Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Студента_____Иванникова Сергея Викторовича

Институт_____архитектуры, строительства и энергетики

Направление____13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Тема выпускной квалификационной работы

Разработка и проектирование электроснабжения Челябинского машиностроительного завода

Руководитель_____Бадалян Н.П.
(подпись)

Студент_____Иванников С.В.
(подпись)

Допустить выпускную квалификационную работу к защите в государственной экзаменационной комиссии

Заведующий кафедрой_____д.т.н., профессор Бадалян Н.П.
(подпись)

«___»_____ __ 20 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ:_____
Зав. кафедрой «Электротехника и электроэнергетика» д.т.н., профессор Бадалян Н.П.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Студенту *Иванникову Сергею Викторовичу*

1. Тема работы *Разработка и проектирование электроснабжения Челябинского машиностроительного завода* утверждена приказом по университету № *531/4 от 13.11.2023 г.*
2. Срок сдачи студентом законченной работы *06.02.2024.*
3. Исходные данные к работе: *Генеральный план машиностроительного завода ; перечень цехов и производственных площадей, участвующих в технологическом процессе, их установленные мощности; план ремонтно-механического цеха; список электроприёмников ремонтномеханического цеха; электроснабжение завода должно осуществляться от секций шин 10 кВ ближайшей ПС 110/10 кВ двумя кабельными линиями 10 кВ, проложенными в траншее. Расстояние от источника питания составляет 2000 метров; параметры энергосистемы: tgφ=0,38; индуктивное сопротивление системы x_c=0,6; мощность системы питания $S_{ном}$=750 МВА*
4. Содержание расчётно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов) *Разработка и проектирование оптимальной системы электроснабжения завода. Расчёт силовых и осветительных нагрузок. Выбор числа и мощности трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ. Выбор электрооборудования ТП 10/0,4 кВ.*

Расчет токов короткого замыкания на стороне 110, 10кВ и 0,4кВ. Светотехнический расчет ремонтно-механического цеха. Выбор электротехнического оборудования для обеспечения системы электроснабжения ремонтно-механического цеха.

5. Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей)

-План генеральный машиностроительного завода

-Схема однолинейная электроснабжения завода

-План расположения технологического оборудования ремонтно-механического цеха

-Схема однолинейная электроснабжения ремонтно-механического цеха

-План сети электроосвещения ремонтно-механического цеха

Дата выдачи задания *04.09.2023*

Руководитель_____/ Бадалян Н.П. /

(подпись руководителя)

Задание принял к исполнению_____/ Иванников С.В. /

(подпись студента)

АННОТАЦИЯ

Данная выпускная квалификационная работа выполнена на тему «Разработка и проектирование электроснабжения Челябинского машиностроительного завода». В ВКР описан технологический процесс производства завода, произведен расчет электрических нагрузок, расчет осветительной нагрузки цехов, выбор цеховых трансформаторов 10/0,4 кВ, расчет электрических нагрузок в ТП 10/0,4 кВ, произведен выбор коммутационного оборудования, на основании расчета токов короткого замыкания, на уровнях напряжения 10,0,4 кВ.

Разработана схема электроснабжения предприятия, а также схема электрических соединений и принципиальная схема электроснабжения ремонтно-механического цеха. В работе представлен расчет сети освещения

ремонтно-механического цеха. Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки (97 листов, 46 таблиц, 8 рисунков) и графической части (5 чертежей). Список литературы состоит из 20 наименований.

ANNOTATION

This final qualifying work was completed on the topic “Development and design of power supply for the Chelyabinsk Machine-Building Plant.” The VKR describes the technological process of the plant's production, calculated electrical loads, calculated the lighting load of workshops, selected workshop transformers 10/0.4 kV, calculated electrical loads in 10/0.4 kV transformer substations, selected switching equipment based on the calculation of short-term currents short circuits, at voltage levels of 10.0.4 kV.

A power supply diagram for the enterprise has been developed, as well as an electrical connection diagram and a schematic diagram of the power supply for the mechanical repair shop. The paper presents the calculation of the lighting network of a mechanical repair shop. The final qualifying work consists of an explanatory note (97 sheets, 46 tables, 8 drawings) and a graphic part (5 drawings). The bibliography consists of 20 titles.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 8

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ 10

1 ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ 11

1.1 Характеристика предприятия 11

1.2 Перечень цехов и производственных площадей завода 12

1.3 Классификация потребителей электроэнергии по категории надежности элек-

троснабжения 14

1.4 Общая характеристика ремонтно-механического цеха 17

2 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЗАВОДА 20

2.1 Постановка задачи 20

2.2 Расчет силовых нагрузок 21

2.3 Расчет силовых нагрузок ремонтно-механического цеха 23

2.4 Определение осветительной нагрузки 26

2.4.1 Расчёт нагрузки на электрическое освещение по цехам 26

2.4.2 Расчёт нагрузки на освещение территории

завода ..... 28 2.5 Определение суммарных

электрических нагрузок 3

3 ВЫБОР НОМИНАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ВНЕШНЕГО И ВНУТРИЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 32

4 ВЫБОР МЕСТА ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК 34

5 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЗАВОДА 37

5.1 Общие сведения 37

5.2 Определение числа и мощности трансформаторов ГПП 38

5.3 Определение числа и мощности цеховых

трансформаторов……40 5.4 Выбор числа и мощности

трансформаторов с учетом компенсации

реактивной мощности……..46

Н.контр. Максимов Ю.П. *ского машиностроительного* *ЗЭЭуд-120*

Утверд. Бадалян Н.П. *завода*

г. Химки

5.5 Уточнение числа и мощности цеховых ТП после КРМ…….50

5.6 Определение потерь мощности в цеховых трансформаторах……..52

6 ВЫБОР СХЕМЫ ВНУТРИЗАВОДСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ…….54

7 ВЫБОР ТИПА И СЕЧЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ…….57

7.1 Выбор сечения питающих кабельных линий 10 кВ……....57 7.2 Выбор сечения внутризаводских кабельных линий 0,4 кВ……59

7.3 Выбор сечения кабельных линий 0,4 кВ ремонтно-механического цеха …... 62

8 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ 66

8.1 Расчёт токов КЗ в электроустановках, напряжением выше 1 кВ…….....66

8.2 Расчёт токов КЗ в электроустановках, напряжением ниже 1кВ 72

8.3 Проверка кабельных линий W1,W2 на термическую стойкость..... 74

9 ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ 75

9.1 Условие выбора силовых выключателей 75

9.2 Выбор оборудования ГПП 76

9.3 Выбор оборудования трансформаторной подстанции 78

9.4 Выбор трансформаторов собственных нужд 80

10 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА 81

10.1 Проектирование схемы цеховой сети 81

10.2 Расчет электрических нагрузок схемы электроснабжения цеха 81

10.3 Выбор распределительных шкафов 81

10.4 Выбор коммутационной аппаратуры 82

10.5 Выбор электромагнитных пускателей (контакторов) 85

10.6 Выбор сечений проводов и жил кабелей 88

10.7 Разработка системы освещения 88

10.7.1 Общие сведения…… ….... 88

10.7.2 Светотехнический расчет…….....89

10.7.3 Расчет освещенности методом коэффициента использования…….91

ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….....94

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……...97

ВВЕДЕНИЕ

Особенностью промышленного предприятия как потребителя электроэнергии является то, что для осуществления технологического процесса используется большое число разнообразных электроприемников различных мощностей и номинальных напряжений, однофазного и трехфазного переменного тока различной частоты, а также электроприемников постоянного тока. В настоящее время системы электроснабжения промышленных предприятий переходят на новое оборудование отечественного и импортного производства.

Современное электрооборудование имеет меньшее энергопотребление и вместе с тем, в некоторых случаях, увеличиваются требования к системе его электроснабжения.

Любая система электроснабжения включает в себя включает сети напряжения до 1 кВ и выше 1 кВ, связанные между собой трансформаторными подстанциями. Электроснабжение предприятий принято делить на внешнее и внутреннее. В систему внутреннего электроснабжения входит комплекс электротехнических сооружений от точки присоединения к энергосистеме до пункта приема электроэнергии предприятия: главной понизительной подстанции или центрального распределительного пункта. Система внутреннего электроснабжения — это комплекс сетей и подстанций, расположенных на территории предприятия. Внутреннее электроснабжение содержит сети с достаточно сложными схемами и развитой конфигурацией.

Системы электроснабжения, обеспечивающие электрической энергией промышленные объекты, оказывают существенное влияние на работу

электроприводов, осветительных, преобразовательных и электротехнологических установок и, в конечном счете, на производственный процесс в целом.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, необходимо использовать различные методы расчетов электрических нагрузок, и в соответствии с методическими указаниями, выбираться качественное электрооборудование.

Наиболее важным вопросами в проекте электроснабжения следует относить информацию следующего характера:

место расположения точки присоединения (место ГПП, РП) к подводящему электрооборудованию или к подводящей линии электропередачи; основные

характеристики вводного электрооборудования, установленного

в точке присоединения (параметры номинального тока, напряжения и т. д.);

основные характеристики внутризаводских силовых кабелей;

электротехнические характеристики защитных устройств, через которые будет осуществляться подключение электричества к какому-либо объекту (электроустановке); расчетная потребляемая мощность, а также максимально запланированная (потенциальная) мощность системы электроснабжения промышленного предприятия.

Надежное и экономичное электроснабжение электроприемников

электрической энергией требуемого качества — необходимое условие нормального функционирования любого промышленного предприятия. В связи с этим специалисты в области электроснабжения должны иметь глубокие знания целого комплекса вопросов проектирования электроустановок промышленных объектов. Знать основы проектирования весьма важно, так как именно в проекте формируется структура системы электроснабжения и закладываются основные свойства, определяющие ее технические, эксплуатационные и экономические показатели.

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ГПП – главная понизительная подстанция

ЦТП – цеховая трансформаторная подстанция

ПРА – пускорегулирующая аппаратура

ЛЛ - люминесцентная лампа LED

– светодиодный светильник

ЦЭН – центр электрических нагрузок

ТМГ – Т – трансформатор, М – масляный, Г – герметичный

ТП – трансформаторная подстанция

ПЭЭ – потребители электрической энергии

БСК – батарея статических конденсаторов

АПвП – А – алюминиевая токопроводящая жила, Пв – изоляция жил из сшитого полиэтилена, П – оболочка из шитого полиэтилена СП – силовой пункт

МТЗ – максимальная токовая защита

АВР – автоматический ввод резерва

АПВ – автоматическое повторное включение

КРУ – комплектное распределительное устройство

ТСН – трансформатор собственных нужд

ТСЗ – Т – трехфазный, С – сухой, З – в защищенном исполнении ТТ – трансформатор тока

ТН – трансформатор напряжения

ОПН – ограничитель перенапряжений РУ – распределительное устройство

РПН – регулирование под напряжением

ПБВ – переключение без возбуждения

1 ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ

1.1 Характеристика предприятия

Объектом электроснабжения является Челябинский машиностроительный завод.

Завод располагается по адресу Челябинская область, г. Челябинск, ул. Промышленная, д. 6

Производство основано для обеспечения нужд и потребностей предприятий горно-добывающей отрасли в запасных и быстро-изнашиваемых частях к горношахтной технике основного назначения, таким как Электровозы шахтные, Машины погрузочные, Шахтные вагонетки. Такая техника является стратегически важным оборудованием, которое выполняет одну из основных функций в добывающей отрасли – откатка руды. И эксплуатация их происходит в тяжелых условиях, агрессивная среда, высокий уровень загрязнения по пыли и газу увеличивает износ оборудования в разы. В связи с чем, потребность в высококачественных, надежных запасных частях и комплектующих высокая.

Проектируемый завод имеет полный цикл производства выпускаемой продукции, цеха оснащенные современным импортным и отечественным оборудованием, что позволяет осуществлять дополнительные виды деятельности на предприятии.

Технологический процесс данного завода, следующий:

основное производство –электровозы шахтные, машины погрузочные, шахтные вагонетки. Производство двигателей , литье деталей из металла (корпусов и вспомогательных деталей), отливка заготовок из метала, штамповка и последующая сборка готовых изделий, изготовление и ремонт различных приспособлений (как правило, это режущие, измерительные, вспомогательные, станочные, сборочные и другие приборы и агрегаты).

вспомогательное производство - хранение и транспортировка готовой

продукции, работа с заказчиком и торговля продукцией.

Электроприемники предприятий относятся в основном ко II и III категориям в отношении надежности электроснабжения.

Основные электроприемники предприятия — это низковольтные асинхронные электродвигатели приводов различного технического оборудования, литейные машины и установки. Высоковольтные электроприемники 6 (10) кВ на заводе отсутствуют.

По безопасности и экологичности данный завод не производит практически никаких специфических выбросов. Внутри производственных помещений нет опасных для здоровья человека паров и газов.

Средняя температура воздуха летом + 20 ºС, зимой - 15 ºС. Основное оборудование завода выбрано для умеренного климата.

Район по гололеду - 2. Район по скоростному напору ветра - 1.

1.2 Перечень цехов и производственных площадей завода

1) Генеральный план машиностроительного завода.
2) Мощность системы питания 750 МВ·А.
3) Питание предприятия может осуществляется от ближайщей подстанции (ПС) энергосистемы на напряжение 110/35/10 кВ.
4) Расстояние от источника питания до завода 2,0 км.
5) Сведения об электрических нагрузках машиностроительного завода

приведены в таблице 1.1.

Значение *tgφ* на шинах НН (ВН) должно быть не более 0,38.

Таблица 1.1 – Ведомость электрических нагрузок машиностроительного завода

№	Наименование цеха	Производственная площадь, м^2	$P_{уст,}$ к Вт	Кс	cos
1	Главный корпус (пресса)	1528	5080	0,9	0,9
2	Инструментальный цех	1232	2520	0,6	0,85
3	Механический цех №1	2150	3850	0,7	0,8
4	Насосная №1	1800	2760	0,8	0,9
5	Компрессорная	1480	1500	0,75	0,7
6	Кузнечный цех	1760	4340	0,8	0,9
7	Термический цех №1	1442	2450	0,8	0,75

8	Проходная	660	20	0,3	0,7
9	Столовая	1320	310	0,5	0,9
10	Лаборатории (ЦЗЛ)	800	3260	0,75	0,8
11	Административный корпус	342	580	0,5	0,7
12	Материальный склад	2168	270	0,3	0,75
13	Ремонтно-механический цех	1486	700	0.5	0,8
14	Механический цех №2	1644	3730	0,85	0,9
15	Испытательная станция	3100	2800	0,5	0,75
16	Термический цех №2	1330	2650	0,8	0,7
17	Склад готовой продукции	4600	290	0,3	0,75
18	Цех окраски	2120	2200	0,5	0,8
19	Сборочный цех	2360	2700	0,8	0.8
20	Насосная №2	2400	3230	0,85	0,9

1.3 Классификация потребителей электроэнергии по категории надежности электроснабжения

Качество электрической энергии обеспечивается совместными действиями субъектов электроэнергетики, обеспечивающих снабжение электрической энергией потребителей, в том числе гарантирующих поставщиков, энергосбытовых организаций, энергоснабжающих организаций, сетевых организаций, системного оператора и иных субъектов оперативно-диспетчерского управления, а также производителей (поставщиков) электрической энергии во исполнение своих обязательств по договорам на оптовом и розничных рынках электрической энергии. Указанные субъекты отвечают перед потребителями за неисполнение или ненадлежащее исполнение обязательств по соответствующим договорам, в том числе за надежность снабжения их электрической энергией и ее качество в соответствии с техническими регламентами и иными обязательными требованиями.

В договорах оказания услуг по передаче электрической энергии и энергоснабжения определяется категория надежности снабжения потребителя электрической энергией (далее - категория надежности), обусловливающая содержание обязательств по обеспечению надежности снабжения электрической энергией соответствующего потребителя.

Первой категорией надежности предусматривается необходимость обеспечения беспрерывного режима работы энергопринимающих устройств, перерыв снабжения электрической энергией которых может повлечь угрозу

жизни и здоровью людей, угрозу безопасности государства, значительный материальный ущерб.

Условиями второй категории надежности предусматривается необходимость обеспечения надежного функционирования энергопринимающих устройств, перерыв снабжения электрической энергией которых приводит к недопустимым нарушениям технологических процессов производства.

Энергоснабжение потребителей, не отнесенных к первой или второй категориям надежности, осуществляется по третьей категории надежности.

Для первой и второй категорий надежности допустимое число часов отключения в год и сроки восстановления энергоснабжения определяются сторонами в зависимости от конкретных параметров схемы электроснабжения, наличия резервных источников питания и особенностей технологического процесса потребителя, но не могут быть более соответствующих величин, предусмотренных для третьей категории надежности.

Для третьей категории надежности допустимое число часов отключения в год составляет 72 часа, но не более 24 часов подряд, включая срок восстановления энергоснабжения, за исключением случаев, когда для производства ремонта объектов электросетевого хозяйства необходимы более длительные сроки, согласованные с федеральным органом исполнительной власти по государственному энергетическому надзору.

Резервный источник снабжения электрической энергией в случае, если условием договора о первой или второй категории надежности предусмотрено его наличие, устанавливается потребителем и поддерживается в состоянии

готовности к использованию при возникновении отключений или введении ограничения потребления электрической энергии. В случае невыполнения потребителем указанного требования резервный источник снабжения электрической энергией устанавливается и обслуживается сетевой организацией за счет соответствующего потребителя, а в случае возникновения отключений подачи электрической энергии вследствие повреждения оборудования, в том числе в результате стихийных бедствий, а также вследствие необходимости отключения подачи электрической энергии с целью устранения угрозы жизни и здоровью людей (далее - внерегламентные отключения) до установки такого резервного источника сетевая организация не несет ответственности за нарушение условия о категории надежности по договору.

При проектировании систем электроснабжения промышленных предприятий в первую очередь следует определить характеристику окружающей среды, оказывающую существенное влияние на конструктивное выполнение и расположение электрооборудования.

В таблицу 1.2 сведена ведомость электрических нагрузок завода и категории потребителей.

Таблица 1.2 - Ведомость электрических нагрузок завода и категории потребителей

№ п.п	Наименование цеха	Установленная мощность	Категория потребителя по	Окружающая среда

			надеж эл.сн.	
1	2	3	4	5
1	Главный корпус (пресса)	5080	II	Нормальная
2	Инструментальный цех	2520	II	Нормальная
3	Механический цех №1	3850	II	Нормальная
4	Насосная №1	2760	I	Нормальная
5	Компрессорная	1500	II	Нормальная
6	Кузнечный цех	4340	II	Нормальная
7	Термический цех №1	2450	II	Нормальная
8	Проходная	20	III	Нормальная
9	Столовая	310	III	Нормальная
10	Лаборатории (ЦЗЛ)	3260	II	Нормальная
11	Административный корпус	580	III	Нормальная
12	Материальный склад	270	III	Нормальная
13	Ремонтно-механический цех	700	II	Нормальная
14	Механический цех №2	3730	II	Нормальная
15	Испытательная станция	2800	II	Нормальная
16	Термический цех №2	2650	II	Нормальная
17	Склад готовой продукции	290	III	Нормальная
18	Цех окраски	2200	II	Нормальная
19	Сборочный цех	2700	II	Нормальная
20	Насосная №2	3230	I	Нормальная

Согласно таблице 1.2 проектируемый машиностроительный завод относится к потребителям второй категории по надежности электроснабжения.

1.4 Общая характеристика ремонтно-механического цеха

Цех предназначен для производства запасных деталей и подсобного производства для собственных нужд предприятия. В цехе имеется станочное отделение, в котором установлено следующее оборудование: краны мостовые, зубофрезерные, токарные, сверлильные, шлифовальные, расточные станки, сварочные агрегаты. Также предусматриваются помещения под РУ-0,4кВ, вентиляционную, помещения для бытовых нужд, выделена площадь под инвентарную комнату.

Количество рабочих смен – 2. Потребители цеха имеют категорию надежности по ПУЭ – 3.

По условиям микроклимата помещение цеха относится к разряду нормальных, следовательно, осветительные установки должны иметь степень защиты IP20.

Напряжение питающей сети проектируемого цеха 380/220 В переменного тока частотой 50 Гц. Нейтраль питающего трансформатора глухозаземленная. Система заземления цеха принята по схеме *TN-C-S*.

Установленная мощность электрооборудования - 193 кВт. Перечень электрооборудования представлен в таблице 1.3.

По категории надежности часть приёмников цеха литья пластмассовых изделий относится потребителями II категории - 80%, все остальные - потребители ко III категории по надежности электроснабжения.

Подробное расположение технологического оборудования ремонтно-механического цеха представлено на чертеже 3 в графической части ВКР и рисунке
1.2.

Выполнение электрических сетей цеха предусмотрено кабелями марки ВВГнг(А)LS по стенам на кабельных конструкциях - стойках, полках, лотках или скрыто в бетонном полу в штробах.

В РУ-0,4 кВ и на территории цеха установлен контур заземления.

Для распределения электроэнергии проектом предусмотрена установка силовых распределительных шкафов ПР с автоматическими выключателями на отходящих кабельных линиях.

Во всех помещениях цеха принято рабочее освещение на напряжение 220 В. Сети освещения цеха - трехпроводные (фаза, нулевой рабочий и нулевой защитный проводник) с силовым кабелем с медными жилами с изоляцией и оболочкой из ПВХ композиций пониженной пожароопасности низким дымо- и газовыделением ВВГнг-LS.

Размеры цеха А х Б х В = 28 х 54 х 6 м.

Таблицы 1.3 - Перечень электрооборудования ремонтно-механического цеха

№ п.п.	Наименование групп электроприёмников	*Рн*, кВт	*n*	ПВ	*ku*	*cosφ*	*tgφ*
1	Сварочные агрегаты	15,0	5	1	0,25	0,65	1,17

2	Вентилятор	55,0	2	1	0,65	0,8	0,75
3	Сверлильные станки	4,0	3	1	0,14	0,5	1,73
4	Заточные станки	4,5	4	1	0,14	0,5	1,73
5	Шлифовальные станки	19,5	6	1	0,2	0,65	1,17
6	Фрезерные станки	13,0	4	1	0,14	0,5	1,73
7	Расточные станки	12,0	4	1	0,14	0,5	1,73
8	Краны мостовые	38,0	2	1	0,35	0,5	1,73
9	Зубофрезерные станки	20,0	6	1	0,2	0,65	1,17
10	Токарные автоматы	12,0	6	1	0,17	0,65	1,17
Итого		193,0	42				

Цех состоит из следующих отделений: Коридор; РУ-0,4 кВ; Инвентарная; Бытовка; Мастерская; Санузел.

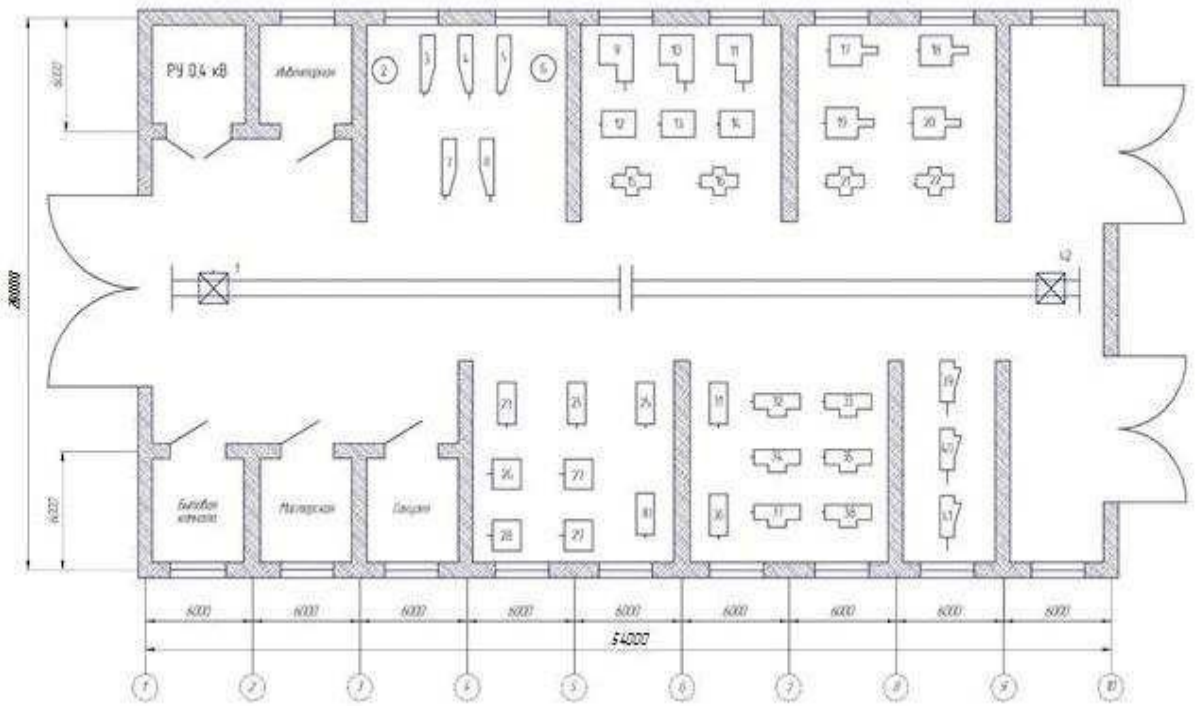


Рисунок 1.2 – План расположения электроустановок ремонтно-механического цеха

2 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЗАВОДА

2.1 Постановка задачи

Первым этапом проектирования системы электроснабжения является определение электрических нагрузок. По значению электрических нагрузок выбирают и проектируют электрооборудование системы электроснабжения, определяют потери мощности и электроэнергии. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты на систему электроснабжения, эксплуатационные расходы, надежная работа электрооборудования. При проектировании системы электроснабжения или анализе режимов ее работы потребители электроэнергии (отдельный приемник электроэнергии, группа приемников, цех или завод в целом) рассматривают в качестве нагрузок. Различают следующие виды нагрузок: активную мощность *P* (кВт), реактивную мощность *Q* (кВАр), полную мощность *S* (кВА).

Существует несколько методов определения нагрузок предприятия:

- по установленной мощности и коэффициенту спроса применяется на предварительном этапе проектирования;
- по средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузок — определяет, с достаточной точностью, нагрузки на всех уровнях системы электроснабжения при наличии графика нагрузки
- по средней мощности и коэффициенту максимума (метод упорядоченных диаграмм показателей графиков нагрузок) наиболее точен и применяется для расчета нагрузок на всех ступенях системы электроснабжения,

но при условии наличия данных о каждом приемнике узла.

Исходя из того, что шаг сечений мощностей силовых трансформаторов намного больше, чем ошибка в расчетах и наличия исходных данных применим метод определения нагрузок по установленной мощности и коэффициенту спроса.

Расчетная нагрузка цехов определяется методом коэффициента спроса, из выражений 2.1-2.3:

$$!_p = K_c \cdot !_н \quad (2.1)$$

$$',, = P_p \cdot () \quad (2.2)$$

где #$ - коэффициент спроса данной группы электроприемников, принимается из таблицы 1.1;

() - соответствует характерному для данной группы электроприемников, определенному *cosφ* из таблицы 1.1.

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + ',^2},, \quad (2.3)$$

2.2 Расчет силовых нагрузок

Произведем расчет силовых электрических нагрузок на примере ремонтно-механического цеха :

$$!_p = 750 \cdot 0{,}5 = 375{,}00 \text{ кВт}$$

$$\text{,}_{\text{„}} = 375{,}00 \cdot 0{,}75 = 281{,}25 \text{ кВАр}$$

$$+ \quad S_p = \sqrt{375{,}00^2} \qquad 281{,}25\ 2 = 468{,}75 \text{ кВА}$$

Аналогично проведён расчет для остальных цехов завода. Результаты расчётов в целом по объекту электроснабжения отражаются в сводной таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Расчет силовых электрических нагрузок

№	Наименование групп электроприёмников	$P_н$, кВт	k_c	cosφ	*tgφ*	$P_р$, кВт	$Q_р$, кВАр	$S_р$, кВА
Исходные данные						Расчетные данные		
1	Главный корпус (пресса)	5080	0,9	0,9	0,48	4572,00	2194,56	5071,71
2	Инструментальный цех	2520	0,6	0,85	0,62	1512,00	937,44	1779,03
3	Механический цех №1	3850	0,7	0,8	0,75	2695,00	2021,25	3368,75
4	Насосная №1	2760	0,8	0,9	0,48	2208,00	1059,84	2449,19
5	Компрессорная	1500	0,75	0,7	1,02	1125,00	1147,50	1606,98

6	Кузнечный цех	4340	0,8	0,9	0,48	3472,00	1666,56	3851,26
7	Термический цех №1	2450	0,8	0,75	0,88	1960,00	1724,80	2610,85
8	Проходная	20	0,3	0,7	1,02	6,00	6,12	8,57
9	Столовая	310	0,5	0,9	0,48	155,00	74,40	171,93
10	Лаборатории (ЦЗЛ)	3260	0,75	0,8	0,75	2445,00	1833,75	3056,25
11	Административный корпус	580	0,5	0,7	1,02	290,00	295,80	414,24
12	Материальный склад	270	0,3	0,75	0,88	81,00	71,28	72,41
13	Ремонтно-механический цех	700	0.5	0,8	0,75	375,00	281,25	468,75
14	Механический цех №2	3730	0,85	0,9	0,48	3170,50	1521,84	3516,83
15	Испытательная станция	2800	0,5	0,75	0,88	1400,00	1232,00	1864,89
16	Термический цех №2	2650	0,8	0,7	1,02	2120,00	2162,40	3028,26
17	Склад готовой продукции	290	0,3	0,75	0,88	87,00	76,56	115,89
18	Цех окраски	2200	0,5	0,8	0,75	1100,00	825,00	1375,00
19	Сборочный цех	2700	0,8	0.8	0,75	2160,00	1620,00	2700,00
20	Насосная №2	3230	0,85	0,9	0,48	2745,50	1317,84	3045,40
Итого		45240.00				33679,00	22070,19	40576,19

2.3 Расчет силовых нагрузок ремонтно-механического цеха

При расчете электрических нагрузок ремонтно-механического цеха используются следующие формулы:

$$!_{p.i} = n \cdot K_c \cdot P_н \cdot \sqrt{ПВ} \quad (2.5)$$

$$’″.< = !″ \cdot () \quad (2.6)$$

$$*_{″} = \sqrt{!^2 + ’^2} \quad (2.7)$$

где $P_{p.i}$ –установленная мощность *i*-й группы электроприёмников, кВт; $k_{c.}$ – коэффициент спроса *i*-й группы электроприёмников; φ – усреднённый угол фазового сдвига между напряжением и током для электроприёмников *i*-й группы.

В таблице 2.2 показан расчет электрических нагрузок для электроприемников, расположенных в ремонтно-механическом цехе (смотрим таблицу 1.3).

Расчет производим для термопластавтомата серии Haitian MARS IIs MA2000 позиция на плане №1-6.

$$!_{″.<} = 1 \bullet 15 \bullet 0{,}25 \bullet \sqrt{1} = 3{,}75 \text{ кВт}$$

$$’_{″.<} = 3{,}75 \bullet 1{,}17 = 4{,}39 \text{ кВАр}$$

$$*_{″} = \sqrt{3{,}75^2 + 4{,}39^2} = 5{,}78 \text{ кВА}$$

Аналогично проведён расчет для остального электрооборудования. Результаты расчётов в целом по объекту электроснабжения отражаются в сводной таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Расчет силовых электрических нагрузок 0,4 кВ ремонтно-механического цеха.

№ п.п.	Наименование групп электроприёмников	$P_н$, кВт	n	ПВ	k_c	$tg\varphi$	$P_р$, кВт	$Q_р$, кВАр	$S_р$, кВА
Исходные данные							Расчетные данные		
1	Сварочный агрегат	15,0	1	1	0,25	1,17	3,75	4,39	5,78
2	Сварочный агрегат	15,0	1	1	0,25	1,17	3,75	4,39	5,78
3	Сварочный агрегат	15,0	1	1	0,25	1,17	3,75	4,39	5,78
4	Сварочный агрегат	15,0	1	1	0,25	1,17	3,75	4,39	5,78
5	Сварочный агрегат	15,0	1	1	0,25	1,17	3,75	4,39	5,78
6	Вентилятор	55,0	1	1	0,65	0,75	35,75	26,81	44,69
7	Вентилятор	55,0	1	1	0,65	0,75	35,75	26,81	44,69
8	Сверлильный станок	4,0	1	1	0,14	1,73	0,56	0,97	1,12
9	Сверлильный станок	4,0	1	1	0,14	1,73	0,56	0,97	1,12
10	Сверлильный станок	4,0	1	1	0,14	1,73	0,56	0,97	1,12
11	Заточной станок	4,5	1	1	0,14	1,73	0,63	1,09	1,26

12	Заточной станок	4,5	1	1	0,14	1,73	0,63	1,09	1,26
13	Заточной станок	4,5	1	1	0,14	1,73	0,63	1,09	1,26
14	Заточной станок	4,5	1	1	0,14	1,73	0,63	1,09	1,26
15	Шлифовальный станок	19,5	1	1	0,2	1,17	3,90	4,56	6,00
16	Шлифовальный станок	19,5	1	1	0,2	1,17	3,90	4,56	6,00
17	Шлифовальный станок	19,5	1	1	0,2	1,17	3,90	4,56	6,00
18	Шлифовальный станок	19,5	1	1	0,2	1,17	3,90	4,56	6,00
19	Шлифовальный станок	19,5	1	1	0,2	1,17	3,90	4,56	6,00
20	Шлифовальный станок	19,5	1	1	0,2	1,17	3,90	4,56	6,00

Продолжение таблицы 2.2 – Расчет силовых электрических нагрузок 0,4 кВ ремонтно-механического цеха

21	Фрезерный станок	13,0	1	1	0,14	1,73	1,82	3,15	3,64
22	Фрезерный станок	13,0	1	1	0,14	1,73	1,82	3,15	3,64
23	Фрезерный станок	13,0	1	1	0,14	1,73	1,82	3,15	3,64
24	Фрезерный станок	13,0	1	1	0,14	1,73	1,82	3,15	3,64
25	Расточной станок	12,0	1	1	0,14	1,73	1,68	2,91	3,36
26	Расточной станок	12,0	1	1	0,14	1,73	1,68	2,91	3,36
27	Расточной станок	12,0	1	1	0,14	1,73	1,68	2,91	3,36

28	Расточной станок	12,0	1	1	0,14	1,73	1,68	2,91	3,36
29	Кран мостовой	38,0	1	1	0,35	1,73	13,30	23,01	26,58
30	Кран мостовой	38,0	1	1	0,35	1,73	13,30	23,01	26,58
31	Зубофрезерный станок	20,0	1	1	0,2	1,17	4,00	4,68	6,16
32	Зубофрезерный станок	20,0	1	1	0,2	1,17	4,00	4,68	6,16
33	Зубофрезерный станок	20,0	1	1	0,2	1,17	4,00	4,68	6,16
34	Зубофрезерный станок	20,0	1	1	0,2	1,17	4,00	4,68	6,16
35	Зубофрезерный станок	20,0	1	1	0,2	1,17	4,00	4,68	6,16
36	Зубофрезерный станок	20,0	1	1	0,2	1,17	4,00	4,68	6,16
37	Токарный автомат	12,0	1	1	0,17	0,65	2,04	1,33	2,43
38	Токарный автомат	12,0	1	1	0,17	0,65	2,04	1,33	2,43
39	Токарный автомат	12,0			0,17	0,65	2,04	1,33	2,43
40	Токарный автомат	12,0			0,17	0,65	2,04	1,33	2,43
41	Токарный автомат	12,0			0,17	0,65	2,04	1,33	2,43
42	Токарный автомат	12,0			0,17	0,65	2,04	1,33	2,43
Итого							194,69	216,52	296,74

Итого полная расчетная нагрузка ремонтно-механического цеха составила $S_р$ = 296,74 кВА. Расчетные электрические нагрузки ремонтно-механического цеха из таблицы 2.1 и 2.2 отличаются, более достоверной информацией является

расчет, согласно таблице 2.2. При учете полной электрической нагрузки завода используем данные таблицы 2.2.

2.4 Определение осветительной нагрузки

2.4.1 Расчёт нагрузки на электрическое освещение по цехам

На промышленных предприятиях около 5% потребляемой электроэнергии затрачивается на электрическое освещение, с учетом использования современных светодиодных светильников. Правильное выполнение осветительных установок способствует рациональному использованию электроэнергии, улучшению качества выпускаемой продукции, повышению производительности труда, уменьшению количества аварий и случаев травматизма, снижению утомляемости рабочих. Проектирование осветительных установок заключается в разработке светотехнического и электрического разделов проекта.

Расчёт 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 расчётная осветительная нагрузка принимается равной средней мощности освещения за наиболее загруженную смену и определяется по формулам: [12]

$$!_{\prime\prime.o} = \#_{\$.o} \bullet B_o \bullet C \quad (2.8)$$

$$'_{\prime\prime.o} = !_{\prime\prime} \bullet () \quad (2.9)$$

где $\#_{\$.o}$ – коэффициентт спроса по активной мощности осветительной нагрузки; *tgφ* – коэффициентт реактивной мощности, определяется по

cosφ

(паспортное число светильника);

Ppo – установленная мощность приемников освещения по цеху, определяется по удельной осветительной нагрузке на 1м^2 поверхности пола известной производственной площади;

F – площадь производственного помещения, которая определяется по генеральному плану завода, м^2;

B_o – удельная расчётная мощность, кВт/м^2.

Для освещения склада готовой продукции и проходных пунктов используем светодиодные светильники с *cosφ* = 0,9 (*tgφ* = 0,48), для административного корпуса и столовой потолочные встраиваемые светильники LED Армстронг 600х600 с *cosφ* = 0,94 (*tgφ* = 0,38),, для цехов применяем промышленные светодиодные светильники LC PLO profi-L uns с *cosφ* = 0,9 (*tgφ* = 0,48).

Пример расчета освещения проведем для ремонтно- механического цеха:

$$!_{\prime\prime.o} = 14 \bullet 0{,}9 \bullet (1486 \bullet 0{,}001) = 18{,}72 \text{ кВт}$$

$$'_{\prime\prime.o} = 18{,}72 \bullet 0{,}48 = 8{,}99 \text{ кВАр}$$

$$*_{\prime\prime.o} = \sqrt{18{,}72^2 + 8{,}99^2} = 20{,}77 \text{ кВА}$$

Аналогично производим расчеты для остальных помещений. Все расчеты заносим в таблицу 2.3 нагрузка осветительной сети.

$$!_{р.о.} = P_{уд.о.н} \cdot F_{тер} = 1{,}0 \cdot 0{,}85 \cdot (180012 \cdot 0{,}001) = 153{,}01 \text{ кВт}$$

$$'_{р.о.} = P_{р.о.н} \cdot tg\varphi_{о.н} = 153{,}01 \cdot 0{,}48 = 73{,}44 \text{ кВАр}$$

$$*_{р.о.} = \sqrt{!_{р.о.н}^2 + '^2} = \sqrt{153{,}01^2 + 73{,}44^2} + '_{р.о.н} = 169{,}72 \text{ кВА}$$

Полная мощность на освещение территории завода составляет – 169,72 кВА.

Сеть наружного освещения рекомендуется выполнять кабелями или самонесущими изолированными проводами.

Для питания групп наружного освещения применяется кабель СИП 4х70.

2.5 Определение суммарных электрических нагрузок

Определение расчетных электрических нагрузок предприятия необходимо в дальнейшем для выбора числа и мощности трансформаторов, проверки токоведущих частей по нагреву и потере напряжения, а также правильного выбора защитных устройств и компенсирующих установок.

Результаты расчетов нагрузок являются исходными материалами для всего последующего проектирования. Для определения расчетных нагрузок групп приемников необходимо знать установленную мощность (сумма номинальных мощностей всех групп электроприемников группы) и характер технологического процесса.

Суммарная нагрузка цеха определяются сложением силовой нагрузки и осветительной нагрузки по формулам 2.10 - 2.12.

$$\sum !_p = P_{р.с} + !_{р.о} \qquad (2.10)$$

$$\sum Q_p = Q_{p.c} + {}'_{p.o} \quad (2.11)$$

$$\sum S_p = \sqrt{\sum P_p{}^2 + \sum Q_p{}^2} \quad (2.12)$$

В таблице 2.4 приведены параметры и результаты расчёта суммарных мощностей силовых и осветительных нагрузок на стороне 0,4 кВ.

В качестве примера проделан расчёт для ремонтно-механического цеха:

$$\sum !_{\prime\prime} = 194{,}69 + 18{,}72 = 213{,}41 \text{ кВт } \sum '_{\prime\prime} =$$

$$216{,}52 + 8{,}99 = 225{,}51 \text{ кВАр}$$

$$\sum *_{\prime\prime} = \sqrt{213{,}41^2 + 225{,}51^2} = 310{,}48 \text{ кВА}$$

Таблица 2.4 – Суммарная расчетная электрическая нагрузка машиностроительного завода

№ п/п	Наименование цеха	Рн, кВт	kc	Категория эл.снабж	∑*P*р, кВт	∑*Q*р, кВАр	∑*S*р, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8
Исходные данные					Расчетные данные		
1	Главный корпус (пресса)	5080	0,9	II	4599,50	2207,76	5101,92
2	Инструментальный цех	2520	0,6	II	1524,07	943,23	1792,34
3	Механический цех №1	3850	0,7	II	2720,59	2033,53	3396,59
4	Насосная №1	2760	0,8	I	2226,36	1068,65	2469,55
5	Компрессорная	1500	0,75	II	1141,58	1155,46	1624,28
6	Кузнечный цех	4340	0,8	II	3492,94	1676,61	3874,49
7	Термический цех №1	2450	0,8	II	1970,38	1729,78	2621,93
8	Проходная	20	0,3	III	10,75	8,40	13,64

9	Столовая	310	0,5	III	163,98	77,81	181,50
10	Лаборатории (ЦЗЛ)	3260	0,75	II	2453,96	1838,05	3066,00
11	Административный корпус	580	0,5	III	295,54	297,91	419,64
12	Материальный склад	270	0,3	III	94,88	77,94	122,79
13	Ремонтно-механический цех	700	0,5	II	213,41	225,51	310,48
14	Механический цех №2	3730	0,85	II	3191,21	1531,78	3539,80
15	Испытательная станция	2800	0,5	II	1432,55	1247,62	1899,67
16	Термический цех №2	2650	0,8	II	2131,17	2167,76	3039,91
17	Склад готовой продукции	290	0,3	III	120,12	78,46	143,47
18	Цех окраски	2200	0,5	II	1126,71	837,82	1404,07
19	Сборочный цех	2700	0,8	II	2189,74	1634,28	2732,37
20	Насосная №2	3230	0,85	I	2769,98	1329,59	3072,56
-	Освещение территории завода			III	153,01	73,44	169,72
Итого нагрузка		45240.00			34022,43	22241,39	40996,72

В ходе расчета расчетная электрическая нагрузка машиностроительного завода составила 40,996 МВА.

3 ВЫБОР НОМИНАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ВНЕШНЕГО И ВНУТРИЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Напряжения участков электрической сети промышленного предприятия выбираются вследствие технико-экономического сравнения вариантов. При выборе окончательного проектного решения, принимаемого на основе сравнения вариантов, необходимо отдавать предпочтение варианту с более высоким напряжением. В большинстве случаев проектировщик определяет напряжения в

пределах двух ближайших по шкале номинальных значений напряжения, для которых и сравниваются варианты. В ряде случаев исходные данные для проектирования приводят к однозначному выбору номинального напряжения без детальных технико-экономических расчетов.

В питающих и распределительных (межцеховых) сетях небольших и средних предприятий применяются номинальные напряжения 6 и 10 кВ. Как правило, следует применять напряжение 10 кВ как более экономичное. Напряжение 6 кВ используется при преобладании на проектируемом предприятии ЭП с напряжением 6 кВ. В ряде случае электроснабжение ЭП с напряжением 6 кВ осуществляется по питающим линиям напряжением 10 кВ с последующей трансформацией на 6 кВ непосредственно для данных ЭП.
Напряжение 660 В как внутрицеховое целесообразно на тех предприятиях, где по условиям расположения цехового технологического оборудования или окружающей среды нельзя или затруднительно приблизить цеховые трансформаторные подстанции к питаемым ими ЭП. Кроме того, такое напряжение целесообразно на предприятиях с большой удельной плотностью электрических нагрузок, концентрацией мощностей и с большим числом двигателей в диапазоне мощностей 200 - 600 кВт. Наиболее целесообразно сочетание напряжения 660 В с первичным напряжением 10 кВ.

Номинальное напряжение можно предварительно определить по

известным передаваемой мощности *P*, МВт, и длине линии L, км, по формуле А. М. Залесского:

$$L_{ном} = \sqrt{P(100 + 15\sqrt{L})} \quad (3.1)$$

Руководствуясь данными инструкциями, проверим выбранное напряжение питающих линий, используя предложенную формулу.

$$L_{ном} = \sqrt{34{,}022(100 + 15\sqrt{2{,}0})} = 64{,}2 \text{ кВ}$$

Вывод: выбираем ближайшее номинальное напряжение на ступень 110 кВ.

Питание завода осуществляем от ближайшей ПС 110/10 кВ (35/10 кВ, 110/35/10 кВ) с секций шин 10 кВ.

В качестве внутрицехового напряжения для питания ЭП ниже 1 кВ примем напряжение 380 (для питания небольших электродвигателей и осветительных установок 380/220 В).

4 ВЫБОР МЕСТА ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Для создания надежной и экономически обоснованной системы электроснабжения предприятия трансформаторные подстанции, насколько позволяют производственные условия, приближают к центрам нагрузок. Что позволяет сократить протяженность сетей вторичного напряжения, уменьшить потери энергии и отклонения напряжения как следствие уменьшается зона аварий и удешевляется дальнейшее развитие электроснабжения по мере роста производства. РП и другие коммутационные узлы, на которых нет преобразования энергии, выгоднее размещать не в центре, а на границе питаемых ими участков сети таким образом, чтобы не было обратных потоков энергии. При равномерно распределенной нагрузке рекомендуется применять метод, использующий положение теоретической механики и позволяющий определить центр электрической нагрузки предприятия (цеха) [4]. Для этого нужно провести аналогию между массами и электрическими нагрузками, а координаты их центра определить по формулам:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i P_i}{\sum P_i} \qquad Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i P_i}{\sum P_i} \qquad (4.1)$$

i -1 i -1

где X_i , Y_i- геометрические координаты i- го цеха; P_i

- активная мощность нагрузки i- го цеха;

Определим центр электрических нагрузок. Для этого на генплан наносим координаты центров электрических нагрузок каждого цеха (смотрим рисунок 4.1) масштаб генплана m=0,5 кВА/мм^2. Определим радиус окружностей активных нагрузок, исходя из масштаба генплана.

Радиусы окружностей картограммы определяются по формуле:

$$O^i = \sqrt{\ } \qquad !p.< \qquad (4.3)$$

P•Q

где m – масштаб, на основании которого строятся круговые диаграммы нагрузок структурных подразделений, например, цехов (обычно для нагрузки 0,4 и 10 кВ принимается значения m=5,0 кВА/мм^2).

Таблица 4.1 – Определение месторасположения ЦЭН

№ п/п	Наименование цеха	Pp, кВт	X, м	Y, м	P·X	P·Y	ri мм
1	Главный корпус (пресса)	4599,50	357	247	1642021,50	1136076,50	17,12
2	Инструментальный цех	1524,07	194	197	295669,58	300241,79	9,85
3	Механический цех №1	2720,59	314	255	854265,26	693750,45	13,16
4	Насосная №1	2226,36	90	351	200372,40	781452,36	11,91
5	Компрессорная	1141,58	469	199	535401,02	227174,42	8,53
6	Кузнечный цех	3492,94	416	117	1453063,04	408673,98	14,92

7	Термический цех №1	1970,38	364	346	717218,32	681751,48	11,20
8	Проходная	10,75	148	162	1591,00	1741,50	0,83
9	Столовая	163,98	456	337	74774,88	55261,26	3,23
10	Лаборатории (ЦЗЛ)	2453,96	244	238	598766,24	584042,48	12,50
11	Административный корпус	295,54	472	264	139494,88	78022,56	4,34
12	Материальный склад	94,88	261	105	24763,68	9962,40	2,46
13	Ремонтно-механический цех	213,41	357	199	76187,37	42468,59	3,69
14	Механический цех №1	3191,21	168	358	536123,28	1142453,18	14,26
15	Испытательная станция	1432,55	150	285	214882,50	408276,75	9,55
16	Термический цех №2	2131,17	203	362	432627,51	771483,54	11,65
17	Склад готовой продукции	120,12	76	224	9129,12	31711,68	2,77
18	Цех окраски	1126,71	211	307	237735,81	345899,97	8,47
19	Сборочный цех	2189,74	314	205	687578,36	448896,70	11,81
20	Насосная №2	2769,98	291	350	806064,18	969493,00	13,28
Итого		33869,42			9537729,93	9118834,59	

X_0 = 9537729,93/ 33869,42= 281,60 м

Y_0 = 9118834,59/ 33869,42= 269,24 м

По расчетным данным центр нагрузок предприятия находится вблизи механического цеха №1, поэтому подстанцию смещаем ниже. Новые координаты центра ГПП: X_0 = 252,63 м; Y_0 = 168,63 м (смотри рисунок 4.1). В качестве пункта приема и распределения электрической энергии применяем КСО 10 кВ. ТП 10/0,4 кВ расположена в ремонтно-механическом цехе в специально отведенном помещении (на оси Ех 2). Все остальные цеха получают питание от ТП 10/0,4 кВ кабельными линиями 0,4 кВ.

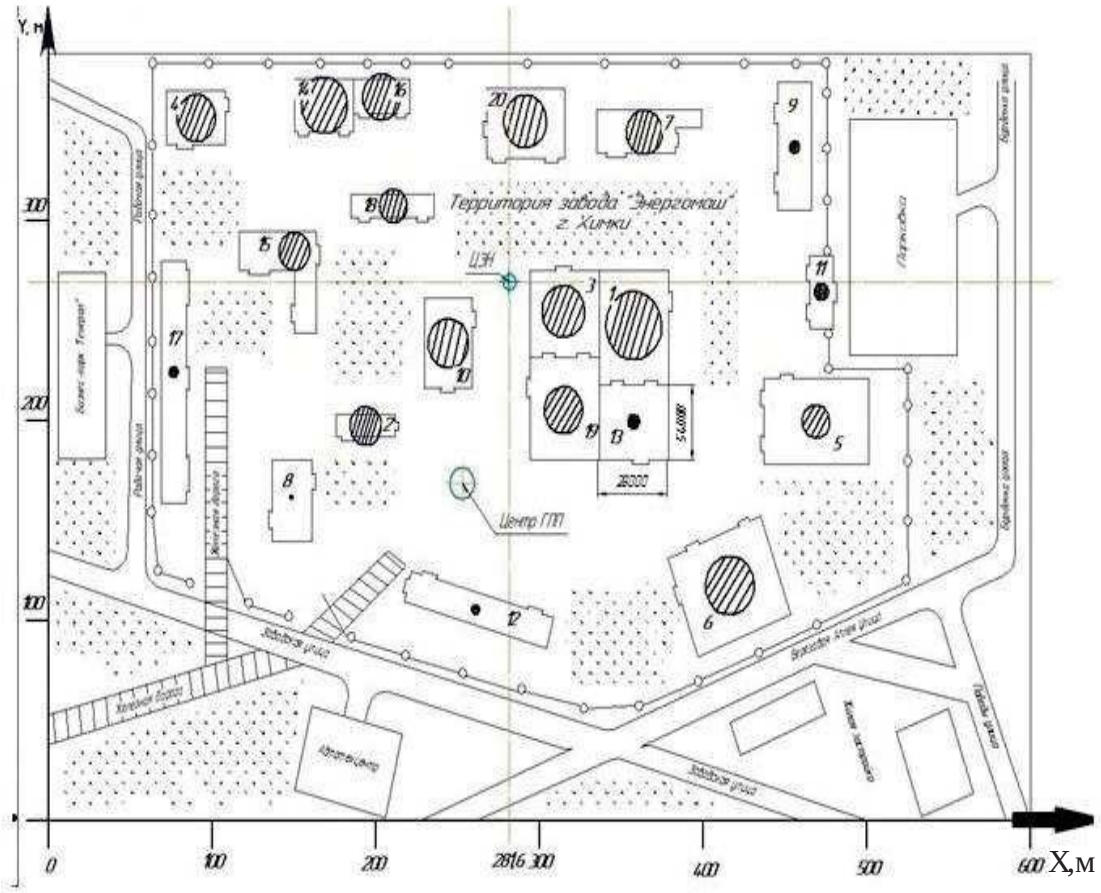


Рисунок 4.1 – Место расположение центра электрических нагрузок завода

5 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЗАВОДА

5.1 Общие сведения

Выбор трансформаторов является важным этапом проектирования. Мощность трансформаторов цеховых ТП зависит от величины нагрузки электроприёмников и их категории надежности электроснабжения. При одной и той же равномерно распределенной нагрузке с увеличением площади цеха должна уменьшаться единичная мощность трансформаторов. Так, в цехе, занимающем значительную площадь, установка трансформаторов заведомо большой единичной мощности увеличивает длину питающих линий цеховой сети и потери электроэнергии в них.

В системах электроснабжения промышленных потребителей для реализации РУ НН применяются автоматы, исключающие возможность неполнофазных режимов, по сравнению с использованием предохранителей.

Типы силовых трансформаторов для ТП 110/10 кВ:

ТМ (ТМН); ТД (ТДН); ТРДН.

Типы силовых трансформаторов для ТП 10/0,4 кВ:

ТМ (ТМЗ); ТС (ТСЗ); ТНЗ.

Наиболее массовые трансформаторы – масляные. Для наружной установки всегда применяются масляные трансформаторы, для внутренней – сухие или масляные, если установка последних не противоречит требованиям ПУЭ.

5.2 Определение числа и мощности трансформаторов ГПП.

ГПП принимаем выполнять двухтрансформаторной. Мощность трансформаторов определяется активной нагрузкой предприятия и реактивной мощностью, передаваемой системой в часы максимума нагрузки. Мощность трансформатора выбирается такой, чтобы пи выходе из работы одного из них второй воспринял основную нагрузку предприятия с учетом допускаемой перегрузки в послеаварийном режиме и возможного временного отключения потребителей III категории. В соответствии с существующей практикой проектирования номинальную мощность трансформаторов ГПП следует выбирать из условий перегрузки в послеаварийном режиме до 60-70% на время максимума продолжительностью не более 6 часов в течение не более 5 суток, т. е. по условию (3.1 [1]):

Для каждой технологически концентрированной группы трансформаторов одинаковой мощности минимальное их число, необходимое для питания наибольшей расчетной нагрузки определяется по выражению:

$$n_{\text{т}} \geq \frac{S_{\text{р}}}{k_{\text{з}} \cdot S}$$

$$= \frac{}{} \quad (5.1)\ к \quad т.ном$$

где $к_з$ - коэффициент загрузки трансформаторов (принимаем 0,8); $S_{т.ном}$ - принятая номинальная мощность трансформаторов, кВА.

Выбор номинальной мощности трансформатора производится с учетом его перегрузочной способности:

$$S_{тр} \geq S_{р.ц.} \quad (5.2)$$

Коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме работы (в работе оба трансформатора):

$$K_{з.н} = \frac{S_{р}}{n \cdot S_{тр}} \quad (5.3)$$

Коэффициент загрузки трансформатора в аварийном режиме (в работе один трансформатор)

$$K_{з.а} = \frac{*_{р}}{*_{т.ном.}} \quad (5.4)$$

Выбор единичной мощности трансформатора

$$S_{тр} = \frac{40996,72}{0,8 \cdot 2} = 25622,95 \text{ кВА}$$

Выбираем ГПП с трансформаторами со стандартным значением

номинальной мощности $S_{т.ном.}$ = 25 МВА. В результате фактический коэффициент загрузки трансформатора принимает допустимое по ПУЭ значение.

$$К_{з.н} = \frac{25622,95}{2 \cdot 25000} = 0,51 \text{ о. е.}$$

$$К_{з.а} = \frac{25622,95}{25000} = 1,02 < 1,4 \text{ о.е.}$$

Выбираем трансформаторы ТРДН-25000/110/10 – трансформатор трехфазный с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла, с устройством регулирования напряжения под нагрузкой (РПН).

Согласно потребителям второй категории используется двухтрансформаторная ТП.

Тип ГПП: ГПП-110-III-У-2 х 25000 Б2.

Таблица 5.2 - Технические характеристики трансформаторов типа ТДН25000

Номинальная мощность	Номинальное напряжение, кВ		Потери, кВт		Iхх, %	$U_{К.З}$, %	Схема и группа соединения обмоток
	ВН	НН	х.х	к.з			
ТДН-25000/110	115	6,3	27	120	0,7	10,5	D/Yн-11

5.3 Определение числа и мощности цеховых трансформаторов.

В соответствии с ПУЭ изд. 7 [8] значения коэффициентов загрузки трансформаторов выбираются следующими: 0,65 – 0,7 - при преобладании нагрузки III категорий; 0,75 – 0,85 - при преобладании нагрузки II и III категорий; 0,9 – 0,95 - для однотрансформаторных подстанций потребителей III категория.

Полученное значение числа трансформаторов округляется до ближайшего целого числа и определяется фактический коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме работы:

Выбор номинальной мощности трансформаторов производится с учетом допустимой перегрузки в послеаварийном режиме до 150%. Исходя из условий взаимного резервирования, целесообразно устанавливать двух трансформаторные ТП, чтобы при выходе из строя одного трансформатора ТП второй трансформатор отдельно или с трансформаторами соседних ТП, резервируемых по линии НН, работая некоторое время с перегрузкой смог(ли) пропустить всю мощность необходимую потребителю.

Выбор цеховых ТП сводится к решению нескольких задач:

1. Выбор единичной мощности трансформатора.
2. Выбор общего числа трансформаторов (оптимального).
3. Выбор числа трансформаторов на каждой подстанции.
4. Выбор местоположения.

Оптимальная мощность трансформатора цеховой ТП:

$$*_o = \frac{*_p}{Кз \cdot >_{тр}} \qquad (5.5)$$

Фактический коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме:

$$K_{з.ф} = \frac{*_{p\Sigma}}{*_{т.ном.} \cdot >_{тр}} \quad (5.6)$$

где S_{pS} – суммарная расчетная мощность цехов, питающихся от данной ТП, кВА;

$S_{номТ,}$ – номинальная мощность одного трансформатора ТП, кВА.

Для механического цеха №1:

$$*_{о} = \frac{3396,59}{0,8 \cdot 2} = 194.05 \text{ кВА}$$

Выбираем 2 трансформатора мощностью по 2500 кВА.

$$K_{з.ф} = \frac{3396,59}{2500 \cdot 2} = 0,68 \text{ о.е.}$$

$$K_{з.ф} = \frac{3396,59}{2500} = 1,36 \text{ о.е.}$$

Для остальных ТП результаты сведем в таблицу 5.3

Таблица 5.3 - Расчётное количество и мощность цеховых трансформаторов

№ цеха	Наименование цехов	катег. потр.	Кз.т	Sтр.р, кВА	*о, кВА	Sт, кВА	nтр	Кзф	Кав
1	Главный корпус (пресса)	II	0,8	5101,92	3188,70	4000	2	0,64	1,28
2	Инструментальный цех	II	0,8	1792,34	1120,21	1600	2	0,56	1,12

3	Механический цех №1	II	0,8	3396,59	2122,87	2500	2	0,68	1,36
4	Насосная №1	I	0,7	2469,55	1763,96	2500	2	0,49	1,00
5	Компрессорная	II	0,8	1624,28	1015,18	1600	2	0,51	1,02
6	Кузнечный цех	II	0,8	3874,49	2421,56	2500	2	0,77	1,55
7	Термический цех №1	II	0,8	2621,93	1638,71	2500	2	0,52	1,05
8	Проходная	III	0,9	13,64	Питается от другого цеха				
9	Столовая	III	0,9	181,50	Питается от другого цеха				
10	Лаборатории (ЦЗЛ)	II	0,8	3066,00	1916,25	2500	2	0,61	1,23
11	Административный корпус	III	0,9	419,64	Питается от другого цеха				
12	Материальный склад	III	0,9	122,79	Питается от другого цеха				
13	Ремонтно-механический цех	II	0,8	310,48	Питается от другого цеха				
14	Механический цех №2	II	0,8	3539,80	2212,38	2500	2	0,71	1,42
15	Испытательная станция	II	0,8	1899,67	1187,29	1600	2	0,59	1,19
16	Термический цех №2	II	0,8	3039,91	1899,94	2500	2	0,61	1,22
17	Склад готовой продукции	III	0,9	143,47	Питается от другого цеха				
18	Цех окраски	II	0,8	1404,07	877,54	1000	2	0,70	1,40
19	Сборочный цех	II	0,8	2732,37	1707,73	2500	2	0,55	1,09
20	Насосная №2	I	0,7	3072,56	1920,35	2500	2	0,61	1,23

Поскольку имеется резерв мощности в основных цехах, а установка трансформаторов во вспомогательных цехах повлечет дополнительные капитальные вложения на их покупку и приведёт к увеличению складского резерва, питание цехов и корпусов с малой нагрузкой производим от шин 0,4 кВ ТП основных цехов.

Выбор числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций с учетом распределения нагрузки между цехами сводим в таблицу 5.4

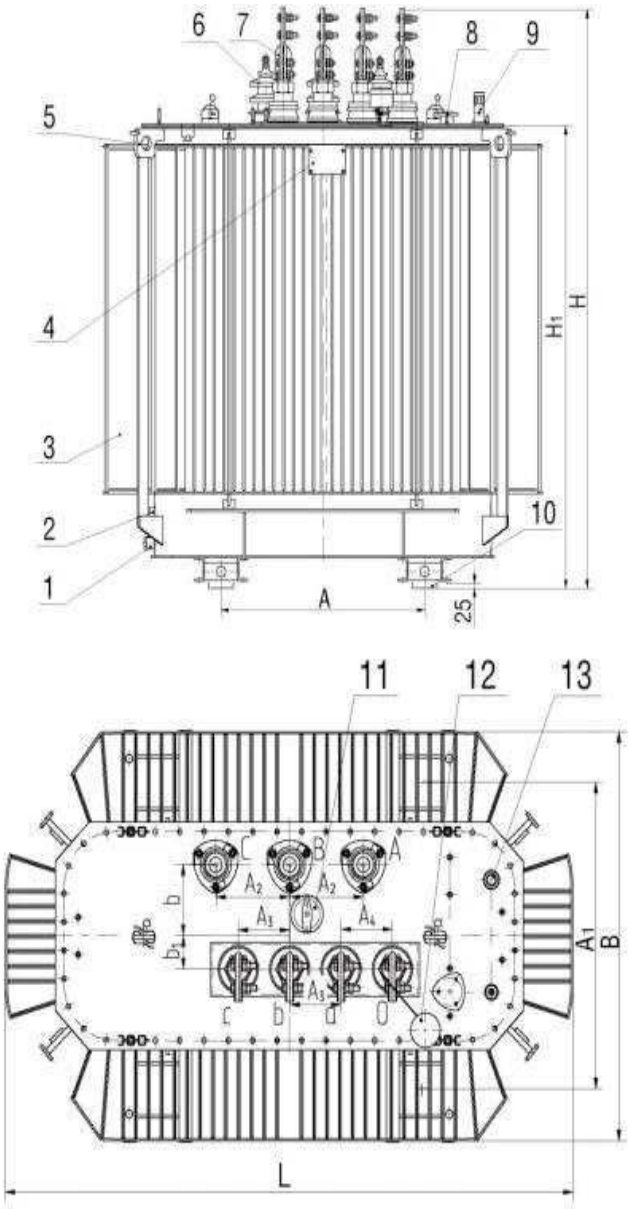
Таблица 5.4 – Выбор числа и мощности трансформаторов в цехах

№ ТП	№ корпуса	Категория	Кз.т	Р, кВт	Q, кВАр	Sр, кВА	Sтр.р, кВА	Sтр, кВА	nтр	Кзф	Кав

1	1, 13	II	0,8	4812,91	2433,27	5412,40	3382,75	4000	2	0,68	1,35
2	2, 8	II-III	0,8	1534,82	951,63	1805,98	1128,74	1600	2	0,56	1,13
3	3	II	0,8	2720,59	2033,53	3396,59	2122,87	2500	2	0,68	1,36
4	4	I	0,7	2226,36	1068,65	2469,55	1763,96	2500	2	0,49	1,00
5	5, 11	II-III	0,8	1437,12	1453,37	1934,76	1209,23	1600	2	0,61	1,21
6	6	II	0,8	3492,94	1676,61	3874,49	2421,56	2500	2	0,77	1,55
7	7, 9	II-III	0,8	2134,36	1807,59	2744,72	1715,45	2500	2	0,55	1,10
8	10, 12	II-III	0,8	2548,84	1915,99	3188,79	1992,99	2500	2	0,64	1,28
9	14	II	0,8	3191,21	1531,78	3539,80	2212,38	2500	2	0,71	1,42
10	15, 17	II-III	0,8	1552,67	1326,08	2043,14	1276,96	1600	2	0,64	1,28
11	16	II	0,8	2131,17	2167,76	3039,91	1899,94	2500	2	0,69	1,38
12	18	II	0,8	1126,71	837,82	1404,07	877,54	1000	2	0,70	1,40
13	19	II	0,8	2189,74	1634,28	2732,37	1707,73	2500	2	0,55	1,09
14	20	I	0,7	2769,98	1329,59	3072,56	1920,35	2500	2	0,61	1,23

Для цеховых комплектных подстанций применяем трансформаторы закрытого типа – ТМЗ. У них изоляторы закрыты кожухом, а масло в баке находится под небольшим избыточным давлением, которое создает азот (азотная подушка).

Поскольку в цехах есть осветительная нагрузка (однофазная нагрузка), то это накладывает ограничение на величину тока, протекающего через нейтраль трансформатора (из-за прохождения через нее третьих гармоник), значение которого зависит от схемы соединения обмоток.



1- пробка сливная;
2- зажим заземления;
3- бак*;
4- табличка;
5- серьга для подъёма трансформатора;
6- ввод ВН;
7- ввод НН;
8- патрубок для заливки масла;
9- маслоуказатель;
10- ролик транспортный;
11- переключатель;
12- пробивной предохранитель;
13- гильза для стеклянного термометра и термобаллона манометрического термометра.

Рисунок 5.2 Общий вид Трансформаторов ТМЗ мощностью 1000...4000 кВА

В связи с общемировой тенденцией к удорожанию энергоресурсов становится особенно актуальными вопросы снижения потерь электроэнергии в распределительных трансформаторах, составляющих большую часть парка всех электрических силовых трансформаторов, поэтому в данной ВКР для цеховой подстанции применяются трансформаторы ТМЗ силовые трехфазные понижающие с естественным масляным охлаждением, с переключением ответвлений обмоток без возбуждения, в герметичном исполнении, включаемые в сеть переменного тока частотой 50 Гц, изготовленные на Минском электротехническом заводе имени В.И. Козлова».

Основным достоинством таких трансформаторов является, то что:

- уровень потерь холостого хода и короткого замыкания в данной серии трансформаторов установлен в соответствии с рекомендациями Европейского комитета электротехнической стандартизации (CENELEC) и снижен (по сравнению с трансформаторами других серий, а также трансформаторами других производителей), что позволяет существенно уменьшить затраты в процессе эксплуатации оборудования. При этом улучшены шумовые характеристики трансформаторов.
- В трансформаторах полностью отсутствует воздушная или газовая подушки. Это улучшает условия работы масла: исключается его ускоренное окисление, шлакообразование и увлажнение.
- Для контроля уровня масла трансформаторы снабжаются поплавковым маслоуказателем, расположенным на крышке бака.
- Низкий уровень потерь и шума.
- Для ограничения давления в баках трансформаторы снабжены предохранительным клапаном сброса давления.

- Трансформаторы ТМЗ практически не требуют:

• расходов на предпусковые работы и на обслуживание в эксплуатации;

• профилактических, текущих и капитальных ревизии и ремонтов;

• регенерации, взятия проб и лабораторных исследований трансформаторного масла в течение всего срока эксплуатации.

- Вводы и отводы нейтрали обмоток НН трансформаторов рассчитаны на продолжительную нагрузку током, равным 100 % номинального тока обмотки НН.

- Аналоги данной серии трансформаторов выпускаются ведущими мировыми производителями (SIEMENS, ABB, AREVA).

Регулирование напряжения осуществляется переключением без возбуждения (ПБВ). Для регулирования напряжения трансформатор снабжен переключателем ответвлений обмоток ВН, позволяющим регулировать напряжение в пределах до ±5 % ступенями по 2,5 %

В качестве пункта приема и распределения электрической энергии применяется ТП-110/10 кВ. ТП-10/0,4 кВ расположены в цехах в специально отведенном помещении (на осях 2-Е). Потребители цеха и завода в целом относится к потребителям второй категории по надежности электроснабжения.

5.4 Выбор числа и мощности трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности

В настоящее время экономия энергетических ресурсов является одной из важнейших задач. Элементы системы электроснабжения и электроприемники переменного тока, обладающие индуктивностью, потребляют наряду с активной и реактивной мощность, необходимую для создания электромагнитного поля. [8] К таким элементам можно отнести электродвигатели, трансформаторы, преобразователи напряжения, линии электропередач, лампы накаливания и т. д. Передача реактивной мощности негативно сказывается на работе энергосистемы в целом. В частности, это влияет на пропускную способность линий электропередач, трансформаторов и т. д. Таким образом, реактивная мощность — часть полной мощности, затрачиваемая на электромагнитные процессы в нагрузке, имеющей емкостную и индуктивную составляющие. Не выполняет полезной работы, вызывает до-

полнительный нагрев проводников и требует применения источника энергии повышенной мощности [8]. Из-за реактивной мощности появляются дополнительные потери активной мощности и напряжения, что напрямую ведет к увеличению денежных затрат. Следовательно, на этапе проектирования необходимо учесть наличие реактивной мощности и предпринять всевозможные меры для оптимизации значения данного параметра. В настоящее время проблемы компенсации реактивной мощности прекрасно решаются при помощи различных компенсационных установок (УКРМ).

При использовании местных источников реактивной мощности

осуществляется:

-повышается пропускная способность элементов системы электроснабжения;

-снижаются потери мощности;

-снижаются потери энергии;

-повышаются уровни напряжения.

ВКР расчет компенсации реактивной мощности производится, при помощи централизованной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторных установок, подключенных к шинам 0,4 кВ комплектной трансформаторной подстанции. Расчет производим по упрощённой методике.

Тангенс угла сдвига фаз до компенсации реактивной мощности определяется из формулы 5.7:

$$()U_{р.ц} = \frac{Q_{р.ц}}{!_{р.\ ц}} \qquad (5.7)$$

где $Q_{р.ц}$, $P_{р.ц}$ – расчетные активная и реактивная мощности группы цехов

Для 1-ой ТП:

$$() _{р.ц} = 4812{,}91\frac{2433{,}27}{} = 0{,}51 \text{ о. е.}$$

Необходимая суммарная мощность компенсирующих устройств $Q_{к.у}$, кВАр определяется по формуле 5.8:

$$'_{к\,у} = P_{р.ц} \cdot (tg\phi_{р\,.ц} - tg\phi_э), \quad (5.8)$$

где $tg\varphi_э$ – коэффициент мощности, задаваемый энергосистемой.

Значение $tg\varphi_э$ указывается в задание на ВКР. $tg\varphi_Э$=0,38.

$$'_{к.у} = 4812{,}91 \cdot (0{,}51 - 0{,}38) = 625{,}68 \text{ кВАр}$$

На промышленных предприятиях применяются конденсаторные батареи напряжением до 1 кВ и 6,3–10,5 кВ.

В зависимости от реализуемых задач можно выделить различные типы конденсаторных установок:

- регулируемые конденсаторные установки КРМ (АУКРМ) -
нерегулируемые конденсаторные установки КРМ (УКРМ)
- тиристорные конденсаторные установки КРМТ (АУКРМТ).

Регулируемые конденсаторные установки идеально подходят в тех случаях, когда реактивная мощность полностью известна. В таком случае компенсацию производят индивидуальным способом.

Нерегулируемые конденсаторные установки оптимальны для электрических двигателей (преимущественно асинхронных), трансформаторов, промышленного оборудования, а также кондиционеров и насосов.

Автоматические конденсаторные установки чаще всего используют для групповой компенсации, где имеется большое количество разнообразных источников реактивной мощности. В зависимости от реактивной нагрузки включается определенное количество установок компенсации.

В данной работе в качестве источников реактивной мощности используются две автоматизированные конденсаторные установки типа АКУ 0.4-325-12,5 УХЛ3

($U_{ном}$=400 В, $Q_{ном}$ = 325 кВАр).

Результаты выбора компенсирующих устройств 0,4 кВ сводим в таблицу 5.6

Таблица 5.6 - Результаты расчета КРМ в сети 0,4 кВ для двухтрансформаторных ТП

№ ТП	Рр.ц, кВт	Qр.ц, кВАр	tgjр.ц	QР, кВАр	Тип	Кол-во	QНКУ кВАр
1	4812,91	2433,27	0,51	625,68	АКУ 0.4-325-12,5 УХЛ3	2	325
2	1534,82	951,63	0,62	368,36	АКУ 0.4-200-10 УХЛ3	2	200
3	2720,59	2033,53	0,71	1006,60	АКУ 0.4-525-25 УХЛ3	2	525
4	2226,36	1068,65	0,48	222,64	АКУ 0.4-125-12,5 УХЛ3	2	125
5	1437,12	1453,37	1,01	891,01	АКУ 0.4-450-50 УХЛ3	2	450
6	3492,94	1676,61	0,48	349,29	АКУ 0.4-180-20 УХЛ3	2	180
7	2134,36	1807,59	0,85	1003,15	АКУ 0.4-525-25 УХЛ3	2	525
8	2548,84	1915,99	0,75	943,07	АКУ 0.4-500-25 УХЛ3	2	500
9	3191,21	1531,78	0,48	319,12	АКУ 0.4-175-12,5 УХЛ3	2	175
10	1552,67	1326,08	0,85	729,76	АКУ 0.4-375-25 УХЛ3	2	375
11	2131,17	2167,76	1,02	1363,95	АКУ 0.4-700-50 УХЛ3	2	700
12	1126,71	837,82	0,74	405,62	АКУ 0.4-225-12,5 УХЛ3	2	225
13	2189,74	1634,28	0,75	810,20	АКУ 0.4-425-25 УХЛ3	2	425
14	2769,98	1329,59	0,48	277,00	АКУ 0.4-140-10 УХЛ3	2	140

Конденсаторные установки имеют следующие преимущества:

– малые удельные потери активной мощности;

– не имеют в конструкции вращающихся частей;

– просты в монтаже и эксплуатации;

– экономически выгодны;

– имеют возможность подбора любой необходимой мощности компенсации;

– бесшумны.

5.5 Уточнение числа и мощности цеховых ТП после КРМ

Производим уточнение расчетных нагрузок и мощности трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности.

Расчетная реактивная нагрузка ТП3 с учетом установки компенсирующих устройств $Q`_{р.ц}$, кВАр:

$$Q`_{р.ц}=Q_{р.ц}-Q_{\Sigma к.у}. \quad (5.9)$$

Для ТП1:

$$Q`_{р.ц} = 2433,27 – 650.00 = 1783,27 \text{ кВАр}.$$

Полная расчетная мощность группы с учетом установки компенсирующих устройств $S'_{р.ц}$, кВА:

$$S`_{р.ц}= \sqrt{P_{рц.}^{2}+Q_{рц}^{2}}; \quad (5.10)$$

$$S'_{р.ц} = \sqrt{4812,91^2 + 1783,27^2} = 5132,65 \text{ кВА}$$

Определяем фактический коэффициент загрузки трансформатора:

$$К_{зф} = \frac{5132,65}{4000 \cdot 2} = 0,64 \text{ о. е.}$$

$$К_{ав} = \frac{5132,65}{4000} = 1,28 \text{ о. е.}$$

Результаты уточнения мощностей трансформаторов для остальных групп цехов сводим в таблицу 5.7

Таблица 5.7. Уточнение количества и мощности цеховых трансформаторов

№ ТП	Рр., кВт	Qр.ут, кВАр	Sр.ут, кВА	nтр	Sн.тр.ут, кВА	Кзф	Кав
1	4812,91	1783,27	5132,65	2	4000	0,64	1,28
2	1534,82	551,63	1630,94	2	1600	0,51	1,02

3	2720,59	983,53	2892,91	2	2500	0,58	1,16
4	2226,36	818,65	2372,10	2	2500	0,47	0,95
5	1437,12	553,37	1539,98	2	1600	0,48	0,96
6	3492,94	1316,61	3732,84	2	2500	0,75	1,49
7	2134,36	757,59	2264,83	2	2500	0,45	0,91
8	2548,84	915,99	2708,44	2	2500	0,54	1,08
9	3191,21	1181,78	3403,00	2	2500	0,68	1,36
10	1552,67	576,08	1656,10	2	1600	0,52	1,04
11	2131,17	767,76	2265,24	2	2500	0,45	0,91
12	1126,71	387,82	1191,59	2	1000	0,60	1,19
13	2189,74	784,28	2325,95	2	2500	0,47	0,93
14	2769,98	1049,59	2962,17	2	2500	0,59	1.18
Итого:	33869,42	12427,95	36078,74				

Одним из значимых преимуществ использования конденсаторных установок является возможность автоматического контроля изменения реактивной мощности нагрузки в электросети и регулирование коэффициента мощности до положенных значений [8].

Установка конденсаторных установок на заводе снижают загрузку трансформаторов, обеспечивают питание электроприемников по кабелю меньшего сечения, позволяют подключить дополнительную нагрузку за счет разгрузки сети, позволяет предотвратить просадку напряжения для удаленных потребителей, исключает появления перенапряжений, обеспечивают пусть и остановку электрического двигателя и т. д. Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время применение установок компенсации реактивной мощности является неотъемлемой частью процесса передачи электроэнергии.

5.6 Определение потерь мощности в цеховых трансформаторах

Для определения полной электрической нагрузки машиностроительного завода необходимо учесть потери в силовых трансформаторах ТМЗ 1000/10/0,4 кВ.

Для расчета потерь активной мощности в трансформаторах используем следующую формулу:

$$_{т} = n \cdot (\Delta P_{х.х} + К^2 \cdot \Delta P_{к.з} \quad \Delta! \quad) \qquad (5.11)$$

$_{з.ф}$

где $\Delta P_{х.х.}$ – потери холостого хода трансформатора, кВт (таблица 5.5);

ΔPк.з. – потери короткого замыкания трансформатора, кВт (таблица 5.5); n – количество трансформаторов на подстанции, шт.;

Кз.ф. – фактический коэффициент загрузки трансформатора (таблица 5.7).

Для ТП-1:

$$\Delta P_{т} = 2 \cdot (5{,}2 + 0{,}64^2 \cdot 33{,}5) = 37{,}84 \text{ кВт}$$

Потери реактивной мощности в трансформаторах вычисляются по формуле:

$$[\,'_{т} = n_{т} \cdot (\sqrt{(i \cdot \frac{S_{т.ном}}{100})^2 \; x.x^2 + [\,! k^2 \cdot u_{з.ф} \; к \cdot \frac{S_{т.ном}}{100}}), \qquad (5.12)$$

где, $i_о$ – ток холостого хода трансформатора, %; $u_к$ – напряжение короткого замыкания трансформатора, %.

$$[\,'_{т} = 2 \cdot (\sqrt{(\frac{0,9 \cdot 4000}{100})^2 - 5,2^2} + 0,64^2 \cdot \frac{7,5 \cdot 4000}{100}) = 317,24 \text{ кВАр}$$

Результаты расчёта потерь мощности в цеховых трансформаторах для остальных ТП сводим в таблицу 5.8

Таблица 5.8- Результаты расчёта потерь мощности в цеховых трансформаторах

№ груп -пы	Тип тр-ра	Sт.ном кВА	DPх.х, кВт	DPк.з, кВт	uк, %	i0, %	Кз.ф	DPт, кВт	DQт, кВАр
1	ТМ3-4000/10	4000	5,2	33,5	7,5	0,9	0,64	37,84	317,24
2	ТМ3-1600/10	1600	2,65	16,5	6,0	1,4	0,51	13,88	94,40
3	ТМ3-2500/10	2500	3,75	23,5	6,5	1,0	0,58	23,32	159,94
4	ТМ3-2500/10	2500	3,75	23,5	6,5	1,0	0,47	17,88	120,94
5	ТМ3-1600/10	1600	2,65	16,5	6,0	1,4	0,48	12,90	88,64
6	ТМ3-2500/10	2500	3,75	23,5	6,5	1,0	0,75	33,94	231,44
7	ТМ3-2500/10	2500	3,75	23,5	6,5	1,0	0,45	17,02	114,44
8	ТМ3-2500/10	2500	3,75	23,5	6,5	1,0	0,54	21,21	143,68
9	ТМ3-2500/10	2500	3,75	23,5	6,5	1,0	0,68	29,23	198,94
10	ТМ3-1600/10	1600	2,65	16,5	6,0	1,4	0,52	14,22	96,32
11	ТМ3-2500/10	2500	3,75	23,5	6,5	1,0	0,45	17,02	114,44
12	ТМ3-1000/10	1000	1,9	12,2	5,5	1,7	0,60	12,58	73,38
13	ТМ3-2500/10	2500	3,75	23,5	6,5	1,0	0,47	17,88	120,94
14	ТМ3-2500/10	2500	3,75	23,5	6,5	1,0	0,59	23,86	163,2
Итого:								292,78	2037,94

Вывод по 5 главе: далее после определения расчетных нагрузок и потерь

мощности в цеховых трансформаторах необходимо определить полную мощность необходимую для нормальной работы электроустановок машиностроительного завода.

$$\sum !_{''} = 33869{,}42 + 292{,}78 = 34162{,}20 \text{ кВт}$$

$$\sum '_{''} = 12427{,}95 + 2037{,}94 = 14465{,}89 \text{ кВАр}$$

$$*_{''} = \sqrt{34162{,}20^2 + 14465{,}89^2} = 37098{,}76 \text{ кВА}$$

Полная расчетная мощность нагрузки машиностроительного завода составила 37,098 МВА.

6 ВЫБОР СХЕМЫ ВНУТРИЗАВОДСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Электрической сетью называют совокупность соединенных между собой линий одного напряжения от ее источников к присоединенным к сети приемникам, включающей узлы распределения и ответвления линий. Сети промышленных предприятий разделяются на цеховые сети, питающие цеховые приемники электроэнергии и подразделяемые на силовые и осветительные, и на распределительные, питающие цеховые трансформаторы подстанции или

преобразовательные установки.

Требования, предъявляемые к электроснабжению предприятий, в основном зависят от потребляемой ими мощности, характера электрических нагрузок, особенностей производства, климатических условий и других факторов. Схема электроснабжения должна удовлетворять следующим требованиям: надежность, экономичность, удобство и безопасность эксплуатации, а также обеспечение необходимого качества электроэнергии у приемников и возможность дальнейшего развития сети.

Надежность сети определяется категорией потребителей. Экономичность сети характеризуется стоимостными показателями (приведенными затратами). Кроме того, необходимо учитывать такие требования, как характер размещения нагрузок по территории предприятия, а также его потребляемую мощность.

Завод относится к предприятиям средней установленной мощности (то есть мощность предприятия находится в пределах от 5 до 75 МВт).

В связи с этим принимаем схему электроснабжения с одним приемным пунктом электроэнергии (ГПП). Ввиду наличия потребителей I-ой категории по степени бесперебойности питания предусматриваем секционирование шин приемного пункта и питание каждой секции по отдельной линии.

При построении схемы электроснабжения исходим из принципа

максимально возможного приближения высшего напряжения к электроустановкам потребителей и применения минимального количества ступеней промежуточной трансформации.

Резервирование питания для отдельных категорий потребителей заложено в самой схеме электроснабжения. Для этого все элементы схемы (линии, трансформаторы, аппаратура) несут в нормальном режиме постоянную нагрузку, а в послеаварийном режиме (после отключения поврежденных участков) принимают на себя питание оставшихся в работе потребителей с учетом допустимых для этих элементов нагрузок.

При секционировании всех звеньев системы электроснабжения, начиная от шин ГПП, предусмотрена установка на них системы АВР (автоматического ввода резерва) для повышения надежности питания.

При этом в нормальном режиме работы обеспечивается раздельная работа элементов системы электроснабжения, что снижает уровень токов короткого замыкания, облегчает и удешевляет коммутационную аппаратуру и упрощает релейную защиту.

Мощность трансформаторов ГПП составляет 25 МВА. По способу присоединения понизительной подстанции к питающей линии она является тупиковой. Поэтому РУ-110кВ ГПП выполняется по схеме «два блока линия-трансформатор с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны ЛЭП». Эта схема более надежна в эксплуатации, чем схема с отделителями и короткозамыкателями, особенно в зимнее время. Перемычка позволяет сохранить в работе оба трансформатора при повреждении одной из питающих линий, а также обеспечить питание ГПП на время ревизии или ремонта силового трансформатора.

На стороне 10кВ ГПП применяем схему: «одна рабочая секционированная выключателем система шин». Она наиболее проста, но в то же время

обеспечивает бесперебойное питание потребителей при исчезновении напряжения на одном из трансформаторов от другого через секционный выключатель.

Для питания потребителей предприятия используем радиальную схему. Нагрузку 0,4кВ производственных цехов запитываем от трансформаторных подстанций (ТП). ТП запитываются непосредственно с 10кВ ГРП.

Схема ГПП 110 кВ представлена на рисунке 6.1.

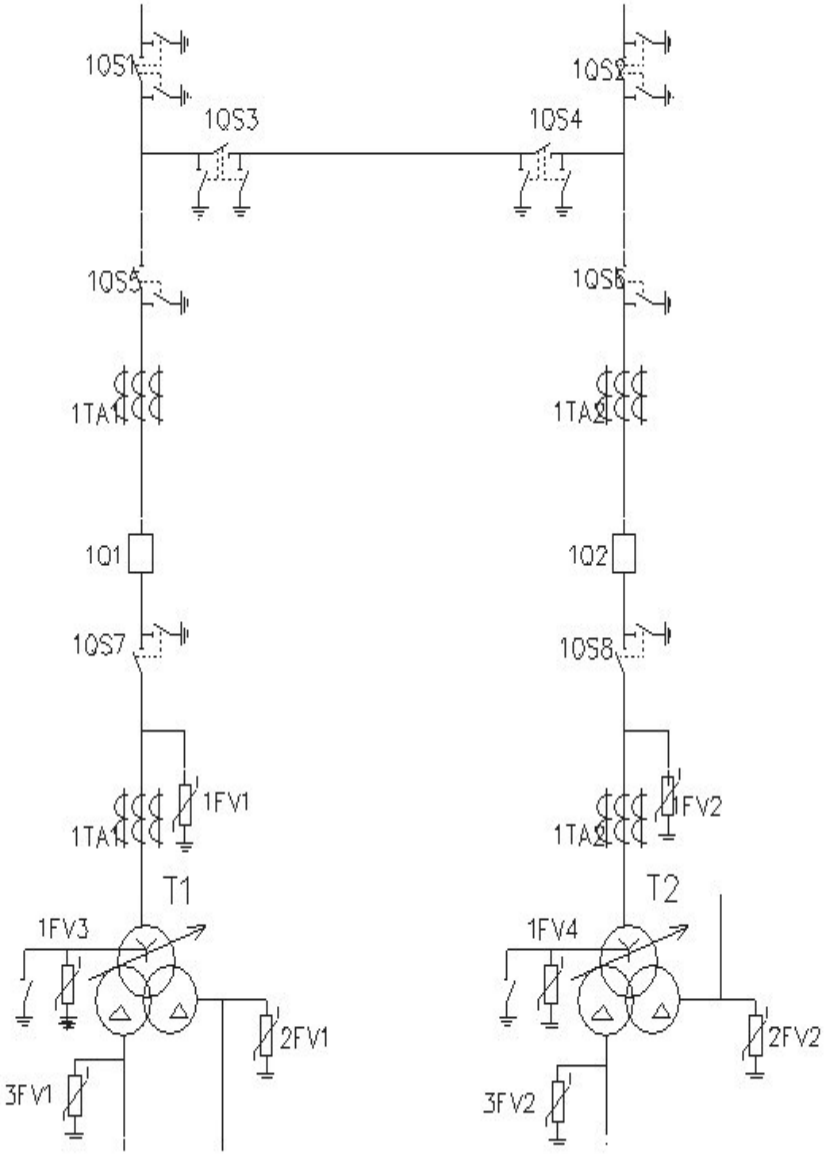


Рисунок 6.1 – Радиальная схема электроснабжения ГПП 110кВ

7 ВЫБОР ТИПА И СЕЧЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

7.1 Выбор сечения питающих кабельных линий 110 кВ ГПП

Питание ТП машиностроительного завода осуществляем от ближайшей ПС 110/10 кВ (35/10 кВ, 110/35/10 кВ) с секций шин 10 кВ. Расстояние от источника питания до ТП составляет 2000 метров.

При выборе провода необходимо знать жилы какого сечения нужны при протягивании провода. Выбор сечения провода, как правило, можно определить либо по потребляемой мощности, либо по потребляемому току. Также учитывать надо длину провода и способ установки. Также стоит учесть, что в дальнейшем возможно увеличение производственных мощностей на предприятии.

Производим расчет питающей воздушной линии 110 кВ:

ПС 110/10 кВ – ТП.

$S_р$ = 37098,76 кВА.

Определим расчётный ток, протекающий по кабельной линии по выражению: $*_p$

$$\hat{}_p = \frac{}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot L_н} \qquad (7.1)$$

Сечение кабельной линии проверяем по нагреву в послеаварийном режиме (отключение одного трансформатора или одной кабельной линии)

$$\hat{}_{Q\_} = \frac{*_p}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot L_н} \qquad (7.2)$$

$$I_{доп} = \frac{I_{max}}{1{,}3 \cdot K_{сн}} \qquad (7.3)$$

где S_p – полная расчетная мощность, кВА;

$U_н$ – номинальное напряжение, кВ;

$$\hat{}_p = \frac{37098{,}76}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 115} = 93{,}13\text{А}$$

$$\hat{}_{Q\_} = \frac{37098{,}76}{\sqrt{3} \cdot 115} = 186{,}25\ \text{А}$$

Следующим условием проверим выбранный провод по экономической плотности:

$$С_{эк} = \frac{\hat{}_p}{\hat{}_{эк}} \qquad (7.4)$$

По таблице [1] по значению $T_{max} = 4000$ ч/год и с учетом климатической зоны (центр России) находим рекомендуемую экономическую плотность тока:

$$\hat{}_{эк} = 1{,}1\ \text{А/ мм}^2$$

$$С_{эк} = \frac{93{,}13}{1{,}1} = 84{,}66\ \text{мм}^2$$

Выбираем ближайшее стандартное (рациональное) значение сечения

провода, равное 95 мм^2. Выбираем провод марки АС-95.

Согласно ПУЭ (п. 1.3.24) выбранное сечение провода должно быть проверено на допустимый максимальный ток в линии. Для голых проводов, провод марки АС-95, прокладываемых на улице допустимый ток составляет 330 А, это значительно превышает максимальный ток в проектируемой линии ВЛ 110 кВ.

Проверку на термическое действие токов КЗ не производим, т.к. провод неизолированный и проложен на открытом воздухе.

Проверку на электродинамическое действие токов КЗ не производим, т.к. величина ударного тока $i_у$<50кА ($i_у$=12,9кА).

Таким образом, из полученных сечений необходимо принять наибольшее - это провод АС-95/16 сечением q=95 мм^2, $I_{доп}$=330 А.

Ошиновку ОРУ 110кВ выполняем проводом питающей линии.

Принимаем провод марки АС-95/16, q=95 мм^2, d=13,5 мм, $I_{доп}$=330 А. Фазы расположены горизонтально с расстоянием между фазами 300 см.

Для района с чистой атмосферой и обычными полевыми загрязнениями атмосферы выбираем по восемь подвесных стеклянных изоляторов в гирлянде типа ПС6-Б.

7.2 Выбор сечения питающих кабельных линий 10 кВ

Кабельные линии, по которым заводские ТП получают питание от ГПП110/10 кВ, прокладываются в траншее. Для прокладки в траншее применяем кабели марки АПвБП.

Выбор сечений кабеля осуществляем по трем критериям:

– по экономической плотности тока;

– по нагреву;

– по термической стойкости к токам КЗ.

Рассмотрим выбор кабелей на примере ТП-1 (2х4000 кВА).

Для потребителей I и II категории для бесперебойного питания принимаем две или более параллельно расположенные в траншее кабельные линии с расстоянием между ними 100 мм.

Определим расчётный ток, протекающий по кабельной линии по выражению:

$$I_{p} = \frac{S_{p}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{н}} \quad (7.5)$$

Сечение кабельной линии проверяем по нагреву в послеаварийном режиме (отключение одного трансформатора или одной кабельной линии)

$$I_{Q\_} = \frac{S_{p}}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{н}} \quad (7.6)$$

$$I_{доп} = \frac{I_{max}}{1{,}3 \cdot K_{сн}} \quad (7.7)$$

где S_p – полная расчетная мощность, кВА;

$U_н$ – номинальное напряжение, кВ;

$\#_{сн}$ – коэффициент снижения нагрузки равный 0,92 для двух кабелей и 1 при

одном кабеле

Для ТП1:

$$I_{р} = \frac{5101,92}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 147,28 \text{ А}$$

$$I_{Q\_1} = \frac{5101,92}{\sqrt{3} \cdot 10} = 294,56 \text{ А}$$

$$I_{доп} = \frac{294,56}{1,3 \cdot 0,92} = 246,29 \text{ А}$$

$$q_{эк} = \frac{147,28}{1,4} = 105,20 \text{ мм}^2$$

Принимаем кабель АПвБП, q=120 мм^2, $I_{доп}$=260 А

Из расчета можно сделать вывод, что выбранный провод имеет большой запас по сечению, который позволит в дальнейшем обеспечить увеличении электрических мощностей и уменьшение потери напряжения в линии.

Далее проверяем выбранный кабель по потере напряжения в нормальном и аварийном режимах при фактической загрузке D*U*, %, по формуле:

– в нормальном режиме:

$$\Delta U_{р} = \sqrt{3} \cdot I_{р} \cdot l \cdot (r_{уд} \cdot \cos\varphi + x_{уд} \cdot \sin\varphi), \quad (7.8)$$

где *L* - длина линии, км;

R_o, X_o - соответственно удельное активное и реактивное сопротивление линии, Ом/км; *cos*j - коэффициент мощности предприятия.

– в аварийном режиме:

$$\Delta U_{\text{р.max}} = \sqrt{3} \cdot I_{max.\,p} \cdot l \cdot (r_{\text{уд}} \cdot \cos\text{U} + \text{‘}_{\text{уд}} .\sin\phi),$$

$$\Delta L_{''} = \sqrt{3} \cdot 147{,}28 \cdot 0{,}15 \cdot (0{,}258 \cdot 0{,}9 + 0{,}44 \cdot 0{,}081) = 10{,}3 \text{ В}$$

$$\Delta L_{Q\_\text{‘}''} = \sqrt{3} \cdot 294{,}54 \cdot 0{,}15 \cdot (0{,}258 \cdot 0{,}9 + 0{,}44 \cdot 0{,}081) = 20{,}5 \text{ В}$$

Вывод: $\Delta L_{''} = 10{,}3$ В ≈ 0,5% < 5% то есть потери в сети 10 кВ не превышают 5%. Выбранный кабель удовлетворяет условиям.

Таблица 7.1 Выбора кабельных линий 10 кВ.

№ ТП	Sр, кВА	L, м	n	Iр, А	Imax, А	Iдоп.р, А	qэк, мм2	Iдоп, А	S, мм2	ΔL″, В
ТП1	5101,92	150	2	147,28	294,56	246,29	105,20	260	120	10,3
ТП2	1792,34	51	2	51,74	103,48	86,52	36,96	140	50	2,62
ТП3	3396,59	101	2	98,05	196,10	163,96	70,04	165	70	6,96
ТП4	2469,55	214	2	71,29	142,58	119,21	50,92	140	50	15,79
ТП5	1624,28	248	2	46,89	93,78	78,41	33,49	140	50	10,03
ТП6	3874,49	168	2	111,85	223,69	187,03	79,89	205	95	10,74
ТП7	2621,93	220	2	75,69	151,38	126,57	54,06	165	70	12,59
ТП8	3063,00	30	2	88,42	176,84	147,86	63,16	165	70	1,87
ТП9	3539,80	200	2	101,19	204,37	170,88	72,28	205	95	1,52
ТП10	1899,67	178	2	54,84	109,68	91,71	39,17	140	50	9,96
ТП11	3039,91	198	2	87,75	175,51	146,75	62,68	165	70	11,17
ТП12	1404,07	153	2	40,53	81,06	67,78	28,95	140	50	5,91
ТП13	2732,37	26	2	78,88	157,75	131,90	56,34	165	70	1,44
ТП14	3072,56	166	2	88,70	177,39	148,32	63,36	165	70	11,13

Таблица 7.2 Выбора кабельных линий 0,4 кВ.

№ ТП	Sр,	L, м	n	Iр, А	Iдоп.р,	qэк,	Iдоп,	S,

	кВА				А	мм2	А	мм2
ТП1-ВРУ1	310,48	75	4	224,07	187,35	80,03	270	95
ТП2-ВРУ2	13,64	69	2	9,84	8,23	7,03	40	10
ТП5-ВРУ3	419,64	27	4	302,85	253,22	108,16	270	120
ТП7-ВРУ4	181,50	130	2	130,99	109,52	93,56	240	95
ТП8-ВРУ5	122,79	143	2	88,62	74,10	63,3	200	70
ТП10-ВРУ6	143,47	68	2	103,54	86,57	73,96	240	95

7.3 Выбор сечения кабельных линий 0,4 кВ ремонтно-механического цеха

Сечение кабельной линии выбирается по длительному допустимому току. Расчетный ток в кабеле должен быть меньше длительного допустимого тока, с учетом поправочных коэффициентов. Расчетный ток определяем по формуле:

$$\hat{}рас. = \frac{!н}{L \cdot \sqrt{3} \cdot \$ef} \qquad (7.6)$$

где !н – полная расчетная мощность электроустановки; U

- напряжение в сети.

В качестве примера произведем расчет выбора отходящей кабельной линии для сварочного агрегата:

$$\hat{}р = \frac{15}{} = 33,31 \text{ А}$$

$$0{,}4 \cdot \sqrt{3} \cdot 0{,}65$$

Выбираем кабель типа ВВГнг(А)-LS 5х10, в таблицу 7.3 сводим полученные результаты.

Таблица 7.3 – Выбор типа и сечения кабеля для электроустановок ремонтно-механического цеха

№ п.п.	Наименование групп электроприёмников	$P_н$, кВт	$cos\varphi$	$I_р$, А	Тип кабеля
1	Сварочный агрегат	15,0	0,65	33,31	ВВГнг(А)-LS 5х16

2	Сварочный агрегат	15,0	0,65	33,31	ВВГнг(А)-LS 5х16
3	Сварочный агрегат	15,0	0,65	33,31	ВВГнг(А)-LS 5х16
4	Сварочный агрегат	15,0	0,65	33,31	ВВГнг(А)-LS 5х16
5	Сварочный агрегат	15,0	0,65	33,31	ВВГнг(А)-LS 5х16
6	Вентилятор	55,0	0,8	99,23	ВВГнг(А)-LS 5х50
7	Вентилятор	55,0	0,8	99,23	ВВГнг(А)-LS 5х50
8	Сверлильный станок	4,0	0,5	11,55	ВВГнг(А)-LS 5х2,5
9	Сверлильный станок	4,0	0,5	11,55	ВВГнг(А)-LS 5х2,5
10	Сверлильный станок	4,0	0,5	11,55	ВВГнг(А)-LS 5х2,5
11	Заточной станок	4,5	0,5	12,99	ВВГнг(А)-LS 5х2,5
12	Заточной станок	4,5	0,5	12,99	ВВГнг(А)-LS 5х2,5
13	Заточной станок	4,5	0,5	12,99	ВВГнг(А)-LS 5х2,5
14	Заточной станок	4,5	0,5	12,99	ВВГнг(А)-LS 5х2,5
15	Шлифовальный станок	19,5	0,65	43,30	ВВГнг(А)-LS 5х16
16	Шлифовальный станок	19,5	0,65	43,30	ВВГнг(А)-LS 5х16
17	Шлифовальный станок	19,5	0,65	43,30	ВВГнг(А)-LS 5х16
18	Шлифовальный станок	19,5	0,65	43,30	ВВГнг(А)-LS 5х16
19	Шлифовальный станок	19,5	0,65	43,30	ВВГнг(А)-LS 5х16
20	Шлифовальный станок	19,5	0,65	43,30	ВВГнг(А)-LS 5х16

Продолжение таблицы 7.3 – Выбор типа и сечения кабеля для электроустановок ремонтно-механического цеха

21	Фрезерный станок	13,0	0,5	37,53	ВВГнг(А)-LS 5х10
22	Фрезерный станок	13,0	0,5	37,53	ВВГнг(А)-LS 5х10
23	Фрезерный станок	13,0	0,5	37,53	ВВГнг(А)-LS 5х10
24	Фрезерный станок	13,0	0,5	37,53	ВВГнг(А)-LS 5х10
25	Расточной станок	12,0	0,5	36,64	ВВГнг(А)-LS 5х10
26	Расточной станок	12,0	0,5	36,64	ВВГнг(А)-LS 5х10
27	Расточной станок	12,0	0,5	36,64	ВВГнг(А)-LS 5х10
28	Расточной станок	12,0	0,5	36,64	ВВГнг(А)-LS 5х10
29	Кран мостовой	38,0	0,5	109,70	ВВГнг(А)-LS 5х50
30	Кран мостовой	38,0	0,5	109,70	ВВГнг(А)-LS 5х50
31	Зубофрезерный станок	20,0	0,65	44,41	ВВГнг(А)-LS 5х16
32	Зубофрезерный станок	20,0	0,65	44,41	ВВГнг(А)-LS 5х16
33	Зубофрезерный станок	20,0	0,65	44,41	ВВГнг(А)-LS 5х16
34	Зубофрезерный станок	20,0	0,65	44,41	ВВГнг(А)-LS 5х16
35	Зубофрезерный станок	20,0	0,65	44,41	ВВГнг(А)-LS 5х16
36	Зубофрезерный станок	20,0	0,65	44,41	ВВГнг(А)-LS 5х16
37	Токарный автомат	12,0	0,65	26,65	ВВГнг(А)-LS 5х6
38	Токарный автомат	12,0	0,65	26,65	ВВГнг(А)-LS 5х6

39	Токарный автомат	12,0	0,65	26,65	ВВГнг(А)-LS 5х6
40	Токарный автомат	12,0	0,65	26,65	ВВГнг(А)-LS 5х6
41	Токарный автомат	12,0	0,65	26,65	ВВГнг(А)-LS 5х6
42	Токарный автомат	12,0	0,65	26,65	ВВГнг(А)-LS 5х6

Трассы кабельных линий 0,4 кВ в цехе, в соответствии с рекомендациями ПУЭ из.7, прокладываются преимущественно внутри помещений на лотках или в коробах, а также в штробах в полу.

8 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

8.1 Расчёт токов КЗ в электроустановках, напряжением выше 1 кВ

Причинами коротких замыканий являются повреждения изоляции и неправильные действия обслуживающего персонала.

При коротком замыкании резко уменьшается общее сопротивление электрической системы. Это приводит к увеличению токов, протекающих в отдельных элементах электрической установки, а также к снижению

напряжения, особенно в близи от места аварии.

Увеличение токов вызывает нагрев токоведущих частей, а также ведет к механическому повреждению элементов электроустановок. Снижение напряжения отрицательно сказывается на работе потребителей, а также может привести к нарушению устойчивой работы системы.

Расчет токов короткого замыкания производят для решения следующих основных задач [1,2,3,4]:

выбора схемы электрических соединений, ее оценки и сопоставления с другими; выявления условий работы потребителей в аварийных режимах; выбора аппаратов электроустановок и проверки проводников по условиям их работы при коротких замыканиях; проектирования защитных заземлений; определения влияния линий электропередачи на провода связи; подбора характеристик разрядников; проектирования и настройки релейных защит; анализа аварий в электроустановках.

Расчет токов короткого замыкания производят одним из двух методов: методом именованных единиц или методом относительных единиц.

Методом именованных единиц пользуются при расчете токов короткого замыкания сравнительно простых электрических схем с небольшим числом ступеней трансформации, а также в сетях напряжением 380/220 В.

Методом относительных единиц удобнее пользоваться при расчете токов короткого замыкания в сложных электрических сетях с несколькими ступенями трансформации.

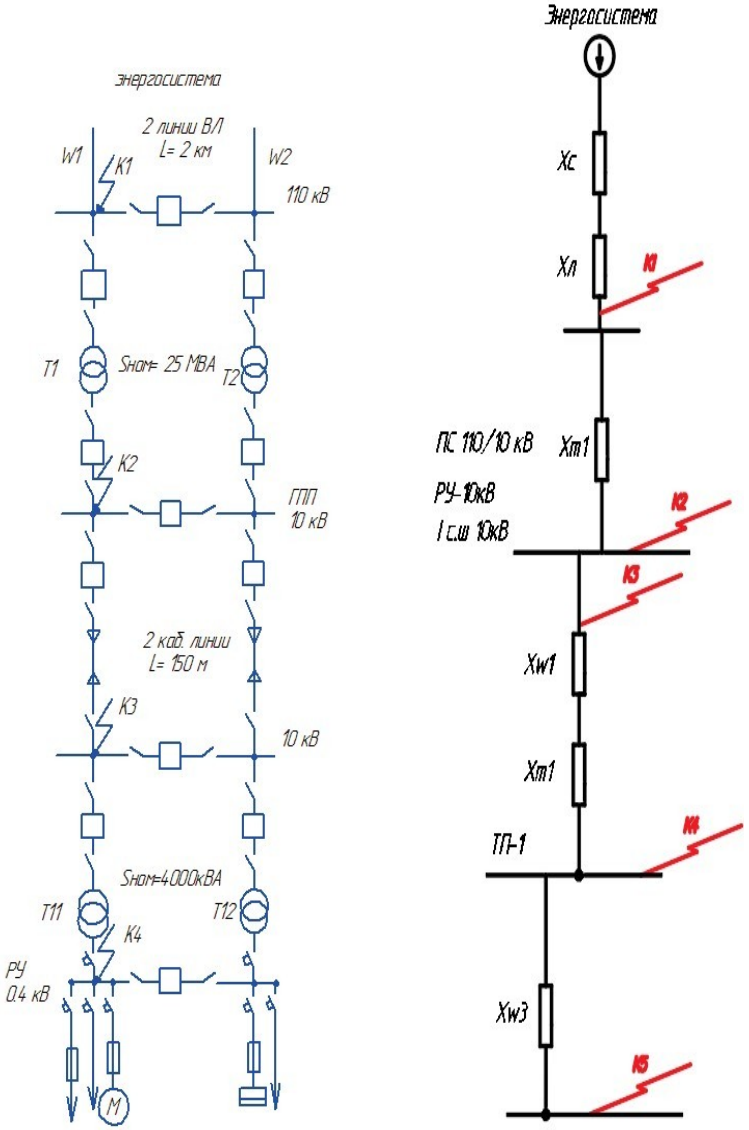


Рисунок 8.1 Расчетная схема и схема замещения токов к.з.

Расчёт токов к.з. в сетях системы электроснабжения данного завода проводить в относительных единицах с использованием шкалы средних значений напряжений в соответствии изложенной в руководящих указаниях. Предварительно принимаем базисную мощность $S_б=S_к$ = 750 МВА по заданию на ВКР. За базисное напряжение принимаем среднее эксплуатационное напряжение той ступени, на которой предполагается КЗ: $U_{б1}$=115кВ – напряжение ВН трансформатора; $U_{б2}$=11кВ – напряжение НН трансформатора (ближайшая ПС 110/10 кВ).

Вычислим значения базисных токов по формуле:

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_б} \qquad (8.1)$$

В рассматриваемом случае для точек К1 и К2 получаем

$$I_{б1} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5{,}02 \text{ кА}$$

$$I_{б2} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 11} = 53 \text{ кА}$$

В относительных единицах рассчитываются сопротивления элементов системы. В рассматриваемом примере в соответствии, со схемой замещения, (смотрим рисунок 8.1) вычисляются следующие сопротивления.

1. Сопротивление системы:

$$x_c = 0,6 \text{ о.е.}$$

2. Сопротивление питающей воздушной линии

$$‘_{л} = \frac{\quad}{\quad} \qquad (8.2)$$

$$‘_{0} \cdot L \cdot \quad L_2 \quad ср$$

где L – длина воздушной линии 110 кВ;

x_0 – удельное сопротивление линии, Ом/км.

$$= 0{,}4 \cdot 20 \cdot \frac{1000\ i_л}{115^2} = \frac{\quad}{0{,}605\ о.\ е.}$$

3. Сопротивление обмотки высокого напряжения трансформатора u

$S_{k(в-н)}$ $б$

$$x = 0{,}125 \frac{\quad}{т.в}, \qquad (8.3)$$

$$100 \cdot S_{т.ном}$$

где u_k – напряжение короткого замыкания трансформатора, % ; $S_{т.ном}$ – номинальная мощность трансформатора, МВА

$$X_{т.в} = 0{,}125 \cdot \frac{10{,}5 \cdot 1000}{100 \cdot 25} = 0{,}53\ о.\ е.$$

4. Сопротивление обмотки низкого напряжения трансформатора

$$U_{k(в-н)} \cdot S^{б}$$

$$x = 1{,}75 \frac{\quad}{т.н} \quad 100 \cdot S_{т.ном}; \qquad (8.4)$$

$$X_{т.н} = 1{,}75 \cdot \frac{10{,}5 \cdot 1000}{100 \cdot 25} = 7{,}35 \text{ о. е}$$

5. Общее сопротивление трансформатора

$$‘_т = ‘_{т.в} + ‘_{т.н} \quad (8.5)$$

$$X_т = 0{,}53 + 7{,}35 = 7{,}88 \text{ о.е.}$$

6. Сопротивления кабельных линий от ПС 110/10 кВ до ТП-1 в относительных единицах по формуле 8.6,

$$X_w = X_0 L \frac{S_б}{U_{2б2}} \quad (8.6)$$

$$X_l^1 = 0{,}27 \cdot 2{,}0 \cdot \frac{1000}{112} = 4{,}82 \text{ о. е}$$

Значения периодической составляющей токов к.з. по формуле:

$$I_{no\,i} = \frac{E_{S\,i}}{x_{S\,i}} I_{б\,i}, \quad (8.7)$$

где $x_{Σi}$ – суммарное сопротивление до точки КЗ, о.е.

$E_{Σi}$ – суммарная ЭДС источников питания, о.е.

Для точки К1:

$$x_{Σ1} = x_с + x_л \quad (8.8)$$

$$X_{Σ}^1 = 0{,}6 + 0{,}605 = 1{,}205 \text{ о.е.}$$

$$I_{по1} = \frac{0{,}6}{1{,}205} \cdot 5{,}02 = 2{,}50 \text{ кА}$$

Для точки К2:

$$‘_{n2} = x_{\Sigma 1} + ‘_m \qquad (8.9)$$ $X\Sigma^2 = 1{,}205 + 7{,}35 = 8{,}555$ о.е.

$$\hat{}_{по2} = \frac{0{,}6}{8{,}555} \cdot 53 = 3{,}72 \text{ кА}$$

При наличии высоковольтных электродвигателей для точки К2 следует учитывать ток подпитки от них, увеличивающий.

Для точки К3:

$$‘_{n3} = x_{\Sigma 2} + x_{w\,1}$$

$$X\Sigma^3 = 8{,}555 + 4{,}82 = 13{,}375 \text{ о.е.}$$

Начальное значение периодической составляющей тока К3 для точки К3 без учета подпитки от электродвигателей

$$\hat{}_{по3} = \frac{0{,}6}{13{,}375} \cdot 53 = 2{,}38 \text{ кА}$$

Далее определяем значения ударных токов к.з. по следующей формуле

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{п.о} \,.\, \kappa_y \qquad (8.10)$$

Значения ударного коэффициента k_y приводятся в справочниках в [5] .

Для рассматриваемого примера расчёт даёт следующие результаты:

- для точки К1:

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot 2{,}50 \cdot 2 = 7{,}07 \text{ кА}$$

- для точки К2:

$$i_{y2} = \sqrt{2} \cdot 3{,}72 \cdot 1{,}92 = 10{,}10 \text{ кА}$$

- для точки К3:

$$\sqrt{2} \cdot 2{,}38 \cdot 1{,}8 = 6{,}06$$

$i_{y3} = \sqrt{}$ кА

При выборе высоковольтных выключателей необходимо знать значение апериодической составляющей тока КЗ в момент начала расхождения дугогасительных контактов выключателей. Расчет этого значения проводится по формуле:

$$i_{a\,t} = 2\ I_{no}\, e^{-t_0/T_a}, \qquad (8.11)$$

где T_a – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока к.з., значения которой приводятся в справочниках [5], t_0 – усредненное значение собственного времени отключения выключателя (для современных выключателей около 0,01 с).

В рассматриваемом примере получены следующие результаты:

- для точки К1:

$$?\overline{2} \cdot 2{,}50\ ?o^{\frac{-0{,}01}{0{,}05}} = \quad i_{at1} =$$

2,89 кА

- для точки К2:

$$i_{at2} = \sqrt{2} \cdot 3{,}72 \cdot e^{\frac{-0{,}01}{0{,}12}} = 4{,}84 \text{ кА}$$

- для точки К3:

$$i_{at3} = \sqrt{2} \cdot 2{,}38 \cdot e^{\frac{-0{,}01}{0{,}05}} = 2{,}76 \text{ кА}$$

Полученные результаты сводим в таблицу 8.1.

Таблица 8.1- Результаты расчета токов короткого замыкания

Расчетная точка К.З.	^по , кА	<у, кА	<_(, кА
К1	2,50	7,07	2,89
К2	3,72	10,10	4,84
К3	2,38	6,06	2,76

8.2 Расчёт токов КЗ в электроустановках, напряжением ниже 1кВ

Сети промышленного предприятия напряжением до 1кВ характеризуются большой протяжённостью и наличием большого количества коммутационно-защитной аппаратуры. При напряжении до 1кВ даже небольшое сопротивление оказывает существенное влияние на ток КЗ. Поэтому в расчётах учитывают все сопротивления короткозамкнутой цепи, как индуктивные, так и активные. Кроме того, учитываются активные сопротивления всех переходных контактов в этой цепи (на шинах, на вводах, и выводах аппаратов, разъёмные контакты аппаратов и контакт в месте КЗ). При отсутствии достоверных данных о контактах и их переходных сопротивлениях рекомендуется при расчете токов КЗ в сетях, питаемых трансформаторами мощностью до 1600 кВА, учитывать их сопротивление следующим образом: 0,015 0м—для распределительных устройств на станциях и подстанциях; 0,02 Ом —для первичных цеховых РП, а также на

зажимах аппаратов, питаемых радиальными линиями от щитов подстанций или главных магистралей; 0,025 Ом —для вторичных цеховых РП, а также на зажимах аппаратов, питаемых от первичных РП; 0,03 Ом — для аппаратуры, установленной непосредственно у приемников электроэнергии, получающих питание от вторичных РП.

Расчет токов КЗ в точке K_4

Составим схему замещения (рисунок 8.2):

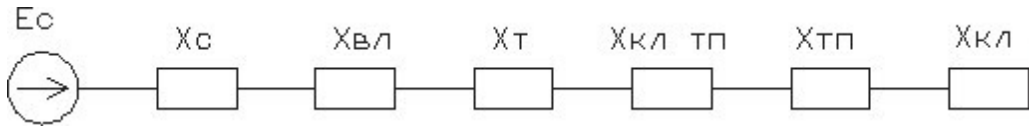


Рисунок 8.2 Схема замещения для точки K_4

ТП-1: 2х4000 (ТСЛЗ-4000/10): $U_{ВН}$ = 10 кВ, $U_{НН}$ = 0,4 кВ, $S_{ном}$ = 4000 кВ·А, $U_к$=7,5 %; D $P_{кз}$=33,5 кВт; D $P_{хх}$=5,2 кВт; $I_{хх}$=0,9 % .

Сопротивление цехового трансформатора:

$$i_{T*} = 100 \frac{L_{\#} \cdot *_б}{} \cdot *_{нт} = 100 \cdot \frac{7,5}{} \cdot \frac{0,4}{} = 0,007$$

Ом Результирующее сопротивление:

$$i_п = i_C + i_{ВЛ} + i_{T*} + X_{l1} + X_{ТП-1} = 13,375 + 0,007 = 13,382 \text{ Ом}$$

Периодическая составляющая тока КЗ в точке $К_4$:

$$\hat{}_{К4} = i_{рез} \frac{q\$'' \cdot \hat{}_{б}\hat{}\hat{}}{} = \frac{0{,}6 \cdot 53}{13} ,382 = 2{,}376 \text{ кА}$$

Двухфазный ток КЗ:

$$\hat{}_{К4}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \hat{}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2{,}376 = 2{,}057 \text{ кА}$$

Далее рассчитаем ток КЗ в точке К5.

Участок 1: ТП-1 до ВРУ №1 (Ремонтно-механический цех).

Исходные данные:

Трансформатор сухой, схема соединения: треугольник / звезда-0; 4000 кВА

$Z_{тр}$ = 0,005 Ом;(трансформатор сухой по ГОСТ11920 и ГОСТ2022 с соединением обмоток Δ/Y0 (4000кВА)) = 0,005 Ом)

$Z_{тп}$ = 0,015 Ом;

$Z_{ВРУ}$ = 0,030 Ом

Тип проводника: ВБбШвнг-LS 4х95.

$L_{ф1}$ = 150 м, $L_{з1}$ = 150 м

Аппарат защиты: автоматический выключатель ВА 88-37, ток 400 А (за 5.0 сек); Результаты:

$Z_{к3} = Z_{оф1} \cdot L_{ф1} + Z_{оз1} \cdot L_{з1} = (0{,}19 \cdot 1{,}50) + (0{,}06 \cdot 1{,}50) = 0{,}375$ Ом

$Z_{s3} = Z_{тр} + Z_{тп} + Z_{рп1} + Z_{ВРУ} + Z_{к3} = 0{,}005 + 0{,}015 + 0{,}030 + 0{,}375 = 0{,}425$ Ом

Ток однофазного короткого замыкания:

$I_{кз1} = 230 / Zs_1 = 230 / 0{,}425 = 541{,}18$ А

Отношение тока однофазного короткого замыкания к номинальному току, установленного аппарата защиты ($I_п$=400 А):

$I_{кз1} / I_{п} = 541,18 /400 = 1,35$ с.

Условия выполняются.

Выбираем коммутационный аппарат на 400 А.

По время токовой характеристики определяем, что время срабатывания выбранного аппарата защиты <5с. Защита линии обеспечена.

$I_{кз} > I_{ср.з}$, защита обеспечена

8.3 Проверка кабельных линий W1,W2 на термическую стойкость

Далее необходимо проверить сечений питающих кабелей W1,W2 на термическую устойчивость производится по условию:

$$C_{т} = \frac{10^{3} \cdot I_{к.з} \cdot \sqrt{t_{ф}}}{C} \quad (8.12)$$

где $F_{т}$ - минимальное сечение кабеля по термической стойкости, мм^2 Iк.з – ток короткого замыкания, кА

$t_{ф}$ – время действия тока короткого замыкания

С – коэффициент, учитывающий материал жил и тип изоляции, определяется согласно [5], А, для напряжения 10 кВ С =100. $t_{ф}$ =0,4 с.

$$C_{т} = \frac{10^{3} \cdot 2,38 \cdot \sqrt{0,4}}{100} = 15,05 \text{ мм}^2$$

Согласно расчету проверки кабеля, на термическую стойкость минимально сечение кабеля не должно быть ниже 16 мм^2. Для питания ТП-1

10/0,4 кВ ранее был выбран кабель типа АПвБП 3х120 - 10кВ, следовательно, условия выполняются.

9 ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СЕТИ

9.1 Условия выбора силовых выключателей

Токоведущие части и все виды аппаратов выбираются в соответствии с вычисленными максимальными величинами нагрузок для рабочего режима и режима короткого замыкания.

Выбор высоковольтных выключателей производится по следующим параметрам:

А) по номинальному напряжению.

Номинальное напряжение сети, в которой устанавливается выключатель

$U_{с.ном} £ U_{ном}$, (9.1) где $U_{ном}$ - номинальное напряжение выключателя. Б) По номинальному длительному току.

Расчётный ток продолжительного режима цепи, в которой устанавливается выключатель

$$I_{max} £ I_{ном}\ , \qquad (9.2)$$

где $I_{ном}$ - длительный номинальный ток выключателя.

В) По электродинамической стойкости путём оценки следующих параметров:

Предельного периодического тока КЗ.

Начальный периодический сверхпереходный ток КЗ в выключателе:

$I'' £ I_{пс}$, (9.3) где $I_{пс}$ - предельный сквозной ток (действующее значение периодической составляющей), допустимый для рассматриваемого выключателя.

Ударного тока КЗ.

Ударный ток КЗ в цепи, где устанавливается выключатель:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{п.о} \cdot к_y \leq i_{дин},$$

(9.4) где $i_{дин}$ - номинальный ток электродинамической стойкости выключателя (амплитудное значение предельного полного тока, допустимого для рассматриваемого аппарата).

Г) По термической стойкости.

Интеграл Джоуля тока КЗ, характеризующий количество теплоты ($кА^2 с$), выделяющейся в аппарате за время короткого замыкания:

$$B_к \text{ £ } I^2_{пр.т} t_т \text{ ,} \qquad (9.5)$$

где $I_{пр.т}$ - предельный ток термической стойкости, который данный аппарат может выдержать без повреждения в течение предельного времени термической стойкости $t_т$.

9.2 Выбор оборудования ГПП

Таблица 9.1 Выбор комплексно-распределительного устройства (КРУ) внутренней установки 10 кВ.

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст}$ = 10 кВ	$U_{ном}$ = 10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{р.max10кВ}$ = 2,50 кА	$I_{ном.шкафа}$ = 3150 А	$I_{р.max} \leq I_{ном.шкафа}$
$I_{\Sigma р. max}$ = 2,50 кА	$I_{сб.шин}$ = 3150 А	$I^{\Sigma}_{р. max} \leq I_{сб.шин}$
^по2 = 3,72 кА	$I_{откл.}$ = 31,5 кА	^по2 ≤ $I_{откл}$
iуК2 = 10,10 кА	$i_{скв}$ = 81 кА	iуК2 ≤ $i_{скв}$

КРУ. Шкафы выкатного исполнения.

Максимальное число и сечение силовых кабелей, мм^2 4×(3×240).

Тип выключателя и привода: ВМПЭ-10, встроенный электромагнитный

Габариты шкафов: ширина = 900 мм, глубина = 1000 мм, высота = 2400 мм.

Таблица 9.2 Выбор выключателей 110 кВ:

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора

$U_{уст} = 110$ кВ	$U_{ном} = 110$ кВ	$U_{уст} \le U_{ном}$
$I_{р.max110кВ} = 93{,}13$ А	$I_{ном.} = 630$ А	$I_{р.max} \le I_{ном.}$
$\hat{}_{по1} = 2{,}50$ кА	$I_{откл.} = 20$ кА	$\hat{}_{по1} \le I_{откл}$
$\hat{}_{по1} = 2{,}50$ кА	$I_{вкл.} = 20$ кА	$\hat{}_{по1} \le I_{откл}$
$<_{уК1} = 7{,}07$ кА	$<_{скв} = 20$ кА	$<_{уК1} \le <_{скв}$

Тип выключателя: МКП 110Б-630 20У1.

Габариты полюса: высота = 5000 мм; ширина = 1400 мм; длина = 2860 мм; масса выключателя 8400 кг.

Таблица 9.3 Выбор выключателей 10 кВ:

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ	$U_{уст} \le U_{ном}$
$I_{р.max10кВ} = 2{,}36$ кА	$I_{ном.} = 3200$ А	$I_{р.max} \le I_{ном.}$
$\hat{}_{по2} = 3{,}72$ кА	$I_{откл.} = 45$ кА	$\hat{}_{по2} \le I_{откл}$
$\hat{}_{по2} = 3{,}72$ кА	$I_{вкл.} = 120$ кА	$\hat{}_{по2} \le I_{откл}$
$<_{уК2} = 10{,}10$ кА	$<_{скв} = 80$ кА	$<_{уК2} \le <_{скв}$

Тип выключателя: МГГ-10-3200-45 У3; привод: ПЭ-21У3.

Габариты: высота = 2050 мм; ширина = 980 мм; длина = 914 мм; масса выключателя 1200 кг; масла 40 кг.

Таблица 9.4 Выбор разъединителей 110 кВ.

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст} = 110$ кВ	$U_{ном} = 110$ кВ	$U_{уст} \le U_{ном}$
$I_{р.max110кВ} = 93{,}13$ А	$I_{ном.} = 630$ А	$I_{р.max} \le I_{ном.}$
$<_{уК1} = 7{,}07$ кА	$<_{скв} = 100$ кА	$<_{уК1} \le <_{скв}$

Тип разъединителя: РНД 110/1000 У1; тип привода ПДН-1У1; масса: 210 кг.

Габариты: ширина = 500 мм; длина = 1565 мм; высота = 2343 мм.

Таблица 9.5 Выбор ограничителей перенапряжений ОПН 110 кВ.

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст}$ = 110 кВ	$U_{ном}$ = 110 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$

Тип ограничителей перенапряжений: ОПН-110-УХЛ1; масса: 18 кг. Габариты: ширина: 114 мм; высота: 1240 мм.

Таблица 9.6 Выбор трансформаторов тока 110 кВ.

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст}$ = 110 кВ	$U_{ном}$ = 110 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{р.max110кВ}$ = 93,13 А	$I_{ном.}$ = 600 А	$I_{р.max} \leq I_{ном.}$

Тип трансформаторов тока: ТОГ-110-УХЛ1; масса: 537 кг. Габариты: ширина: 766 мм, длина: 1150 мм; высота: 2317 мм.

Таблица 9.7 Выбор ограничителей перенапряжений ОПН 10 кВ.

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст}$ = 10 кВ	$U_{ном}$ = 10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$

Тип ограничителей перенапряжений: ОПН-КР/TEL-10УХЛ1; масса: 1,2 кг. Габариты: ширина: 76 мм; высота: 153 мм.

Таблица 9.8 Выбор трансформаторов тока 10 кВ.

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст}$ = 10 кВ	$U_{ном}$ = 10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{р.max10кВ}$ = 2,36 кА	$I_{ном.}$ = 2000 А	$I_{р.max} \leq I_{ном.}$

Тип трансформаторов тока: ТОЛ-10-2000/5У2; масса: 19 кг. Габариты:

ширина: 165 мм; длина: 270 мм; высота: 224 мм.

9.3 Выбор оборудования трансформаторной подстанции.

Таблица 9.10 Выбор комплексно-распределительного устройства (КРУ) внутренней установки 10 кВ.

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст}$ = 10 кВ	$U_{ном}$ = 10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{р.max10кВ}$ = 312,48 А	$I_{ном.}$ = 2000 А	$I_{р.max} \leq I_{ном.}$

$I_{\Sigma р. max}$ = 312,48 А	$I_{откл.}$ = 1000 А	$I^{\Sigma}_{р. max} \leq I_{сб.шин}$
$\hat{}_{по3}$ = 2,38 кА	$I_{откл.}$ = 40 кА	$\hat{}_{по3} \leq I_{откл}$
$<_{уК3}$ = 6,06 кА	$<_{скв}$ = 128 кА	$<_{уК3} \leq <_{скв}$

КРУ. Шкафы выкатного исполнения.

Максимальное число и сечение силовых кабелей, мм^2 (4×(3×240)).

Тип выключателя и привода: ВЭМ-6-2000/40-125 встроенный ПЭ-22.

Габариты шкафов: ширина = 900 мм, глубина = 1790 мм, высота = 3110 мм.

Масса шкафа отводящей линии с выключателем: $(_{1400,1740})$ кг.

Таблица 9.11 Выбор выключателей 10 кВ:

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст}$ = 10 кВ	$U_{ном}$ = 10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{р.max10кВ}$ = 312,48 А	$I_{ном.}$ = 630 А	$I_{р.max} \leq I_{ном.}$

^по3 = 2,38 кА	$I_{откл.}$ = 20 кА	^по3 ≤ $I_{откл}$
^по3 = 2,38 кА	$I_{вкл.}$ = 52 кА	^по3 ≤ $I_{вкл}$
^по3 = 2,38 кА	<$_{скв}$ = 52 кА	<уК3 ≤ <$_{скв}$

Тип выключателя: ВВТП-10-20/630У3, тип привода: ПЭ-11.

Габариты полюса: высота = 1050 мм; ширина = 700 мм; длина = 528 мм; масса выключателя 130 кг.

Таблица 9.12 Выбор автоматических выключателей 0,4 кВ на приходящей линии:

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
Uуст = 0,4 кВ	Uном = 0,4 кВ	Uуст ≤ Uном
$I_{р.max0,4кВ}$ = 7,81 кА	$I_{ном.}$ = 16 кА	$I_{р.max}$ ≤ $I_{ном.}$
^по4 = 2,05 кА	<$_{скв}$ = 70 кА	^по4 ≤ $I_{вкл}$

Тип выключателя: ЭО40С-95-16000 У3; привод: электродвигательный.

Масса выключателя 510 кг

Таблица 9.13 Выбор автоматических выключателей 0,4 кв для цеха:

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
Uуст = 0,4 кВ	Uном = 0,4 кВ	Uуст ≤ Uном
$I_{р.max0,4кВ}$ = 3,91 кА	$I_{ном.}$ = 6 кА	$I_{р.max}$ ≤ $I_{ном.}$
^по4 = 2,05 кА	<$_{скв}$ = 65 кА	^по4 ≤ $I_{вкл}$

Тип выключателя: ЭО25С-65-6000 У3; привод: электродвигательный.

Масса выключателя 134 кг.

Таблица 9.14 Выбор предохранителей на 0,4 кВ

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст} = 0,4$ кВ	$U_{ном} = 0,4$ кВ	$U_{уст} \le U_{ном}$
$I_{р.max0,4кВ} = 58,04$ А	$I_{ном.} = 100$ А	$I_{р.max} \le I_{ном.}$

Тип: ПП57-31, масса: 0,5кг.

Таблица 9.15 Выбор шинопроводов на 0,4 кВ

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст} = 0,4$ кВ	$U_{ном} = 0,4$ кВ	$U_{уст} \le U_{ном}$
$I_{р.max0,4кВ} = 3,91$ кА	$I_{ном.} = 6$ кА	$I_{р.max} \le I_{ном.}$
$\hat{}_{по4} = 6,40$ кА	$<_{скв} = 100$ кА	$\hat{}_{по4} \le I_{вкл}$

Тип: ШМА-73, сечение рабочей шины: 2(90×80) мм^2

9.4 Выбор трансформаторов собственных нужд

Вид потребления	Установленная мощность		cos j	sinj	Нагрузка	
	Единицы, кол-во х кВт	Всего, кВт			Руст, кВт	Qуст , кВАр
ЭД обдува силовых трансформаторов ТДН-25000/110/10	2·12·0,25	6,0	0,85	0,62	6	3,62
Подогрев приводов выключателей ВГТ-110	3,0×2	6	1	0	6	–
Освещение ОРУ-110 кВ	12х0,4	4,8	0,9	0,44	4,8	2,35
Освещение, отопление, вентиляция ЗРУ-10кВ	-	20	0,9	0,44	20	9,68
ШУОТ	10 кВА	10 кВА	0,7	0,71	7	7,10
Итого:					53,8	22,75

Выбираем 2 трансформатора типа ТМ -63/10.

10 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

10.1 Проектирование схемы цеховой сети

Проектом применяется радиальная схема электроснабжения, подробное расположение технологического оборудования и распределительных пунктов 0,4 кВ указано на чертеже 3.

Принятый вариант представляет собой радиальную схему. Схема состоит из шести ЩР (ЩР1; ЩР2 …. ЩР6).

Радиальные схемы выполняются проводами и кабелями, проложенными в трубах в полу, с установкой в качестве узлов распределительных щитов.

Схему отличает высокая надежность питания, так как при аварии отключается незначительное количество электроприёмников. В этих схемах возможно выполнение автоматизации переключения и защиты.

Недостатками радиальных схем являются наличие большого количества щитов низкого напряжения на РУ 0,4 кВ, большое число силовых щитов в цехе.

Для распределения электроэнергии проектом к электроустановкам предусмотрена установка распределительных пунктов на оборудовании IEK с автоматическими выключателями на отходящие кабельные линии.

10.2 Расчет электрических нагрузок схемы электроснабжения цеха

Расчет нагрузок проектируемого цеха выполнен по коэффициенту спроса в разделе 2.3 и приведен в таблице 2.2.

10.3 Выбор распределительных шкафов

Для приёма и распределения электроэнергии к группам потребителей трёхфазного тока промышленной частоты напряжением 380 В применяют силовые распределительные шкафы и пункты.

Для цехов с нормальными условиями окружающей среды выбирают шкафы серии СП-62, ШРС и ШР-11, ПР-8500, ПР-8701 защищённого исполнения, а для пыльных и влажных - шкафы серии СПУ-62 и ШРС закрытого исполнения. Выбранные распределительные шкафы приведены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Выбор распределительных шкафов

№ п.п.	Подключенные электроприёмники	Sp, кВА	Ip, А	Тип шкафа	Число отх. линий
ЩР1	1,2,3,4,5,6,7,8	144,86	209,09	ПР 8501-096	9
ЩР2	23,24,25,26,27,28,29,30	29,68	42,84	ПР 8501-096	8
ЩР3	9,10,11,12,13,14,15,16	43,28	62,47	ПР 8501-096	8
ЩР4	31,32,33,34,35,36,37,38	26,90	38,83	ПР 8501-096	8
ЩР5	17,18,19,20,21,22	20,42	29,47	ПР 8501-098	6
ЩР6	39,40,41,42	29,94	43,21	ПР 8501-035	4

ЩР-0,4 кВ устанавливаются у стен, колонн или в местах, где меньше вероятность их механического повреждения вблизи того оборудования, которое запитано от данного щита с учётом удобства подвода питания к щиту.

10.4 Выбор коммутационной аппаратуры

Аппаратом защиты называется аппарат, автоматически отключающий защищаемую электрическую цепь при ненормальных режимах. Аппараты защиты по своей отключающей способности должны соответствовать максимальному значению тока КЗ в начале защищаемого участка электрической сети.

Номинальные токи плавких вставок предохранителей и токи уставок автоматических выключателей, служащих для защиты отдельных участков сети, во всех случаях следует выбирать по возможности наименьшими по расчетным токам этих участков или по номинальным токам электроприемников, но таким об-

разом, чтобы аппараты защиты не отключали электроустановки при кратковременных перегрузках (пусковые токи, пики технологических нагрузок, токи при самозапуске и т. п.).

В качестве аппаратов защиты в ВКР применяться автоматические выключатели от фирмы IEK. Автоматический выключатель можно рассчитывать по силе тока потребителей:

$$\hat{}_{р} = \frac{!_{н}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot cos\varphi} \quad (10.1)$$

Таблица 10.2 – Выбор автоматических выключателей на отходящие линии

электроприемника ремонтно-механического цеха.

№ п.п.	Наименование групп электроприёмников	Рн, кВт	Ір, А	Ін, А	Коммутационный аппарат
1	Сварочный агрегат	15,0	33,31	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
2	Сварочный агрегат	15,0	33,31	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
3	Сварочный агрегат	15,0	33,31	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
4	Сварочный агрегат	15,0	33,31	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
5	Сварочный агрегат	15,0	33,31	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
6	Вентилятор	55,0	99,23	125	ВА47-125 D125 3р 125А 15кА
7	Вентилятор	55,0	99,23	125	ВА47-125 D125 3р 125А 15кА
8	Сверлильный станок	4,0	11,55	25	ВА47-100 D25 3р 25А 6кА
9	Сверлильный станок	4,0	11,55	25	ВА47-100 D25 3р 25А 6кА
10	Сверлильный станок	4,0	11,55	25	ВА47-100 D25 3р 25А 6кА
11	Заточной станок	4,5	12,99	25	ВА47-100 D25 3р 25А 6кА
12	Заточной станок	4,5	12,99	25	ВА47-100 D25 3р 25А 6кА

Продолжение таблицы 10.2 – Выбор автоматических выключателей на отходящие линии электроприемника ремонтно-механического цеха

13	Заточной станок	4,5	12,99	25	ВА47-100 D25 3р 25А

					6кА
14	Заточной станок	4,5	12,99	25	ВА47-100 D25 3р 25А 6кА
15	Шлифовальный станок	19,5	43,30	63	ВА47-100 D63 3р 63А 6кА
16	Шлифовальный станок	19,5	43,30	63	ВА47-100 D63 3р 63А 6кА
17	Шлифовальный станок	19,5	43,30	63	ВА47-100 D63 3р 63А 6кА
18	Шлифовальный станок	19,5	43,30	63	ВА47-100 D63 3р 63А 6кА
19	Шлифовальный станок	19,5	43,30	63	ВА47-100 D63 3р 63А 6кА
20	Шлифовальный станок	19,5	43,30	63	ВА47-100 D63 3р 63А 6кА
21	Фрезерный станок	13,0	37,53	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
22	Фрезерный станок	13,0	37,53	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
23	Фрезерный станок	13,0	37,53	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
24	Фрезерный станок	13,0	37,53	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
25	Расточной станок	12,0	36,64	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
26	Расточной станок	12,0	36,64	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
27	Расточной станок	12,0	36,64	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
28	Расточной станок	12,0	36,64	50	ВА47-100 D50 3р 50А 6кА
29	Кран мостовой	38,0	109,70	125	ВА47-125 D125 3р 125А 15кА
30	Кран мостовой	38,0	109,70	125	ВА47-125 D125 3р 125А 15кА
31	Зубофрезерный станок	20,0	44,41	63	ВА47-100 D63 3р 63А 6кА
32	Зубофрезерный станок	20,0	44,41	63	ВА47-100 D63 3р 63А 6кА
33	Зубофрезерный станок	20,0	44,41	63	ВА47-100 D63 3р 63А

					6кА
34	Зубофрезерный станок	20,0	44,41	63	ВА47-100 D63 3р 63А 6кА

Продолжение таблицы 10.2 – Выбор автоматических выключателей на отходящие линии электроприемника ремонтно-механического цеха

35	Зубофрезерный станок	20,0	44,41	63	ВА47-100 D63 3р 63А 6кА
36	Зубофрезерный станок	20,0	44,41	63	ВА47-100 D63 3р 63А 6кА
37	Токарный автомат	12,0	26,65	40	ВА47-100 D40 3р 40А 6кА
38	Токарный автомат	12,0	26,65	40	ВА47-100 D40 3р 40А 6кА
39	Токарный автомат	12,0	26,65	40	ВА47-100 D40 3р 40А 6кА
40	Токарный автомат	12,0	26,65	40	ВА47-100 D40 3р 40А 6кА
41	Токарный автомат	12,0	26,65	40	ВА47-100 D40 3р 40А 6кА
42	Токарный автомат	12,0	26,65	40	ВА47-100 D40 3р 40А 6кА

Таблица 10.3 – Выбор вводных автоматических выключателей РП-0,4 кВ

№ п.п.	Подключенные электроприёмники	Sр, кВА	Iр, А	Iн, А	Тип вводного автоматического выключателя
ЩР1	1,2,3,4,5,6,7,8	144,86	209,09	315	ВА88-37 3р 315А 35кА
ЩР2	23,24,25,26,27,28,29,30	29,68	42,84	80	ВА88-33 3р 80А 35кА
ЩР3	9,10,11,12,13,14,15,16	43,28	62,47	100	ВА88-33 3р 100А 35кА
ЩР4	31,32,33,34,35,36,37,38	26,90	38,83	80	ВА88-33 3р 80А 35кА

ЩР5	17,18,19,20,21,22	20,42	29,47	50	ВА88-33 3р 50А 35кА
ЩР6	39,40,41,42	29,94	43,21	80	ВА88-33 3р 80А 35кА

10.5 Выбор электромагнитных пускателей (контакторов)

Электромагнитные пускатели и контакторы относится к коммутационным аппаратам до 1 кВ, предназначенным для включений и отключений приемников электрической энергии в нормальных режимах, в основном для управления электродвигателями переменного и постоянного тока. Трехполюсные пускатели и

контакторы переменного тока с тепловыми реле в фазах, для защиты электродвигателей от перегрузки недопустимой продолжительностью и от токов, возникающих при обрыве одной фазы, устанавливают пускатели.

Результаты выбора представлены в таблице 10.4. Таблица 10.4 – Выбор контакторов

№ п.п.	Наименование групп электроприёмников	Рн, кВт	Iр, А	Iн, А	Тип контактора
1	Сварочный агрегат	15,0	33,31	50	ПМЛ-3160М1
2	Сварочный агрегат	15,0	33,31	50	ПМЛ-3160М1
3	Сварочный агрегат	15,0	33,31	50	ПМЛ-3160М1
4	Сварочный агрегат	15,0	33,31	50	ПМЛ-3160М1
5	Сварочный агрегат	15,0	33,31	50	ПМЛ-3160М1
6	Вентилятор	55,0	99,23	125	ПМЛ-5100

7	Вентилятор	55,0	99,23	125	ПМЛ-5100
8	Сверлильный станок	4,0	11,55	25	ПМЛ-2560М
9	Сверлильный станок	4,0	11,55	25	ПМЛ-2560М
10	Сверлильный станок	4,0	11,55	25	ПМЛ-2560М
11	Заточной станок	4,5	12,99	25	ПМЛ-2560М
12	Заточной станок	4,5	12,99	25	ПМЛ-2560М
13	Заточной станок	4,5	12,99	25	ПМЛ-2560М
14	Заточной станок	4,5	12,99	25	ПМЛ-2560М
15	Шлифовальный станок	19,5	43,30	63	ПМЛ-4160М
16	Шлифовальный станок	19,5	43,30	63	ПМЛ-4160М
17	Шлифовальный станок	19,5	43,30	63	ПМЛ-4160М
18	Шлифовальный станок	19,5	43,30	63	ПМЛ-4160М

Продолжение таблицы 10.4 – Выбор контакторов

19	Шлифовальный станок	19,5	43,30	63	ПМЛ-4160М
20	Шлифовальный станок	19,5	43,30	63	ПМЛ-4160М
21	Фрезерный станок	13,0	37,53	50	ПМЛ-3160М1
22	Фрезерный станок	13,0	37,53	50	ПМЛ-3160М1

23	Фрезерный станок	13,0	37,53	50	ПМЛ-3160М1
24	Фрезерный станок	13,0	37,53	50	ПМЛ-3160М1
25	Расточной станок	12,0	36,64	50	ПМЛ-3160М1
26	Расточной станок	12,0	36,64	50	ПМЛ-3160М1
27	Расточной станок	12,0	36,64	50	ПМЛ-3160М1
28	Расточной станок	12,0	36,64	50	ПМЛ-3160М1
29	Кран мостовой	38,0	109,70	125	ПМЛ-5100
30	Кран мостовой	38,0	109,70	125	ПМЛ-5100
31	Зубофрезерный станок	20,0	44,41	63	ПМЛ-4160М
32	Зубофрезерный станок	20,0	44,41	63	ПМЛ-4160М
33	Зубофрезерный станок	20,0	44,41	63	ПМЛ-4160М
34	Зубофрезерный станок	20,0	44,41	63	ПМЛ-4160М
35	Зубофрезерный станок	20,0	44,41	63	ПМЛ-4160М
36	Зубофрезерный станок	20,0	44,41	63	ПМЛ-4160М
37	Токарный автомат	12,0	26,65	40	ПМЛ-3100
38	Токарный автомат	12,0	26,65	40	ПМЛ-3100
39	Токарный автомат	12,0	26,65	40	ПМЛ-3100
40	Токарный автомат	12,0	26,65	40	ПМЛ-3100
41	Токарный автомат	12,0	26,65	40	ПМЛ-3100
42	Токарный автомат	12,0	26,65	40	ПМЛ-3100

10.6 Выбор сечений проводов и жил кабелей

Расчет выбора сечений для отходящих линий выполнен в разделе 7.3 и приведен в таблице 7.3.

Аналогичный расчет выполнит для отходящих линий РП-0,4 кВ.

Таблица 10.5 – Выбор типа и сечения питающих линий РП-0,4 кВ

№ п.п.	Подключенные электроприёмники	Sp, кВА	Ip, А	Тип кабеля
ЩР1	1,2,3,4,5,6,7,8	144,86	209,09	ВВГнг(А)-LS 4х95
ЩР2	23,24,25,26,27,28,29,30	29,68	42,84	ВВГнг(А)-LS 4х25
ЩР3	9,10,11,12,13,14,15,16	43,28	62,47	ВВГнг(А)-LS 4х50
ЩР4	31,32,33,34,35,36,37,38	26,90	38,83	ВВГнг(А)-LS 4х25
ЩР5	17,18,19,20,21,22	20,42	29,47	ВВГнг(А)-LS 4х16
ЩР6	39,40,41,42	29,94	43,21	ВВГнг(А)-LS 4х50

10.7 Разработка системы освещения

10.7.1 Общие сведения

Расчет освещения, в частности светотехнический расчет подразумевает решения ряда вопросов:

- выбор типа источника света;
- выбор системы освещения;
- выбор норм освещённости и коэффициента запаса для всех участков рассматриваемого цеха;
- выбор типа светильников;

- размещение светильников;
- светотехнический расчёт методом коэффициента использования светового потока с проверкой точечным методом.

Цех состоит из следующих отделений: Коридор; РУ-0,4 кВ; Инвентарная; Бытовка; Мастерская; Санузел.

Средняя нормируемая освещённость цеха литья пластмассовых изделий составляет не менее 200 лк.

10.7.2 Светотехнический расчет

Предварительная расстановка светильников.

Расчётная высота:

$$h = t - h_{\$} - h_{\prime} \qquad (10.2)$$

Расстояние в ряду между светильниками:

$$M_u = h \cdot v_э \qquad (10.3)$$

где: $v_э = 1$ - коэффициент, определяющий наилучшее расположение светильников.

Число светильников в ряду:

$$w' = \frac{M_u - (1...0.6)M_{\_}}{M_{\_}} \qquad (10.4)$$

Полученное значение округляется до ближайшего большего целого числа.

Расстояние от торцевой стены до 1-го ряда светильников:

$$d_{-} = \frac{M_u - M_{-}(w' - 1)}{2} \quad (10.5)$$

При расстановке светильников по вершинам квадратных полей $M_u = M_x$

Число рядов светильников:

$$w = \frac{M_x - (0.6. . .1)M_y}{M_y} + 1 \quad (10.6)$$

Значение *n* принимается равным ближайшему целому числу, находящемуся в полученном промежутке.

Общее число светильников:

$$> = w'.w \quad (10.7)$$

Расстояние от длинной стены до 1-го ряда светильников:

$$d_y = \frac{M_x - M_y(> - 1)}{(10.8)\ 2}$$

В качестве проверки используют соотношение: $0{,}3 \leq \frac{b}{Mx} \leq 0.5^{d}$

Расчет для рабочей зоны для станочного участка №2. Отделение имеет размеры А=30 м, В=12 м, h=6 м.

$$h = 6 - 2{,}0 - 0 = 4 \text{ м}$$

$$M_a = h \cdot \lambda э = 4 \cdot 1 = 4 \text{ м}$$

$$w' = \frac{30 - (0.6 \ldots 1.0)\ 4{,}0}{4} + 1 = 7$$

$$d_{\_} = \frac{L_a(n - 1)}{2} = \frac{30 - (7 - 1) \cdot 4{,}0}{2} = 3 \text{ м}$$

$$w + 1 = \frac{12 - (0.6 \ldots 1.0)\ 4{,}0}{4{,}0} = 3$$

$$n = 7 \cdot 3 = 21$$

$$d_y = \frac{12 - (3 - 1)\ 4{,}0}{2} = 2 \text{ м}$$

Расчет для других помещений аналогичен приведенному выше.

Таблица 10.6 Светотехнический расчет

Помещение	*Размеры помещения, $A^x B^x H$, м*	*h, м*	*L_a, м*	*N'*	*l_a, м*	*N*	*n*	*l_b, м*
Инвентарная	5x5x6	4	4	1	2.5	1	1	2.5
Бытовая комната	5x5x6	4	4	1	2.5	1	1	2.5
Мастерская	5x5x6	4	4	1	2.5	1	1	2.5
Сан.узел	5x5x6	4	4	2	0.5	1	2	2.5
Коридор	5x29x6	4	4	1	2.5	7	7	2.5
Проходная	54x7x6	4	4	14	1	2	28	1.5
Сварочный участок	11x12x6	4	4	3	1.5	3	9	2
Станочный участок №1	22x12x6	4	4	6	1	3	18	2
Станочный участок №2	30x12x6	4	4	7	3	3	21	2

План расположения светильников показан на листе 5 прилагаемых к

дипломному проекту чертежей.

10.7.3 Расчёт освещённости методом коэффициента использования

Далее проведем расчет освещения методом коэффициента использования. Минимальная освещённость определяется по формуле:

$$E_н = \frac{w \cdot Ф \cdot \sim}{S \cdot z \cdot к_з} \quad (10.9)$$

где: N – число светильников; $Ф$

– суммарный поток;

~ - коэффициент использования:

$\sim = (B_п, B_{ст}, B_р, <)$ (10.10) где: i – индекс помещения:

$$i = \frac{u \cdot B}{h \cdot (A + B)} \quad (10.11)$$

Суммарный магнитный поток определяется из выражения:

$$q_t \cdot S \cdot z \cdot к_з = N \cdot Ф \cdot \sim \quad (10.12)$$

где, = 1.15 - коэффициент минимальной освещенности;

кз = 1.5 - коэффициент запаса. Тогда суммарный поток будет равен:

$$Ф = \frac{E_H \cdot S \cdot z \cdot к_з}{} \quad (10.13)$$

$$w \cdot \eta$$

Расчета для рабочей зоны:

$$i = \frac{30 \cdot 12}{6 \cdot (30 + 12)} = 1{,}43$$

~ = 85% - для светодиодных светильников

200 360 1,5 1,15

$$= \frac{\cdot \quad \cdot \quad \cdot}{21 \cdot 0{,}85} =$$

Ф 6957,98 Лм

Результаты расчета приведены в таблице

Таблица 10.7 Результаты расчета освещенности методом коэффициента использования

Помещение	*Размеры помещения, $A^x B^x H$, м*	<	~	*Ф,* Лм	*Тип лампы*
Инвентарная	5x5x6	0,42	0,85	10147,06	LC PLO profi- L 80 Вт
Бытовая комната	5x5x6	0,42	0,85	10147,06	LC PLO profi- L 80 Вт
Мастерская	5x5x6	0,42	0,85	10147,06	LC PLO profi- L 80 Вт
Сан.узел	5x5x6	0,42	0,85	5073,53	LC PLO profi- L 80 Вт
Коридор	5x29x6	0,71	0,85	8407,56	LC PLO profi- L 80 Вт
Проходная	54x7x6	0,90	0,85	5479,41	LC PLO profi- L 80 Вт
Сварочный участок	11x12x6	0,96	0,85	5952,94	LC PLO profi- L 80 Вт
Станочный участок №1	22x12x6	1,29	0,85	5952,94	LC PLO profi- L 80 Вт
Станочный участок №2	30x12x6	1,43	0,85	6957,98	LC PLO profi- L 80 Вт

Выбранный ранее промышленный светодиодный светильник LC PLO profi-L 80 Вт имеет световой поток 11200 Лм.

Таблица 10.8 Характеристики светодиодного промышленного светильника LC PLO profi-L 80 Вт

Тип	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Цветовая температура, К
LC PLO profi- L 80 Вт	80	11200	140	5000

В качестве аварийного освещения выбираем светодиодный светильник LC PLO profi- L 36 Вт имеет световой поток 5040 Лм, номинальные параметры которой приведены в таблице 10.10. Количество ламп аварийного освещения определим из условия минимального светового потока, составляющим 50 % от номинального:

$$wa = \frac{E_н \cdot 0{,}5 \cdot S \cdot z \cdot к_З}{Ф \cdot \sim} \qquad (10.14)$$

Для станочного участка №2

$$wa\ 10{,}27 = \frac{150 \cdot 0{,}5 \cdot 360 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}15}{5040 \cdot 0{,}85} =$$

Таблица 10.9 Результаты расчета аварийной освещенности

Помещение	*Размеры помещения, $A^x B^x H$, м*	wa	w	*Тип лампы*
Инвентарная	5x5x6	0,25	1	LC PLO profi- L 36 Вт
Бытовая комната	5x5x6	0,75	1	LC PLO profi- L 36 Вт
Мастерская	5x5x6	0,75	1	LC PLO profi- L 36 Вт

Сан.узел	5х5х6	0,75	1	LC PLO profi- L 36 Вт
Коридор	5х29х6	4,37	4	LC PLO profi- L 36 Вт
Проходная	54х7х6	11,42	12	LC PLO profi- L 36 Вт
Сварочный участок	11х12х6	3,99	4	LC PLO profi- L 36 Вт
Станочный участок №1	22х12х6	7,97	8	LC PLO profi- L 36 Вт
Станочный участок №2	30х12х6	10,27	10	LC PLO profi- L 36 Вт

Таблица 10.10 Характеристики аварийного светодиодного промышленного светильника LC PLO profi-L 36 Вт

Тип	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Цветовая температура, К
LC PLO profi- L 36 Вт	36	5040	140	4500

Распределение электроэнергии к осветительному оборудованию рабочего освещения будет осуществляется осветительными щитами (ЩО) марки ЩРН-18 IP54 с вводным автоматическим выключателем марки ВА 47-29 25А и количеством отходящих линий от 6-х до 18-ти, с установленными автоматическими выключателями типа ВА 47-29 10 А на каждой из отходящих линий.

Для аварийного освещения (ЩАО) используем щиты освещения ЩРН-18 (номинальный ток вводного выключателя – 20 А, на отходящие линии с номинальным током автоматического выключателя 10 А).

Питание осветительной установки согласно [15] выполняем кабелями марки ВВГнг-LS 3х1,5.

План расположения сети электроосвещения приведен на листе 5 прилагаемых к ВКР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе спроектирована система электроснабжения машиностроительного завода согласно заданию на ВКР. В работе присутствует 10 глав расчетов, на основании которых спроектирована рабочая документация в составе 5 чертежей, включающих в себя: чертеж с планом инженерных сетей проектируемого предприятия и однолинейную схему электроснабжения к нему, а также план силовых и осветительных сетей ремонтно-механического цеха, включая однолинейную схему электроснабжения с применением современного надежного электрооборудования.

Первая глава посвящена описанию предпроектного анализа и задания на создание системы электроснабжения машиностроительного завода. В работу сведена информация по производственным мощностям и описанию технологического процесса на предприятие, а также список электроустановок ремонтно-механического цеха на заводе.

Во второй главе рассматривается расчет электрических нагрузок, являющийся основным этапом при проектировании любой системы электроснабжения. В работе присутствует расчет силовых и осветительных нагрузок каждого производственного помещения, а также территории завода, согласно заданию на ВКР. Расчётные нагрузки цехов определялись по методу коэффициента спроса. Произведен подробный расчет электрических нагрузок для ремонтно-механического цеха, выбраны современные осветительные приборы для каждого здания и помещения завода. Полная мощность без

компенсации реактивной мощности составила 40,546 МВА.

В третей главе выбрано напряжение внешнего и внутрицехового электроснабжения на основании рекомендаций по проектированию систем электроснабжения промышленных объектов. Согласно расчёту и рекомендациям по проектированию внешнее питание завода целесообразно выполнить на напряжение классом 10 кВ от секций шин 10 кВ на территории завода ПС 110/10 кВ (35/10

кВ).

В четвертой главе, согласно расчету определения центра электрических нагрузок, выбрано место расположения пункта приема и распределения электрической энергии, в качестве которого выбрана ГПП, от которой в дальнейшем получают питание все потребители завода.

Пятая глава посвящена выбору числа и мощности трансформаторов завода. Выбраны силовые трансформаторы ГПП марки ТРДН 25000/110 кВ . На заводе расположены 14 ТП-10/0,4 кВ от которых соответственно кабельными линиями запитываются потребители 0,4 кВ (дополнительные в производстве близлежащие цеха). Автором предложено установить в ТП конденсаторные установки типа АКУ 0.4-…-.. УХЛ3 для компенсации реактивной мощности. Полная мощность с учетом компенсации реактивной мощности получилась 37 МВА.

В шестой главе разработана схема внутризаводского электроснабжения. Питание завода выполняется по радиальной схеме электроснабжения. Схема состоит из электрооборудования главной понизительной подстанции ГПП.

В седьмой главе выбраны типы и сечения кабельных линий 110, 10 и 0,4 кВ, а также кабель для подключения электроустановок ремонтно-механического цеха . Питание завода осуществляется кабельными линиями 10 кВ марки АПвБП, проложенные в траншеях. Питание ВРУ 0,4 кВ выполнено кабелями марки ВБбШв. В цехах питание электроустановок 0,4 кВ осуществляется кабелем марки ВВГнг(А)LS.

Для выбора элементов схемы электроснабжения в восьмой главе был проведён расчёт токов короткого замыкания в пяти точках. По расчетам было выбрано защитное коммутационное оборудование ГПП на напряжение 110 , а также 10 и 0,4 кВ.

В девятой главе производился расчет по выбору коммутационного защитного оборудования проектируемой сети. В ГПП были выбраны ячейки с элегазовыми выключателями, измерительные трансформаторы напряжения, ограничи-

тели перенапряжения, предохранители, а также проверен кабель 10 кВ на термическую стойкость.

Десятая глава посвящена разработке системы и схемы электроснабжения ремонтно-механического цеха. Для защиты от токов к.з и перегрузок электроустановок цеха, распределительных пунктов 0,4 кВ было выбрано коммутационное оборудо- вание 0,4 кВ. Выбраны типы кабельных линий для питания ВРУ-0,4 кВ. Спроектирован план сети электросвещения с применением современных энергоэкономичных и энерго- сберегающих светодиодных

светильников.

В целом предложенная схема электроснабжения отвечает требованиям безопасности, надёжности, экономичности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасименко, А. А. Электроэнергетические системы и сети. Расчеты параметров и режимов работы электрических сетей [Текст]: Учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 1 / Герасименко, А. А., Чупак, Т. М. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2004. – 222 с.

2. Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю. Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий; Высшая школа - Москва, 2002. - 248 с.

3. Электроснабжение: Учеб. пособие по курсовому и дипломно-му проектированию: В 2 ч. Ч. 1 / Синенко, Л. С., Рубан, Т. П., Сизганова, Е. Ю., Попов, Ю. П. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. 135 с.

4. Методические указания по выполнению выпускных квалификационных работ, Сбитнев С. А.; Максимов Ю. П.; Чебрякова Ю. С., Владимир, 2013г.

5. В.А. Шахнин, С.И. Рощина,» Электроснабжение городского микрорайона многоквартирных домов», учебное пособие, Владимир 2015 г.

6. Правила устройства электроустановок 6-е, 7-е издание [Текст]: Все действующие разделы ПУЭ-6 ПУЭ-7 с изменением по состоянию на 15 авгу-ста 2005г. Новосибирск: Сиб. унив. издательство, 2005. – 854с.

7. СНиП 23-05-2010. Естественное и искусственное освещение: строительные нормы и правила – М.: Госстрой России , 1995. – 50 с.

8. Г.П. Колесник Переходные электромагнитные процессы в электроэнергетических системах: Учеб. Пособие. ВлГУ, Владимир 2004 г.

9. Шеховцов В. П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов; Форум - Москва, 2009. - 160 с.

10. В.А. Шахнин, С.И. Рощина «Электроснабжение предприятий стройиндустрии», Учебное пособие, Владимир, 2014г.

11. ГОСТ 28249-93 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1кВ.

12. Прима В.М., Прокопенко Л.В. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебно-метод. пособие к практическим занятиям. – Мн.: БНТУ, 2004.

13. Сибикин Ю. Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. В 2 книгах. Книга 1; Академия - Москва, 2010. - 208 с.

14. Щербаков Е. Ф., Александров Д. С., Дубов А. Л. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях; Форум - Москва, 2010. - 496 с.

15. Колесник Г.П. Электрическое освещение. Учебное пособие. Владимир, ВлГУ. 2002.-91с.

16. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.

17. Лелеков, В. И. Организация производства и управления на генерирующих предприятиях современной энергетики России / В.И. Лелеков. - М.: МГОУ, 2011. - 172 с.

18. Э.А. Киреева, Г.Ф. Быстрицкий «Справочник энергетика предприятий, учреждений и организаций» Максименко Н.Н., Барановская Е.Н. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения промышленных предприятий: Курс

лекций / Норильский индустриальный институт. – Норильск, 2000. – 104 с.

19. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений

20. Инструкция по эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена – М.: энергоатомиздат, 2009. – 470 с.