.

Список литературы

1. Технический каталог Alageum electric , Кентауский трансформаторный завод/2012.
2. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учебное пособие. –М.: ФОРУМ ИНФРА-м, 2006.-480с.
3. Карапетян И.Г, Файбисович Д.Л, Шапиро И.М. Справочник по проектированию электрических сетей, М.: НЦ ЭНАС, 2012 376с.
4. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений/ Б. И. Кудрин.-М.: Интернет Инжиниринг,2005.-672с.
5. Киреева Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию(цеховые электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий),2004.
6. Адамчук В.В. Экономика труда: Учебник. – М.: ЗАО Финстатинформ, 2002. – 431с.
7. “Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования” под редакцией Ю.Г.Барыбина и др.-энергоатомиздат, 1991 г, 464 с.
8. О.П. Живаева, М.А. тергуесизова. Проектирование систем электроснабжения. Методические указания и задания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности 050718 – Электроэнергетика – Алматы: АИЭС, 2009.-74с.
9. Экономический анализ: Учебник для вузов / Под редакцией Гиляровской, Л.т. – М: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 527с.
10. Защита от производственного шума А.Н.Кудрин. - Ульяновск: УлГТУ, 2001 .-32 с.
11. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
12. Л.Д.Рожкова, В.С.Козулин. Электрооборудование станций и подстанций. 3-е издание, переработанное и дополненное; – М: Энергоатомиздат, 2007-648с.
13. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. “Электроснабжение промышленных предприятий”–М. Высшая школа, 1986 г, 400 с.
14. Федоров А.А., Старкова Л.Е. “ Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий”–М. Энергоатомиздат, 1987 г, 368 с.
15. Федоров А.А. “Основы электроснабжения промышленных предприятий”-М. Энергия, 1967 г.
16. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. “Электрическая часть электростанций и подстанций”. Справочник–М. Энергоатомиздат, 1989 г.

17. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. “Электрооборудование станций и подстанций”-М. Энергоатомиздат, 1987 г.

18. Зюзин А.Ф., Поконов Н.З., Вишток А.М. “Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок” – М. Высшая школа, 1980 г.

19. СН и П 2.04.05.-91 “Отопление, вентиляция и кондиционирование”.

20. Васин В.М., Липкин Б.Ю. Дипломное проектирование для специальности “Электрооборудование промышленных предприятий и установок” М. Высшая школа, 1977 г.

21. Липкин Б.Ю. “Электроснабжение промышленных предприятий”-М., 1975 г.

22. Н.Н.Синягин, Н.А.Афанасьев, С.А. Новиков “Система планово-предупредительного ремонта оборудования и сетей промышленной энергетики” 2-е изд, перераб.-М.Энергия, 1978, 405 с.