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

Институт Энергетический
Направление подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра Электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение ремонтно-механического завода

УДК 621.31.031:69.002.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З–5Г13	Зинченко Арсений Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры ЭПЭО	Кладиев С.Н.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Мелик-Гайказян М.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Романцов И.И.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электропривода и электрооборудования	Дементьев Ю.Н.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

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

Институт Энергетический
Направление подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра Электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ _____ Дементьев Ю.Н.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
З–5Г13	Зинченко Арсению Викторовичу

Тема работы:

Электроснабжение ремонтно-механического завода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 01.04.2016 г. № 2533/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*	*Объектом исследования является ремонтно-механический завод и инструментальный цех. В качестве исходных данных представлены:* *- генеральный план завода;* *- план инструментального цеха;* *- сведения об электрических нагрузках ремонтно - механического завода;* *-данные об установленном оборудование в инструментальном цехе.*
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).*	*- постановка задачи проектирования;* *- проектирование системы электроснабжения рассматриваемого предприятия;* *- детальное рассмотрение особенностей трансформаторных подстанций в системах электроснабжения с последующим выбором цеховых трансформаторов;* *- обсуждение результатов выполненной работы;* *- разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»;* *- разработка раздела «Социальная ответственность»;* *- заключение.*

Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	*- генеральный план завода с картограммой и центром электрических нагрузок;* *- схема питания цеховых подстанций и высоковольтных нагрузок;* *- схема осветительной сети инструментального цеха* *- однолинейная схема инструментального цеха.*

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
«Социальная ответственность»	Романцов Игорь Иванович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	02.04.2016

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры ЭПЭО	Кладиев С.Н.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З–5Г13	Зинченко А.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-5Г13	Зинченко Арсению Викторовичу

Институт	Энергетический	**Кафедра**	Электропривода и электрооборудования
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/специальность**	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. *Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:* – *вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)* – *опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)* – *негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)* – *чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)*	*Рабочим местом является Ремонтно-механический завод, на персонал завода будут влиять следующие вредные факторы:* *шумы, вибрации, электромагнитные поля* *На данном предприятии имеют место быть следующие опасные факторы производственной среды:* *механические травмы, возможность поражение электрическим током, взрыв, пожар* *Данное предприятие оказывает негативное воздействие на окружающую природную среду:* *загрязнения воздушного бассейна, загрязнение сточных вод, твердые отходы* *На данном предприятии могут возникнуть следующие чрезвычайные ситуации:* *взрыв, пожар, короткое замыкание, удар молнии, инфекционная болезнь людей*
2. *Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме*	*ПУЭ, СН-245, НПБ 105-03, ГОСТ 12.1.012-90, ГОСТ 12.0.002-97, ГОСТ 12.1.005-97, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. *Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:* – *физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;* – *действие фактора на организм человека;* – *приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);* – *предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)*	*физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;* *- действие фактора на организм человека;* *- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);* *- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)*
2. *Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности* – *механические опасности (источники, средства защиты;*	*– механические опасности (источники, средства защиты;* *– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты);*

– *термические опасности (источники, средства защиты);* – *электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);* – *пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)*	*пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).*
3. Охрана окружающей среды: – *защита селитебной зоны* – *анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);* – *анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);* – *анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);* – *разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.*	– *анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);* *разработка и принятие решений по обеспечению экологической безопасности предприятия.*
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – *перечень возможных ЧС на объекте;* – *выбор наиболее типичной ЧС;* – *разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;* – *разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;* – *разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий*	– *перечень возможных ЧС на объекте;* *эвакуация людей из зданий и помещений.*
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.04.2016

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И. И.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г13	Зинченко Арсений Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-5Г13	Зинченко Арсению Викторовичу

Институт	Энергетический	**Кафедра**	Электропривода и электрооборудования
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/специальность**	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. *Оценка конкурентоспособности технологий*	*Оценить две технологии, промышленные светильники с люминесцентными лампами и промышленные светодиодные светильники.*
2. *Анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения*	*Выполнить сравнительный анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения, на основании сметной стоимости и эксплуатационных расходов вариантов технологий.*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. *Формирование сметной стоимости технического решения*	*В процессе формирования сметной стоимости используется следующая группировка затрат по статьям:* *материальные затраты;* *полная заработная плата исполнителей;* *отчисления во внебюджетные фонды;* *накладные расходы.*
2. *Расчет эксплуатационных расходов для определения критериев ресурсоэффективности и ресурсосбережения*	*Для определения критериев по эксплуатационным расходам рассматриваемых технологий, эксплуатационные расходы сгруппированы по следующим видам затрат:* *энергопотребление;* *эксплуатационные расходы;* *расходы на утилизацию.*
3. *Планирование и формирования графика работ по реализации технического решения*	*Для составления графика работ по реализации технического решения используется оценка трудоемкости работ для каждого исполнителя. По полученным данным строится график Ганта, позволяющий спланировать процесс реализации технического решения.*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.04.2016

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Мелик-Гайказян М.В.	к.э.н , доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г13	Зинченко А.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 110 с., 17 рисунков, 30 таблиц, 12 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: расчетная нагрузка, картограмма нагрузок, выбор трансформаторов, компенсация, электроснабжение цеха, выбор оборудования, проверка оборудования, однолинейная схема, менеджмент, социальная ответственность.

Объектом исследования является ремонтно – механический завод (РМЗ) и инструментальный цех.

Цель работы: разработка системы электроснабжения ремонтно - механического завода и инструментального цеха. Технико-экономическое обоснование выбора технологии искусственного освещения в инструментальном цехе.

На основе исходных данных, выполнен поэтапный расчет электонагрузок завода и инструментального цеха, выбор оборудования и его проверка при различных режимах работы.

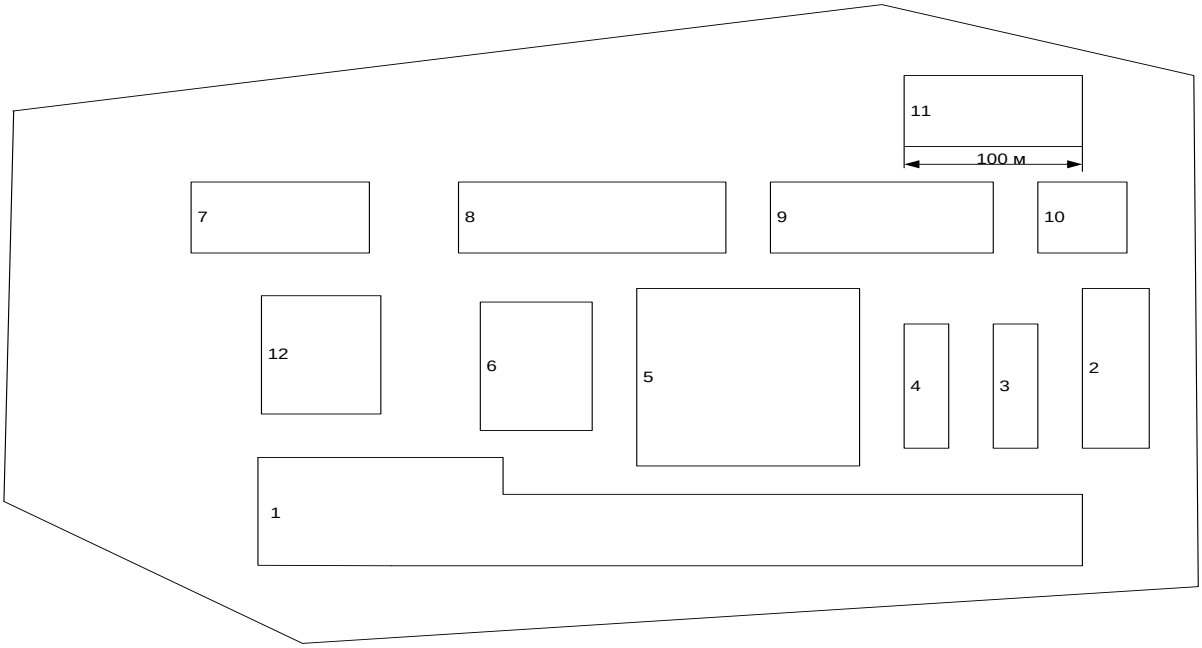
В результате было предложено техническое решение электроснабжения РМЗ и цеха в соответствии техническому заданию, произведен технико-экономический анализ технологий искусственного освещения, выявлены и освещены факторы, связанные с безопасностью для окружающей среды.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: завод состоит из двенадцати цехов, из них четыре цеха относятся ко второй и восемь цехов к третий категориям по степени надежности электроснабжения; напряжение питающей линии 110 кВ; рабочие напряжения внутри завода: 10 и 0,4 кВ.

Область применения: ремонт основных средств и оборудования предприятий.

Техническое задание

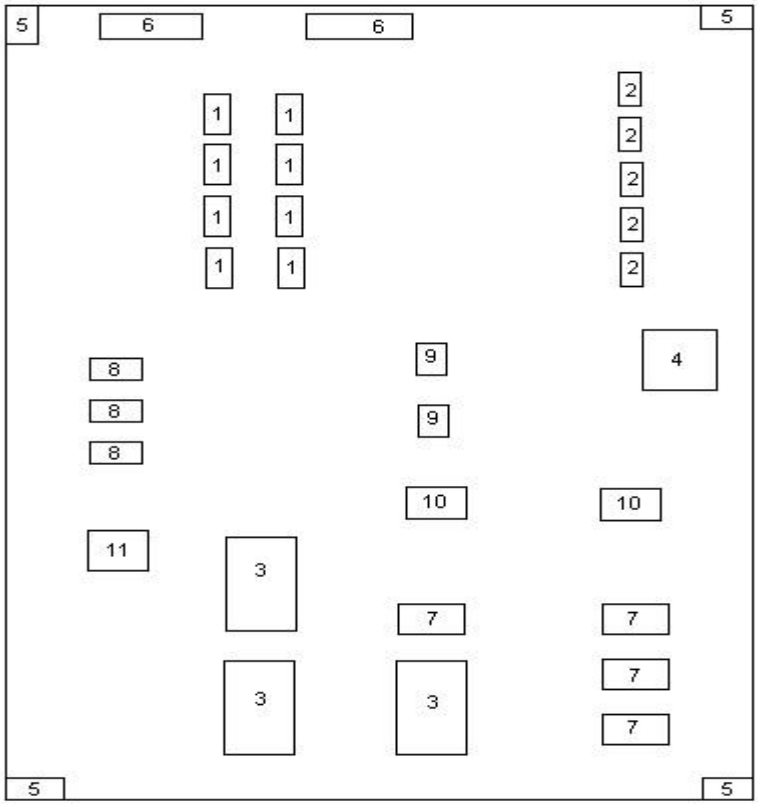
Генеральный план завода



Сведения об электрических нагрузках цехов завода

№ п/п	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1	Главный корпус	380
2	Заводоуправление	75
3	Формовочный	750
4	Механический	790
5	Бетонно-смесительный	520
6	Столовая	150
7	Арматурный	1000
8	Котельная	1300
9	Ремонтно-механический	960
10	Автопарк	500
11	Компрессорная 0,38 кВ	35
	Компрессорная 10 кВ	430
12	Инструментальный цех	-

План инструментального цеха



Сведения об электрических нагрузках инструментального цеха

Номер по плану	Наименование электроприемников	Кол-во	Рном, кВт	Uном, кВ
1	2	3	4	5
1	Металлорежущий станок	8	5	0,38
2	Металлорежущий станок	5	5	0,38
3	Карусельный станок с ЧПУ	3	105	0,38
4	Универсальный станок с ЧПУ	1	70	0,38
5	Вентилятор	4	11	0,38
6	Кран-балка, ПВ=25%	2	5	0,38
7	Машины дуговой сварки, ПВ=65%	4	2,52	0,22
8	Токарный станок	3	30	0,38
9	Фрезерный станок	2	20	0,38
10	Сверлильный станок	2	10	0,38
11	Точило	1	3	0,22

Характеристика среды производственных помещений

№ п/п	Наименование цеха	Характеристика производственных помещений
1	Главный корпус	Нормальная
2	Заводоуправление	Нормальная
3	Формовочный	Нормальная
4	Механический	Нормальная
5	Бетонно-смесительный	Нормальная
6	Столовая	Нормальная
7	Арматурный	Пыльная, жаркая
8	Котельная	Нормальная
9	Ремонтно-механический	Нормальная
10	Автопарк	Пыльная, жаркая
11	Компрессорная 0,38 кВ	Нормальная
	Компрессорная 10 кВ	Нормальная
12	Инструментальный	Нормальная

Характеристика потребителей электроэнергии

№ п/п	Наименование цеха	Категории ЭП по степени бесперебойности питания
1	Главный корпус	III
2	Заводоуправление	III
3	Формовочный	II
4	Механический	II
5	Бетонно-смесительный	III
6	Столовая	III
7	Арматурный	III
8	Котельная	II
9	Ремонтно-механический	II
10	Автопарк	III
11	Компрессорная 0,38 кВ	III
	Компрессорная 10 кВ	III
12	Инструментальный	III

Оглавление

Введение 13
Описание предприятия и вида его деятельности 15
1 Расчет электрических нагрузок ремонтно-механического завода 16
1.1 Расчет электрической нагрузки инструментального цеха 16
1.2 Расчет суммарной электрической нагрузки завода 20
1.3 Расчет полной нагрузки ремонтно-механического завода 22
2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок 24
3 Расчет числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций 27
4 Расчет компенсации реактивной мощности 30
5 Расчет главной понижающей подстанции 32
6 Расчет линий питания для ГПП завода 33
7 Расчет внутризаводской сети 10 кВ 36
8 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В 38
9 Расчет и выбор электрооборудования в сетях напряжением 110 и 10 кВ 42
9.1 Выбор коммутационных аппаратов 42
9.3 Выбор шин и изоляторов 43
9.4 Выбор опорных изоляторов 46
9.5 Выбор шкафов КРУ 10 кВ 46
10. Электроснабжение инструментального цеха 48
10.1 Выбор автоматических выключателей 49
10.2 Выбор сечений линий питающей сети 54
10.3 Выбор сечения питающего проводника РУ-ШРА 55
11 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В, проверка срабатывания защиты от однофазных КЗ 58
11.1 Построения эпюры отклонений напряжения для линий от шин ГПП до наиболее удалённого от цеховой ТП электроприёмника для режимов максимальной и минимальной нагрузок 58
11.2 Расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до электроприёмника цеха (Токарный станок) 65
12 Построение карты селективности действия аппаратов защиты для участка цеховой сети 0,4 кВ от вводного автомата на подстанции до электроприёмника 69
13 Освещение цеха 71
14 Социальная ответственность 75
Введение 75

14.1 Анализ опасных и вредных факторов 75
14.2 Техника безопасности 76
14.3 Производственная санитария 81
14.4 Пожарная безопасность 88
14.5 Охрана окружающей среды 91
14.6 Чрезвычайные ситуации 92
15 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 94
15.1 Оценка конкурентоспособности люминесцентной и светодиодной технологий 94
15.2 Анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения выбираемых технологий для искусственного освещение цеха 95
15.2.1 Расчет сметной стоимости освещения цеха 96
15.2.2 Расчет эксплуатационных расходов 101
15. 3 Организация электромонтажных работ 106
Вывод 107
Заключение 108
Список литературы 110
Приложение 1 Схема питания цеховых подстанций и высоковольтных приемников
Приложение 2 Схема осветительной сети инструментального цеха
Приложение 3 Однолинейная схема инструментального цеха

Введение

В настоящее время все отрасли промышленности являются потребителями электроэнергии, получаемой от электрических станций. Количество электрифицированного оборудования используемого в технологических процессах предприятий неуклонно растет с каждым годом, что является неотъемлемым процессом эволюции развития технологий в целом. Весь объем электрической энергии до приемников предприятий транспортируется посредством электрических сетей, поэтому электрические сети являются одними из самых важных систем в общей системе жизнедеятельности предприятий. Из-за таких важных аспектов возлагаемых на электрические сети большая ответственность возлагается на проектирование данных систем, поэтому проектирование электрических сетей должно учитывать в себе:

а) Технологические особенности промышленных предприятий, в которых учитываются следующие факторы:

неравномерность процесса производства в реалиях колебания спроса продукции предприятия на рынке

развитие и изменение технологического процесса в связи с перевооружением оборудования предприятия и внедрения новых технологий

Вышеуказанные факторы ведут к колебанию во времени электроемкости предприятия, по этому, при проектировании системы электроснабжения, проектировщик должен учесть данные факторы и спроектировать электрическую систему, в части надежности, гибкости схемы под конкретное предприятие промышленности.

б) Процесс производства, распределения и потребления электроэнергии заключается в одновременности протекания данных процессов, невозможно производить электроэнергию без ее потребления, и наоборот. Электроэнергия, поступающая потребителям проходит сложный путь, включающий в себя распределение и преобразование в энергосети, с неминуемыми потерями, которые нужно учитывать.

в) В электрических сетях на физическом уровне протекают мгновенные переходные процессы, поэтому для обеспечения надежности и качества электрической энергии передаваемой сетью требуются специальные автоматические устройства.

Основной задачей при проектировании электроснабжения предприятия рассмотреть электроснабжение предприятия как самостоятельную подсистему в системе производства.

В выпускной квалификационной работе произведен расчет электроснабжения Ремонтно-механического завода (РМЗ) и инструментального цеха данного предприятия в соответствии правилами расчета электроснабжения промышленных предприятий.

Описание предприятия и вида его деятельности

Ремонтно-механический завод – это вспомогательное производство, которое обеспечивает основные производства ремонтом основных средств и оборудования. Направления работы предприятия следующие: обеспечение предприятий запасными частями; проведение монтажа и ремонта оборудования, зданий и сооружений, занимается изготовлением нестандартного оборудования, общепромышленной продукции. Производство ориентировано на выпуск нестандартного оборудования, оснастки, инструмента и запасных частей для организаций, а так же проведения монтажных и ремонтно-строительных работ по капитальному ремонту и капитальному строительству зданий и сооружений.

Характер производства – мелкосерийный и единичный, с замкнутым циклом. Производство оснащено универсальным оборудованием. Имеется участок станков с ЧПУ (токарные, фрезерные, электроискровые), на которых выполняется механическая обработка деталей сложной конфигурации с возможностью быстрой переналадки под изменяющуюся производственную программу. Штат укомплектован работниками обширного спектра специальностей, необходимых для ритмичного производственного процесса.

В связи со сложными технологическими процессами, протекающими на данном предприятии, в его составе присутствует большое количество электрифицированного оборудования для выполнения обширного спектра задач ставящихся предприятию при выполнении обязательств перед заказчиками. Предприятие является энергоемким. Поэтому обеспечение предприятия электроэнергией, а значит и надежность электроснабжения это одно из самых важных условий функционирования данного предприятия в целом.

1 Расчет электрических нагрузок ремонтно-механического завода

1.1 Расчет электрической нагрузки инструментального цеха

Расчет силовых нагрузок цеха производим по методу упорядоченных диаграмм. Электроприемники цеха разбиваются на две группы с одинаковыми режимами работы:

- ЭП график нагрузки переменный, $k_и<0,6$ – группа А;
- ЭП график нагрузки постоянный, $k_и \geq 0,6$ – группа Б [1]. По каждой группе определяется суммарная номинальная мощность:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^{n} P_{номі} \text{ [кВт]}, \qquad (1)$$

в которую входят мощности ЭП, приведенные к ПВ=100%. Средняя активная нагрузка для более загруженной смены, для каждой группы электроприемников [1]:

$$P_{см} = k_и \cdot P_{ном} \text{[кВт]}, \qquad (2)$$

где $k_и$ – коэффициент использования.

Средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot tg\varphi \text{ [кВар]}, \quad (3)$$

Коэффициент использования $k_и$ и cosφ для каждого ЭП или группы ЭП определяются из справочных данных [2].

Средневзвешенный коэффициент использования определяется [1]:

$$K_{и.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}}, \quad (4)$$

где $\sum P_{см}$ – сумма средней активной нагрузки за наиболее загруженную смену группы ЭП цеха, $\sum P_{ном}$ - сумма установленных мощностей группы ЭП цеха [1].

Коэффициент максимума активной мощности определяется по кривым или по таблице [2] в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования $К_{и.ср}$ и эффективного числа электроприемников $n_э$, для данной группы [1]:

$$n_э = \frac{\left(\sum_1^n P_{номі}\right)}{\sum_1^n P_{номі}} \qquad (5)$$

При m≤3 и любом значении $К_{и.ср}$ допускается принимать $n_э$=n, где n – исходное число ЭП; $m = \frac{P_{ном.\max}}{P_{ном.\min}}$ [1].

Расчетная активная и реактивная мощности группы приемников определяются из выражений [1]:

$$P_{\max} = k_{\max} \cdot P_{см}, \quad [кВт] \qquad (6)$$

$Q_{\max} = Q_{см}$ при $n_э$>10,

$Q_{\max} = 1{,}1 \cdot Q_{см}$ при $n_э$≤10.

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по коэффициенту спроса и установленной мощности:

$$P_{р.о} = P_{ном.о} \cdot k_{с.о}, [кВт] \qquad (7)$$

$k_{с.о}$ принимается по справочным данным [3].

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_ц, [кВт] \qquad (8)$$

где $Р_{уд.о}$ – удельная плотность осветительной нагрузки по таблице [3],

$F_ц$ – площадь цеха по генплану (рис.1.2).

Полная расчетная нагрузка цеха с учетом освещения определяется:

$$S_р = \sqrt{\left(P_р + P_{р.о}\right)^2 + Q_р^2} \ [кВА] \qquad (9)$$

Расчетный ток:

$$I_р = \frac{S_р}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} [А] \qquad (10)$$

Пример:

а) Кран-балка ПВ=25%: $Р_{уст}$=5 кВт; $k_и$=0,1, cosφ=0,5 по таблице [1];

$Р_{ном} = Р_{уст} \cdot \sqrt{ПВ} = 5 \cdot \sqrt{0{,}25} = 3{,}16$ [кВт];

$P_{см} = k_и \cdot P_{ном} = 0{,}1 \cdot 3{,}16 = 0{,}316$ [кВт];

$Q_{см} = P_{см} \cdot tg\varphi = 0{,}316 \cdot tg\left(\arccos(0{,}5)\right) = 0{,}55$ [кВар];

$$m = \frac{P_{ном.\max}}{P_{ном.\min}} = \frac{105}{3} = 35;$$

б) Эффективное число электроприемников:

Группа А: $m > 3$, $k_и >\geq 0,2$, $n_э = \frac{2\Sigma P_{ном.i}}{P_{ном.\max}} = \frac{2 \cdot 665}{105} = 12$

Тогда $n_э = 12$

По таблице [1] $k_м = 1,75$

$F_ц$=1753 м^2; $k_{с.о}$=0,85; $P_{уд.о}$=0,015 кВт/м^2; по таблице [3];

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_ц = 0,015 \cdot 1753 = 26,29 \text{ [кВт];}$$

$$P_{р.о} = P_{ном.о} \cdot k_{с.о} = 25,61 \cdot 0,85 = 21,7 \text{ [кВт];}$$

$$S_р = \sqrt{\left(P_р + P_{р.о}\right)^2 + Q_р^2} = \sqrt{\left(186 + 21,7\right)^2 + 189,8^2} = 281,3 \text{ [кВА];}$$

$$I_р = \frac{S_р}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{281,3}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 427,5 \text{ [А].}$$

Расчёты отраженны в таблице 1.1.

Таблица 1.1- Расчёт электрических нагрузок инструментального цеха

№ п/п	Наименование узлов питания и групп электроприёмников	Количество ЭП n	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		m=Рн. макс./Рн. мин.	Коэффициент использования Ки	Cosφ / tgφ	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число Электроприёмников nэф	Коэффициент максимума Км	Расчётная нагрузка			Расчётный ток Iр, А
			Одного ЭП (наименьшего, наибольшего) Рн, КВт	Общая Рн, КВт				Рсм=Ки·Рн КВт	Qсм=Рсм·tgφсм КВар			Рр=Км·Рсм, КВт	Qр=Qсм при nэ>10 Qр=1,1·Qсм при nэ≤10 Квар	Sр=√Рр² +Qр² КВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Группа А														
1.	Станки разные	34	3÷105	654		0,14	0,5/1,73	85,5	147,9						
2.	Кран-балка ПВ=25%	1	3,16	3,16		0,1	0,5/1,73	0,316	0,55						
3.	Машины дуговой сварки, ПВ=65%	4	2,03	8,12		0,2	0,65/1,17	1,62	1,9						
	Итого по группе А	36	2-105	665	>3	0,14	—	87,4	150,3	32	1,75	153,	165,14		
	Группа Б														
4.	Вентилятор	4	11	44		0,75	0,8/0,75	33	24,75						
	Этого по группе Б	4	11	44	—	—	—	33	24,75	—	1	33	24,7		
	Итого по цеху (Силовая нагрузка)	40	2÷105	709	—	—	—	120,4	175	—	—	186	189,8		
	Осветительная нагрузка			25,62		$К_{со}$= 0,85						21,7			
	Итого по цеху	40	2÷105	734,8	—	—	—	—	—	—	—	207,7	189,8	281,3	427,5

1.2 Расчет суммарной электрической нагрузки завода

Расчетная полная мощность предприятия определяется по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях [1].

Расчетная нагрузка силовых ЭП цехов определяются по следующим формулам:

$$P_p = k_c \cdot P_{ном}, \qquad (11)$$

$$Q_p = P_p \cdot tg\varphi, \qquad (12)$$

где $P_{ном}$ - сумма установленной мощности ЭП цеха;

k_c - коэффициент спроса, из справочной литературы [2];

tgφ – принимаем по значению коэффициента мощности [1].

Приемники напряжением выше 1000 В., учитываются отдельно. Расчетная активная и реактивная мощности групп приемников выше 1000 В., определяются по выше приведенным формулам [1].

Пример:

Главный корпус: $P_{ном}$=380 [кВт]; k_c=0,8; cosφ=0,8;

$P_p = k_c \cdot P_{ном} = 0,8 \cdot 380 = 304$ [кВт];

$Q_p = P_p \cdot tg\varphi = 304 \cdot tg\left(\arccos\left(0,75\right)\right) = 268$ [кВар];

$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_ц = 0,014 \cdot 20854 = 291,96$ [кВт];

$P_{р.о} = k_{с.о} \cdot P_{ном.о} = 0,95 \cdot 291,96 = 277,36$ [кВт];

$P_p + P_{р.о} = 228 + 277,36 = 545,36$ [кВт];

$S_p = \sqrt{\left(P_p + P_{р.о}\right)^2 + Q_p^2} = \sqrt{\left(545,36\right)^2 + 268^2} = 607,6$ [кВА].

Расчёты отражены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 Расчет суммарных электрических нагрузок завода

№ на ген. плане	Наименование потребителей	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузка		
		Рн, КВт	Кс	$\frac{\cos\varphi}{tg\varphi}$	Рр, КВт	Qр, КВар	Fц, м²	Руд.о, Вт/м²	Рно, Квт	Ксо	Рро, КВт	Рр+Рро, КВт	Qр, КВар	Sр, КВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Потребители электроэнергии 0,38 КВ														
1.	Главный корпус	380	0,8	0,8/0,75	304	268	20854	14	291,96	0,95	277,36	581,36	268	607,6
2.	Заводоуправление	75	0,8	0,8/0,75	60	45	2940	14	41,16	0,85	34,99	94,99	45	105,11
3.	Формовочный	750	0,4	0,7/1,02	300	306	1753	15	26,29	0,85	22,35	322,35	306	444,46
4.	Механический	790	0,2	0,6/1,73	215	211	1753	15	25,61	0,85	21,77	236,96	211,4	469,4
5.	Бетонно-смесительный	520	0,6	0,8/0,75	312	234	9158	15	137,37	0,95	130,5	442,5	234	500,56
6.	Столовая	150	0,8	0,8/0,75	120	90	5260	15	78,9	0,95	74,95	194,95	90	214,72
7.	Арматурный	1000	0,7	0,7/1,02	700	714	2831	15	42,46	0,95	40,34	740,34	714	1028,54
8.	Котельная	1300	0,6	0,8/0,75	780	585	5227	15	78,4	0,85	66,64	846,64	585	1029,1
9.	Ремонтно-механический	960	0,6	0,8/0,75	576	432	7187	15	107,67	0,95	102,29	678,29	432	804,18
10.	Автопарк	500	0,7	0,7/1,02	350	357	2940	15	44,1	0,95	41,89	391,89	357	530,12
11.	Компрессорная 0,38 кВ	35	0,5	0,7/1,02	17,5	17,85	3594	20	71,88	0,85	61,1	78,6	17,85	80,6
12.	Инструменталь-ный	734,8	—	—	186	189,8	1708	15	25,62	0,85	21,77	207,7	189,8	281,3
	Территория завода	—	—	—	—	—	150380	0,22	33,08	1	33,08	33,08	—	—
	Итого по 0,38 КВ	6400,34	—	—	3963,5	3487,5	66188	—	979,56	—	907,84	—	—	—
Потребители электроэнергии 10 КВ														
11	Компрессорная	430	0,5	0,7/1,02	215	219,3	—	—	—	—	—	215	219,3	286,6
	Итого по 10 КВ	430	—	—	215	189,6	—	—	—	—	—	215	189,6	286,6

1.3 Расчет полной нагрузки ремонтно-механического завода

Электроприемники до 1кВ: Электроприемники 10 кВ:

$\sum P_{расч}^{нн}$ =3963,5 [кВт]; $\sum P_{расч}^{вн}$ =215 [кВт];

$\sum Q_{расч}^{нн}$ =3487,5 [кВар]; $\sum Q_{расч}^{вн}$ =189,6 [кВар];

$\sum P_{расч.осв}^{нн}$ =907,84 [кВт].

Расчетная мощность завода, на шинах напряжением до 1 кВ за максимально загруженную смену:

$$S_{расч}^{нн} = \sqrt{\left(\sum P_{расч}^{нн} + \sum P_{расч.осв}^{нн}\right)^2 + \left(\sum Q_{расч}^{нн}\right)^2} = \sqrt{\left(3963,5 + 907,84\right)^2 + 3487,5^2} = 5990 \ \text{[кВА]}$$

Приблизительные потери мощности в распределительной сети 10 кВ и трансформаторах цеховых подстанций определяются по формулам:

$\Delta P_{тр} = 0,02 \cdot S_{расч}^{нн} = 0,02 \cdot 5990 = 119,8$ [кВт];

$\Delta Q_{тр} = 0,1 \cdot S_{расч}^{нн} = 0,1 \cdot 5990 = 599$ [кВар];

$\Delta P_{к.л} = 0,03 \cdot S_{расч}^{нн} = 0,03 \cdot 5990 = 179,7$ [кВт].

Суммарные расчетные активная, реактивная и полная мощности, на шинах 10 кВ ГПП, определяются:

$$P_{р\Sigma} = \left(\sum P_{расч}^{нн} + \sum P_{расч}^{вн}\right) \cdot k_{р.м} + P_{расч.осв}^{нн} + \Delta P_{тр} + \Delta P_{к.л} =$$
$$= \left(3963,5 + 215\right) \cdot 0,95 + 907,84 + 119,8 + 179,7 = 5270,4 \ [кВт];$$

$$Q_{р\Sigma} = \left(\sum Q_{р}^{нн} + \sum Q_{р}^{вн}\right) \cdot k_{р.м} + \Delta Q_{т} = \left(3487,5 + 189,6\right) \cdot 0,95 + 599,06 = 4142 \ \text{[кВар]},$$

где $k_{р.м}$- коэффициент разновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприемников, характеризующий смещение максимума отдельных ЭП во времени, что вызывает снижение суммарного графика нагрузки по сравнению с суммой максимумов отдельных ЭП или групп ЭП, принимаемый в пределах 0,9 - 0,95;[1]

$$S_{расч\Sigma} = \sqrt{P_{р\Sigma}^2 + Q_{р\Sigma}^2} = \sqrt{5270,4^2 + 4142^2} = 6702,9 \ \text{[кВА]}.$$

Приближенные потери мощности в трансформаторах главной понизительной подстанции определяются из выражений:

$$\Delta P_{mp}^{гпп} = 0,02 \cdot S_{расчΣ} = 0,02 \cdot 6703 = 134, \text{ [кВт]};$$

$$\Delta Q_{mp}^{гпп} = 0,1 \cdot S_{расчΣ} = 0,1 \cdot 6703 = 670,3 \text{ [кВар]}.$$

Максимум реактивной мощности, передаваемой из сети внешней системы в сеть завода в режиме максимальных активных нагрузок энергосистемы:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{pΣ} = 0,29 \cdot 5270,4 = 1528 \text{ [кВар]},$$

где α– расчетный коэффициент, соответствующий средним условиям передачи реактивной мощности по сетям системы к потребителям, с учетом затрат на потери мощности и энергии в различных объединенных энергетических системах [2]:

для Сибири α = 0,29 при $U_{ном}$ = 110 кВ;

Мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{ку} = Q_{pΣ} - Q_c = 4142 - 1528 = 2614 \text{ [кВар]}. \qquad (13)$$

Полная расчетная мощность завода со стороны ВН напряжения ГПП рассчитывается:

$$S_{расч}^{гпп} = \sqrt{(P_{pΣ} + \Delta P_{mp}^{гпп})^2 + (Q_{pΣ} + \Delta Q_{mp}^{гпп} - Q_{ку})^2} =$$
$$= \sqrt{(5270,4 + 134)^2 + (4142 + 670,3 - 2614)^2} = 5835 кВА. \qquad (14)$$

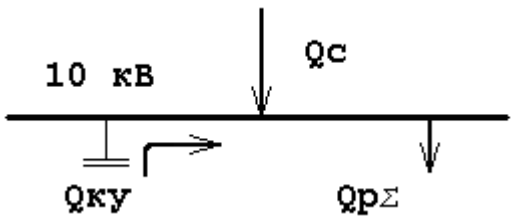


Рисунок 1.1 Наглядная схема компенсации реактивной мощности

2 Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Картограмма нагрузок представляет собой размещённые на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определённом масштабе соответствуют расчётным нагрузкам цехов.

Радиусы окружностей для каждого цеха определяются из выражения [1]:

$$r_i = \sqrt{\frac{S_{pi}}{\pi \cdot m}}, \quad (15)$$

где S_{pi} – расчётная площадь i – го цеха с учётом освещения, кВА; m – масштаб определяющий площадь круга, кВА/мм² (постоянный для всех цехов завода).

Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются отдельными кругами или секторами в круге. Будем считать, что цеховые нагрузки распределены равномерно, и центр нагрузок совпадет с центром тяжести фигуры, которой отображается цех на плане.

Нагрузка выделенная для освещения цеха изображается в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1 кВ. Угол сектора (α) определяется из соотношения полных расчётных (S_{pi}) и осветительных нагрузок (P_{po}) цехов:

$$\alpha = \frac{360° \cdot P_{po}}{S_{pi}}. \quad (16)$$

Расчёты систематизированы в таблице 2.1.

На генплане завода произвольно наносятся оси координат и определяются значения x_i и y_i для каждого цеха. Точка координат центра электрических нагрузок завода x_i и y_i рассчитываются по формулам:

$$x_o = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}}, \quad (17)$$

$$y_o = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}}. \quad (18)$$

Пример:

По (15): $r_1 = \sqrt{\frac{S_{расч1}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{607,6}{\pi \cdot 2}} = 9,5$ *мм*;

$$\alpha = \frac{360° \cdot P_{расч.осв1}}{S_{расч1}} = \frac{360^{\circ} \cdot 277,36}{607,6} = 173,5^{\circ};$$

$$x_o = \frac{\sum S_{расчi} \cdot x_i}{\sum S_{расчi}} = \frac{569811,8}{5923,2} = 96,2 \ [м];$$

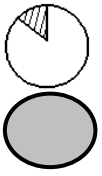
$$y_o = \frac{\sum S_{расчi} \cdot y_i}{\sum S_{расчi}} = \frac{361907,5}{5923,2} = 61,1[м].$$

Генплан предприятия и картограмма нагрузок изображены на рисунке 2.1.

Таблица 2.1 - Данные для построения картограммы нагрузок и определения центра электрических нагрузок

№ цеха	$S_{расчi}$,кВА	$P_{расч.освi}$,кВт	R_i, мм	α_i, град	X_i, м	Y_i, м	$S_{расчi} \cdot X_i$, МВА·м	$S_{расчi} \cdot Y_i$, МВА·м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
потребители 0,38 кВ								
1	607,6	227,36	9,5	173,5	96,2	61,1	48892	11504
2	105,11	34,99	4	119,8	145	42	15240,95	4414,62
3	444,46	22,35	8	18,1	132	40	58668,72	17778,4
4	469,4	21,77	7	26,5	120	40	36403,2	12134,4
5	500,56	130,5	9	93,8	95	45	47553,2	22525,2
6	214,72	74,95	6	125,7	70	45	15030,4	9662,4
7	1028,54	40,34	12,8	14,1	50	70	51427	71997,8
8	1029,1	66,64	12,8	23,3	75	75	77182,5	77182,5
9	804,18	102,29	11,3	45,8	115	75	92480,7	60313,5
10	530,12	41,89	9,2	28,4	145	75	76867,4	39759
11	80,6	61,1	3,6	272,9	130	95	10478	7657
12	281,3	21,7	7	25	50	45	36503	12004
потребители 10 кВ								
11	307,1	-	7	-	130	95	39924,3	29175,45
итого	6370,39	-	-	-	-	-	504336,3	305089,7

Условные обозначения и пояснения к рисунку 2.1:



- Электрическая нагрузка до 1000 В (заштрихованный сектор нагрузка освещения);

- Электрическая нагрузка выше 1000 В

123,7 – Расчетная кажущаяся мощность цеха, кВА

448,9 – Расчетная активная мощность освещения, кВт

ЦЭН – центр электрических нагрузок

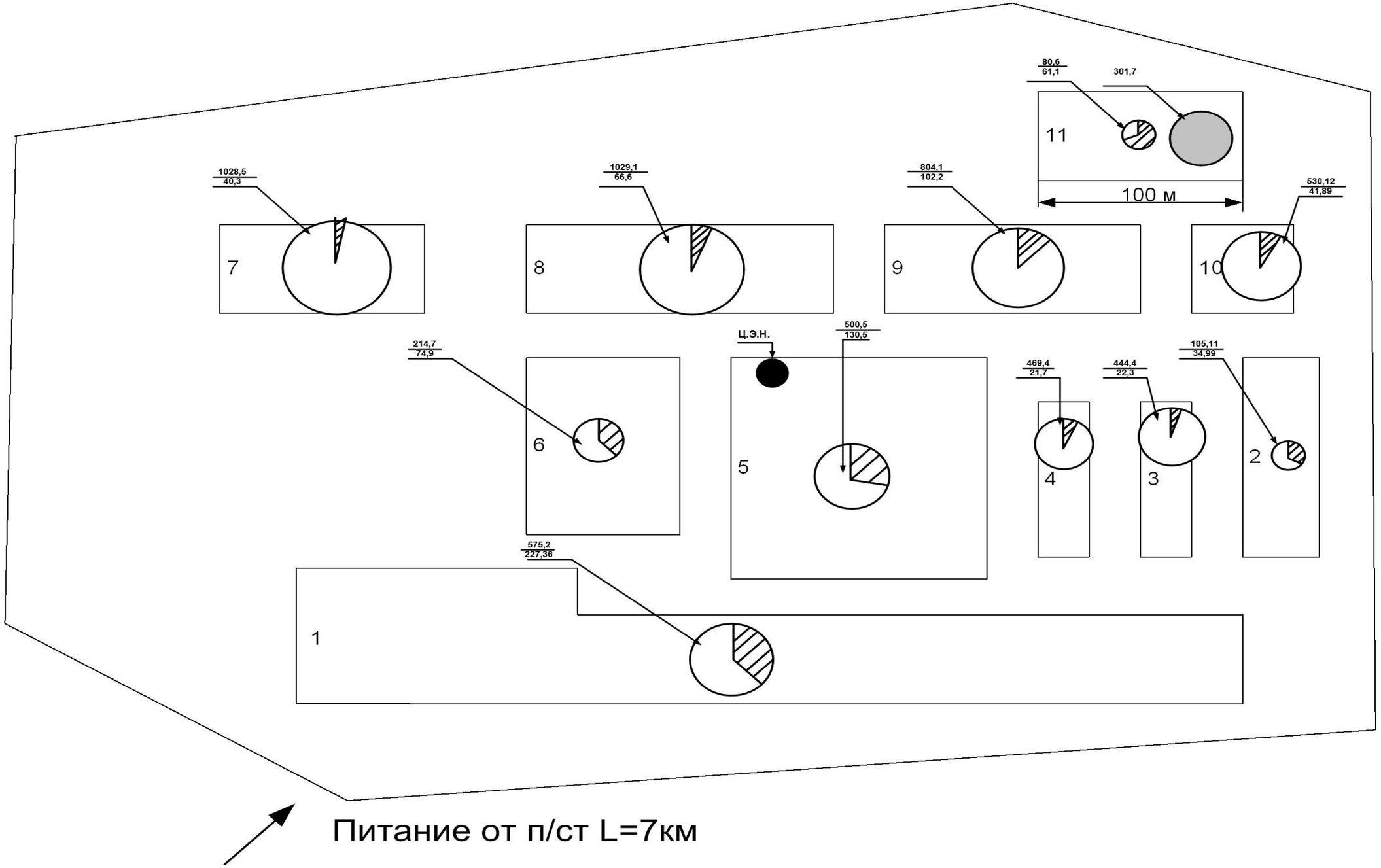


Рисунок 2.1 Генплан предприятия и картограмма нагрузок

3 Расчет числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций

Расчет группы цеховых трансформаторов, номинальная мощность цеховых трансформаторов определяется плотностью нагрузки, для облегчения эксплуатации, ремонте и обслуживании, трансформаторы выбираются с одинаковыми параметрами для всего завода. Удельная плотность нагрузки рассчитывается по формуле [1]:

$$\sigma = \frac{S_{расч}^{нн}}{\sum F_ц} = \frac{5990}{66188} = 0,09 \quad [кВА/м^2] \qquad (19)$$

Где $\sum F_ц$ -площадь цехов завода.

При удельной плотности нагрузки 0,09[кВА/м^2], рекомендуемая мощность трансформаторов $S_{ном\ тр}$ = 630 кВА [табл.2.5,1].

Минимально возможное число трансформаторов цеховых ТП:

$$N_0 = \frac{\sum (P_p^н + P_{ро})}{\beta_T \cdot S_{ном.тр}} = \frac{3963,5 + 907,84}{0,7 \cdot 630} = 11,21, \qquad (20)$$

где β_T – коэффициент загрузки цеховых трансформаторов в нормальном режиме (принимается 0,7). Полученную величину округляем до ближайшего большего целого числа, принимаем N = 12 трансформаторов. После выбора мощности и числа цеховых трансформаторов распределяются активные нагрузки цехов между ними равномерно[1].

Активная нагрузка на один трансформатор:

$$P_1 = \frac{\sum (P_p + P_{ро})}{N} = \frac{4871,34}{12} = 406 \ [кВт]. \qquad (21)$$

Определим число трансформаторов для установки в цехах предприятия:

$$N_i = \frac{(P_{р.о} + P_р)_i}{P_i}; \qquad (22)$$

Данные полученные из расчётов устанавливаемых цеховых трансформаторов отраженны в таблице 3.1.

Пример:

По (22) $N_i = \frac{P_{р.о1} + P_{р1}}{P_1} = \frac{581,36}{406} = 1,4.$

Таблица 3.1 - Число трансформаторов в цехе

№ цеха на генплане	Наименование цехов	$P_р + P_{р.о}$, КВт	Количество трансформаторов N, шт.
1	*2*	*3*	*4*
1	Главный корпус	581,36	1,4
2	Заводоуправление	94,99	0,21
3	Формовочный	322,35	0,72
4	Механический	217,54	0,49
5	Бетонно-смесительный	442,5	1,0
6	Столовая	194,95	0,44
7	Арматурный	794,34	1,46
8	Котельная	846,64	2,00
9	Ремонтно-механический	678,29	1,52
10	Автопарк	391,89	0,88
11	Компрессорная 0,38 кВ	78,6	0,18
12	Инструментальный	207,7	0,51

Из за получения дробных чисел, объединяем нагрузки ближайших цехов:

$N_1 + N_6 = 1,4 + 0,44 = 1,84;$

$N_2 + N_3 + N_{10} = 0,21 + 0,72 + 0,88 = 1,81;$

$N_9 + N_4 = 1,52 + 0,49 = 2,01;$

Цеха, имеющие II категорию ЭП по степени бесперебойности питания запитываются от двух трансформаторов. Данные по распределению электрических нагрузок по пунктам питания сведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

№ п/п	**Наименование пункта питания**	**Потребители э/э**	**Место расположения пункта питания на генплане**	**Примечание**
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	ТП - 1	Цех №1, №6	Цех №1	
2	ТП - 2	Цех №3, №2, №10	Цех №3	
3	ТП - 3	Цех №5	Цех №5	
4	ТП - 4	Цех №7, №12	Цех №7	
5	ТП - 5	Цех №8	Цех №8	
6	ТП - 6	Цех №9, №4	Цех №9	
7	РУ - 1	Цех №11	Цех №11	Потребители выше 1 кВ

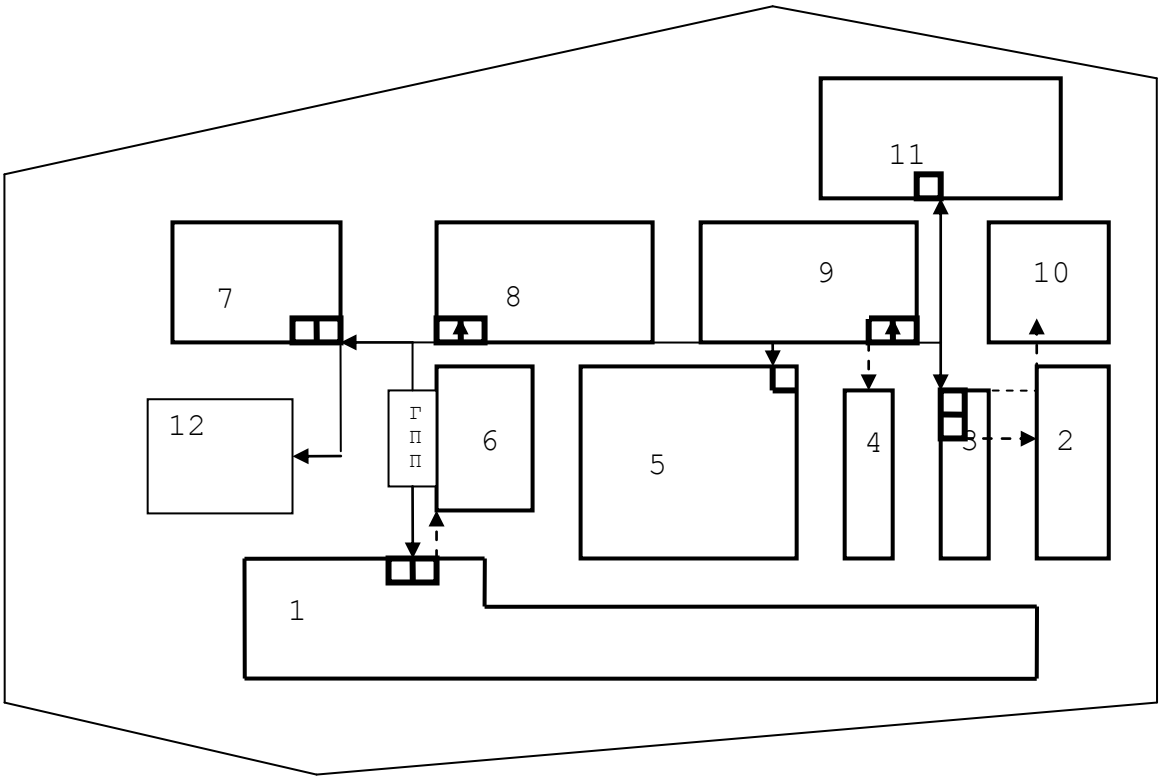


Рисунок 3.1 Схема расположения трансформаторов в цехах

4 Расчет компенсации реактивной мощности

Электросеть завода является единым целым, и компенсацию реактивной мощности для сетей завода напряжением до 1000 В., и сети 10 кВ., выполняется при совместном решении задачи. Из расчетных данных видно, что основными потребителями реактивной мощности являются электроустановки присоединенные к сетям до 1кВ. Компенсация реактивной мощности ЭП осуществляться батареями конденсаторов (БК), присоединенных к сетям до 1000 В [1].

•К секции РП - 10 кВ присоединена нагрузка мощностью $P_н$ = 430,0 [кВт].

•Потребляемая реактивная мощность в сети 10 кВ; Qa= 189,6 [кВАр].

•В сети 0.4 кВ расчётные нагрузки за максимально загруженную смену составляют: $Q_р$ = 3487,5 [кВАр], $P_р$ = 4871,34 [кВт].

Максимальное значение реактивной мощности, передаваемой из внешней электросети в сеть завода в режиме активных максимальных нагрузок электросети определим как меньшее из значений полученных по формулам:

$$Q_C = \alpha \cdot P_{M\sum} = 0,29 \cdot 5270,4 = 1528\,[\text{кВАр}].$$

где: $P_м$ - активная нагрузка на шинах 10 кВ в режиме максимальной активной нагрузки электросети,

α=0,29 - расчетный коэффициент для Сибири, при ВН ГПП 110 кВ [1].

Условие баланса реактивной мощности:

$$Q_c = Q_Э + Q_{СД} = Q_1 + Q_A \qquad (23)$$

$$Q_1 = Q_C - Q_A = 1528 - 189,6 = 1338,4\ [\text{кВАр}]. \qquad (24)$$

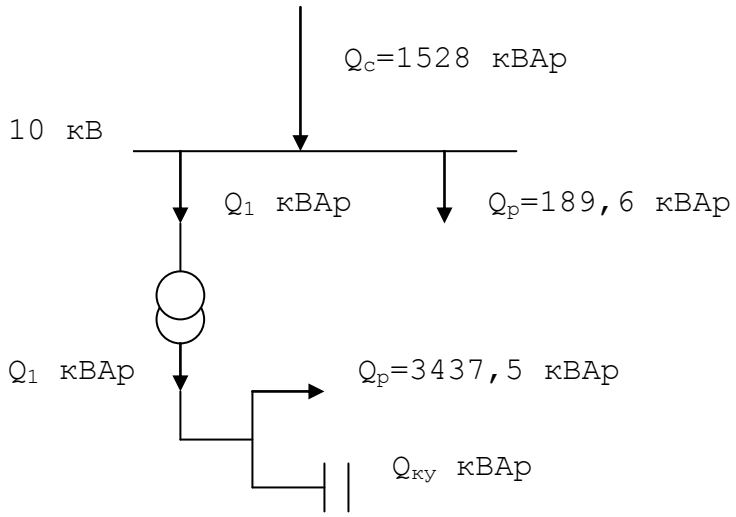


Рисунок 4.1 Распределение реактивной мощности

Общее количество реактивной мощности, передаваемой трансформаторами:

$$Q_1^{'} = \sqrt{\left(N \cdot \beta_T \cdot S_н\right)^2 - \left(\sum P_p + P_{p.o.}\right)^2} = \sqrt{\left(12 \cdot 0,7 \cdot 630\right)^2 - \left(4771,34\right)^2} = 2289 \text{ [кВар]} \quad (25)$$

Мощность компенсирующих устройств до 1000 В:

$$Q_{КУ} = \sum Q_p^н - Q_1 = 3437,5 - 2289 = 1148,5 \text{ [кВар]} \quad (26)$$

Выбираем УКБН - 0,38-100 в количестве 12 штук комплектных конденсаторных установок общей мощностью 1200 [кВАр].

U= 380 В,

Q= 100 кВАр,

$Q_{кб}$= 100·12 = 1200 кВАр.

5 Расчет главной понижающей подстанции

Электроснабжение ремонтно-механического завода осуществляется от подстанции внешней энергосети. При наличии одного источника питания в целях резервирования принимаем схему внешнего электроснабжения по двум радиальным линиям - главная понижающая подстанция с двумя трансформаторами связи. ВЛ линии проектируются воздушными. В номинальном рабочем режиме пропускная способность по току каждой из питающих линий составляет не менее 50 % расчетной нагрузки завода. В режиме аварийной работы любая питающая линия с учетом допустимой перегрузки до 30% должна обеспечить электроэнергией ЭП I и II категорий.

Главную понижающею подстанцию следует разместить на территории завода в соответствии с расчётным центром электрических нагрузок со смещением в сторону внешнего ИП.

Выбор напряжения питающих и распределительных сетей зависит от мощности, потребляемой заводом, его удаленности от источника питания, напряжения источника питания, количества и единичной мощности ЭП [1].

Мощность трансформаторов на ГПП определяется по формуле:

$$S_{н.тр.ГПП} = \frac{S_{рГПП}}{2\beta_T} = \frac{5740}{2 \cdot 0,7} = 4100 кВА \quad (27)$$

Расчетное значение трансформатора ГПП округляется до ближайшего большего стандартного значения.

Выбираем трансформаторы с $S_{ном}$ = 6300 кВА, ТМН – 6300/110 [1].

В номинальном режиме коэффициент загрузки трансформаторов главной понижающей подстанции завода равен 0,7, в аварийном режиме любой из трансформаторов при упитываемом условии допустимой перегрузки до 40%, покроит полностью мощность завода, т.к. $S_р^{ГПП} \langle 1.4 \cdot S_{н.тр}$; (28) 5740‹1,4·6300 = 8820 [кВА].

6 Расчет линий питания для ГПП завода

Питающие линии выполняются проводом АС. Выбор сечения провода производится по нагреву расчетным током и экономической плотности тока:

$$I_{р.л} = \frac{S_{р.ГПП}}{2\sqrt{3}U_н} = \frac{5740}{2\sqrt{3}\cdot 110} = 15,06 \quad [A] \qquad (29)$$

В послеаварийном режиме:

$$I_{р.л.а} = \frac{S_{р.ГПП}}{\sqrt{3}U_н} = \frac{5740}{\sqrt{3}\cdot 110} = 30,1 \quad [A] \qquad (30)$$

Так как $T_м > 5000$ ч. Соответственно экономическая плотность тока для неизолированных проводов равна $j_э = 1$, А/мм^2 [1].

$$S_{эк} = \frac{I_р}{j_э} = 15,06, \quad [мм^2]. \qquad (31)$$

Принимаем ближайшее стандартное сечение:

АС – 70

$I_{доп} = 265$, А

Проверим выбранное сечение:

1) По послеаварийному току при отключении одной из линий:

$I_{р.а} \le 1,3 \cdot I_{доп}$

52 А < 1,3·265 = 795, А

2) По условию коронирования: $1,07 \cdot E \le 0,9 \cdot E_0$

максимальное значение начальной критической напряженности электрического поля:

$$E_0 = 30,3 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_{пр}}}\right), \qquad (32)$$

где m – коэффициент, который учитывает шероховатость поверхности провода (m=0,82); $r_{пр}$ – радиус провода, мм;

напряженность электрического поля около поверхности нерасщепленного провода [3] $E = \frac{0,354 \cdot U}{r_{пр} \cdot \lg \frac{D_{ср}}{r_{пр}}}$ (33)

где $D_{ср}$=1,26·D - среднегеометрическое расстояние между проводами фаз, см; D - расстояние между соседними фазами, D = 400 см [3];

$$E_0 = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{0,55}}\right) = 34,86 \text{ [кв/см];}$$

$$E = \frac{0,354 \cdot 110}{0,55 \cdot \lg \frac{1,26 \cdot 400}{0,55}} = 10,38 \text{ [кВ/см];}$$

1,07·10,38≤0,9·34,86 [кВ/см];

11,1 ≤ 31,37 [кВ/см].

3) По условию механической прочности: 70 мм^2 > 25 мм^2 [3].

4) По потере напряжения:

$$l_{доп} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{доп}\% \cdot \frac{I_{доп}}{I_p} \geq l_ф \qquad (34)$$

$l_{доп}$ – допустимая длина линии

$l_{\Delta U 1\%} = 1,48$ (справочное данное)

$l_ф = 7, км$ – фактическая длина линии

$\Delta U_{доп}\% = 5\%$ (для нормального режима)

$I_{доп} = 265, A$

$I_p = 14,51, A$

$$l_{доп} = 1,48 \cdot 5 \cdot \frac{265}{15,06} = 133, км > 15, км$$

Принятая схема внешнего электроснабжения отвечает основным требованиям, предъявляемым к схемам внешнего электроснабжения:

– необходимая надёжность;

– простота и удобство в эксплуатации;

– при аварийных ситуациях (выход из строя линии, трансформатора) оставшийся в работе элемент принимает на себя полностью или частично нагрузку с учетом дополнительной перегрузки в послеаварийном режиме работы (трансформатор допускает перегрузку 40%, линия 30%);

– схема учитывает перспективу развития предприятия;

– схема обеспечивает возможность проведения плановых и внеплановых ремонтных работ [1].

Электроснабжение ремонтно-механического завода осуществляется от подстанции энергосистемы, находящейся на расстоянии семи километров от главной понижающей подстанции. Для повышения надежности электроснабжения электросеть выполнена по двум радиальным линиям на напряжение 110 кВ. Линии питания завода выполняются воздушными. Главная понизительная подстанция завода укомплектована двумя двухобмоточными трансформаторами ТМН – 6300/110. ГПП размещена внутри территории завода и смещена в сторону внешнего источника питания.

Со стороны высшего напряжения (110 кВ), ГПП укомплектовывается высоковольтными выключателями.

Оборудование на 10 кВ в ГПП установлено открыто (ОРУ). На стороне 10 кВ принята одинарная система шин, секционированная масляным выключателем с устройством АВР.

Цеховые трансформаторные подстанции укомплектованы трансформаторами мощностью 630 кВА. Питание ЭП цехов выполнено через распределительные пункты. Нагрузка по заводу распределена равномерно. Распределительные устройства на 10 кВ комплектуются из шкафов КРУ (комплектного распределительного устройства) оснащенными выключателями на выкатных тележках.

7 Расчет внутризаводской сети 10 кВ

Распределительная сеть выше 1000 В по территории завода производиться КЛ – 0,4 к (кабельными линиями), проложенными по двухъярусной эстакаде.

Сечения кабельных линий выбирается по расчетному току установки:

$$I_{расч} = \frac{N_{тр} \cdot S_p}{N_{кл} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (35)$$

где $I_р$ – расчетный ток установки, А;

Полученное сечение следует округлить до ближайшего стандартного. Ток для КЛ рассчитывается по условиям для нормальной работы. Увеличение тока при аварийной ситуации не учитываеться. Расчетным током линии для питающих цеховых трансформаторов, преобразователей, высоковольтных электродвигателей и трансформаторов электропечей является их номинальный ток, независимо от фактической загрузки [1].

Пример:

Выбор кабеля для участка ГПП - ТП-5.

$$I_{расч} = \frac{N_{тр} \cdot S_p}{N_{кл} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{500,56}{\sqrt{3} \cdot 10} = 28,9 \text{ [А];}$$

Округляем полученное значение до ближайшего стандартного значения 35 мм²; выбираем кабель марки АСБ – (3×35) по таблице [3] с $I_{доп}$=130 А ;

Учитывая поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле $k_{пр}$ [3]:

$$I^1_{доп} = k_{прокл} \cdot I_{доп} = 0,9 \cdot 165 = 148,5 \text{ [А];} \quad (36)$$

$$I_{расч.ав} = 2 \cdot I_{расч} = 2 \cdot 28,9 = 57,8 \text{ [А].} \quad (37)$$

Проверка: $I_{расч} \le I^1_{доп}$; $I_{расч.ав} \le 1,3 \cdot I^1_{доп}$;

28,9<148,5 А; 57,8<1,3·148,5 А;

Выбранное сечение удовлетворяет всем условиям.

Данные сечений кабельных линий внутризаводской сети 10 кВ отображены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 Сечения кабельных линий внутризаводской сети 10 кВ

№ п/п	№ линии	Назначение линии	Количество	Расчетная нагрузка на один кабель		Длина линии, км	Способ прокладки	$k_{прокл}$	Марка и сечение кабеля, S_i, мм^2	Допустимая нагрузка на один кабель	
				$I_р$,А	$I_{ра}$,А					$I_{доп}$,А	1,3$I_{доп}$, А
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
1	КЛ 1	ГПП-ТП1	2	95	190	0,04	По эстакаде	1	АСБ-2(3х95)	255	331,5
2	КЛ 2	ГПП-ТП2	2	124,8	249,6	0,28	По эстакаде	1	АСБ-2(3х150)	340	442
3	КЛ 3	ГПП-ТП3	2	28,9	57,8	0,18	По эстакаде	1	АСБ-2(3х35)	130	169
4	КЛ 4	ГПП-ТП4	2	118,9	237,8	0,06	По эстакаде	1	АСБ-2(3х120)	295	383,5
5	КЛ 5	ГПП-ТП5	2	118,9	237,9	0,06	По эстакаде	1	АСБ-2(3х120)	295	383,5
6	КЛ 6	ГПП-ТП6	2	126,1	252,2	0,23	По эстакаде	1	АСБ-2(3х150)	340	442
7	КЛ 7	ГПП-РУ1	2	9,03	18,06	0,4	По эстакаде	1	АСБ-2(3х10)	67,5	87,75

8 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

Все электрические аппараты и токоведущие части электрических установок должны быть выбраны таким образом, чтобы исключалось их разрушение при прохождении по ним наибольших возможных токов КЗ, в связи с чем возникает необходимость расчёта этих величин [1].

Расчёт токов КЗ ведётся в относительных единицах. Для этого все расчётные данные приводят к базисному напряжению и базисной мощности.

Величина базисного напряжения $U_б$ превышает номинальное на 5%. За базисную мощность $S_б$ принимают любое число кратное 10 [1].

Для расчёта токов КЗ составляется расчётная схема – упрощенная однолинейная схема электроустановки, в которой учитываются все источники питания (п/ст энергосистемы, генераторы ТЭЦ), трансформаторы, воздушные и кабельные линии [1].

Схема замещения составляется на базе расчётной схемы, в данной схеме указываются сопротивления всех элементов и намечаются точки для расчётов токов КЗ.

Базисные сопротивления в относительных единицах определяются по следующим формулам:

1. Сопротивление воздушных и кабельных линий:

$$r_{б*} = r_o \cdot l \frac{S_б}{U_б^2}; \quad (36) \qquad x_{б*} = x_o \cdot l \frac{S_б}{U_б^2}, \quad (37)$$

где r_o и x_o – соответственно активное и индуктивное сопротивление линии на один км длины, Ом/км; l – длина линии, км.

2. Индуктивное сопротивление трансформатора:

$$x_{б*} = \frac{U_к}{100} \frac{S_б}{S_{н.тр}}, \quad (38)$$

где $U_к$ – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$S_{ном.тр}$ – номинальная мощность трансформатора, МВА.

Для генераторов, трансформаторов, высоковольтных линий учитываются их индуктивные сопротивления. Если протяжённость сети воздушной или ка-

бельной составляет весьма весомое значение, то в расчетах следует учесть их активные сопротивления. Считается целесообразно учитывать активное сопротивление, если соотношение между суммарными активными r_Σ и реактивными x_Σ сопротивлениями до места КЗ следующие: $r_\Sigma > x_\Sigma/3$.

Действующее значение установившегося тока КЗ: $I_к = \frac{I_б}{Z_{б*\Sigma}}$, (39)

где $I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3}\cdot U_б}$; – базисный ток; $Z^*_{б\Sigma} = \sqrt{(R^*_{б\Sigma})^2 + (X^*_{б\Sigma})^2}$ – полное сопротивление от источника питания до точки КЗ, выраженное в относительных единицах и приведенное к базисной мощности (если активное сопротивление не учитывается, то $Z^*_{б\Sigma} = x^*_{б\Sigma}$).

Ударный ток КЗ:

$$i_y = I_к \cdot \sqrt{2} \cdot k_{уд}; \quad (40)$$

где $k_{уд}$ – ударный коэффициент.

По величине $I_к$ проверяют токоведущие части и ЭП, на термическую устойчивость. По величине i_y проверяются аппараты на динамическую устойчивость.

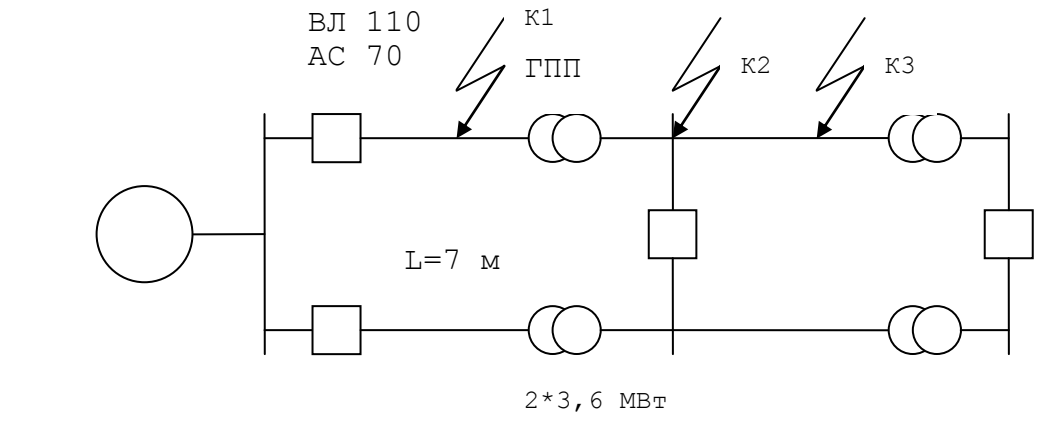
Для расчёта токов КЗ принимаем базисные величины:

Согласно [3] используя стандартный ряд базисных напряжений, принимаем $U_{б1} = 115$ кВ, $U_{б2} = 10{,}5$ кВ.

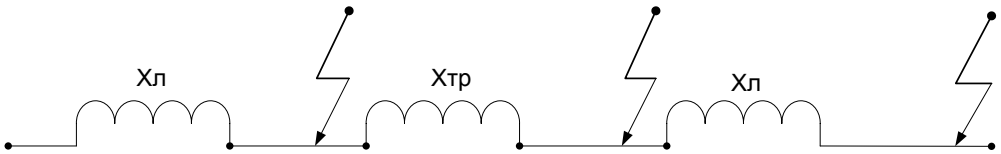
За базисную мощность, согласно [3] принимаем $S_б = 100$ МВА.

Принимаем, что мощность источника электроэнергии (энергосистемы) $S_c = \infty$, а индуктивное сопротивление $x_L = 0$.

Расчёт токов КЗ будем проводить для участка распределительной сети 10 кВ ГПП – ТП5 рисунок 8.1. Для данного участка составляем расчётную схему и схему замещения, представленные ниже.



(а)



(б)

Рисунок 8.1 Расчётная схема (а) и схема замещения (б) для участка распределительной сети 10 кВ ГПП – ТП5

Пример расчёта токов КЗ

Для ВЛЭП принимаем удельное индуктивное сопротивление $x_o = 0{,}4$ Ом/км, согласно [3]. Напряжение короткого замыкания для выбранного трансформатора принимаем равным $U_к = 10{,}5\%$, согласно [3].

$$x_{1*} = x_o \cdot l \frac{S_б}{U_{б1}^2} = 0{,}4 \cdot 7 \cdot \frac{100}{115^2} = 0{,}021 \text{ о.е;}$$

$$x_{2*} = x_{тр*} = \frac{U_к}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{ном.тр}} = \frac{10{,}5\%}{100} \cdot \frac{100}{3{,}6} = 3 \text{ о.е;}$$

$$x_{3*} = x_o \cdot l \frac{S_б}{U_{б1}^2} = 0{,}4 \cdot 0{,}18 \cdot \frac{100}{10{,}5^2} = 0{,}065 \text{ о.е;}$$

$$x_{\Sigma 1}^* = x_1^* + x_2^* + x_3^* = 0{,}021 + 3 + 0{,}065 = 3{,}086 \text{ о.е;}$$

$$I_{б1} = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_{б2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0{,}502 \text{ [кА];} \qquad I_{б2} = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_{б2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10{,}5} = 5{,}6 \text{ [кА];}$$

$$I_{б3} = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_{б2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,6 \quad [\text{кА}]; \qquad I_{к1} = \frac{I_{б1}}{x_1^*} = \frac{0,502}{0,021} = 23 \quad [\text{кА}];$$

$$I_{к2} = \frac{I_б}{x_2^*} = \frac{5,6}{3,021} = 1,853 \ [\text{кА}]; \qquad I_{к3} = \frac{I_б}{x_3^*} = \frac{5,6}{3,086} = 1,814 \ [\text{кА}];$$

Согласно [3] принимаем $k_{уд} = 1,8$;

$$i_{у1} = I_{к1} \cdot \sqrt{2} \cdot k_{уд1} = 23 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 58,5 \ [\text{кА}].$$

$$i_{у2} = I_{к2} \cdot \sqrt{2} \cdot k_{уд1} = 1,853 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 4,716 \ [\text{кА}].$$

$$i_{у3} = I_{к3} \cdot \sqrt{2} \cdot k_{уд} = 1,814 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = 4,61 \ [\text{кА}].$$

Используя полученные значения токов короткого замыкания, проверим принятые ранее сечение кабелей на термическую стойкость при КЗ в начале линии.

Формула для определения термически стойкого сечения:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_к}}{C_T}; \quad (41)$$

где $B_к = I_к^{\,2}(t_{отк} + T_a)$ – тепловой импульс тока КЗ, А²·с; T_a – постоянная затухания апериодической составляющей тока КЗ, принимаем равной 0,01 с, согласно [3]; $t_{отк} = t_{р.з} + t_в$ – время отключения КЗ, с; $t_з$ – время действия основной защиты, принимаем равной 1,2 с, согласно [3]; $t_в$ – полное время отключения выключателя; учитывая, что в ЗРУ ГПП установлены выключатели типа ВМПЭ, у которого согласно [3] $t_в = 0,12$ с; C_T – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника, принимаем, согласно [3] равным 85 А·с½/мм².

Пример (линия ГПП – ТП5):

$$F_{\min} = \frac{I_{к1} \cdot \sqrt{t_{отк} + T_a}}{C_T} = \frac{1814\sqrt{1,2 + 0,12 + 0,01}}{85} = 24,61 \ [\text{мм}^2];$$

Полученное значение минимального сечения показывает, что выбранный кабель, для данного участка распределительной сети 10 кВ, АСБ – 2(3×35) проходит по термической стойкости к току КЗ, т.к.: $F \geq F_{\min}$ (35>24,61 мм²).

9 Расчет и выбор электрооборудования в сетях напряжением 110 и 10 кВ

9.1 Выбор коммутационных аппаратов

Выключатели на напряжение 110 и 10 кВ выбираются исходя из следующих параметров:

1 По напряжению установки: $U_{уст} \leq U_{ном}$;

2 По длительному току: $I_р \leq I_н$;

3 По отключающей способности: $I_0 \leq I_{н.откл}$;

4 По электродинамической стойкости: $iy \leq i_{дин}$;

5 По термической стойкости: $B_k \leq I^2_{тер} \cdot t_{тер}$.

Выбор выключателя 110 кВ осуществим в таблице 9.1.

Выбор выключателя 10 кВ, установленного на низкой стороне силового трансформатора ГПП, в таблице 9.2.

Выбор разъединителя 110 кВ осуществим по следующим условиям:

1 По напряжению установки: $U_{уст} \leq U_{ном}$;

2 По длительному току: $I_р \leq I_н$;

3 По электродинамической стойкости: $i_у \leq i_{дин}$;

4 По термической стойкости: $B_k \leq I^2_{тер} \cdot t_{тер}$.

Выбор разъединителя в таблице 9.3.

Выбор разъединителя 10 кВ осуществим по условиям, указанным выше для разъединителя 110 кВ и отразим в таблице 9.4.

Таблица 9.1 - Выбор выключателя 110 кВ

Расчетные данные	Каталожные данные Выключатель ВМТ-110Б-25/1250УХЛ1
$U_{уст}$ = 110 кВ	$U_н$ = 110 кВ
I_{max} = 29,03 А	$I_н$ = 1250 А
I_0 = 23 кА	$I_{н.откл}$ = 25 кА
$i_у$ = 58,5 кА	$i_у$ = 65 кА
$B_k = 23^2 \cdot 1{,}33 = 703{,}5$ кА^{2}с	$I^2_{тер} \cdot t_{тер} = 625 \cdot 3 = 1875$ кА^{2}с

Таблица 9.2 - Выбор выключателя на НН стороне силового трансформатора ГПП

Расчетные данные	Каталожные данные Выключатель ВМП-10-20/630У2
$U_{уст}$ = 10 кВ	$U_{н}$ = 10 кВ
I_{max} = 378 А	$I_{н}$ = 630 А
I_{0} = 1,85 кА	$I_{н.откл}$ = 20 кА
$i_{у}$ = 4,7 кА	$i_{у}$ = 52 кА
$B_{к}$ = 4,5 кА^{2}с	$I^2_{тер}\cdot t_{тер}$ = 1600 кА^{2}с

Таблица 9.3 - Выбор разъединителя 110 кВ

Расчетные данные	Каталожные данные
	Разъединитель РНДЗ.2-110/630Т1
$U_{уст}$ = 110 кВ	$U_{ном}$ = 110 кВ
I_{max} = 29,03 А	$I_{ном}$ = 630 А
$i_{у}$ = 58,5 кА	$i_{дин}$ = 80 кА
$B_{к} = 23^2\cdot 1,33$ = 703,5 кА^{2}с	$I^2_{терм}\cdot t_{терм} = 31,52\cdot 4$ = 3969 кА^{2}с

Таблица 9.4 - Выбор выключателя и разъединителя 10 кВ

Расчетные данные	Каталожные данные	
	Выключатель ВМП-10-20/630У2	Разъединитель РЛНД.2-10/400У1
$U_{уст}$ = 10 кВ	$U_{ном}$ = 10 кВ	$U_{ном}$ = 10 кВ
I_{max} = 252,2 А	$I_{ном}$ = 630 А	$I_{ном}$ = 400 А
$i_{у}$ = 4,61 кА	$i_{дин}$ = 52 кА	$i_{дин}$ = 25 кА
$I_{о}$ = 1,8 кА	$I_{н.откл}$ = 20 кА	-
$B_{к}=1,8^2\cdot 1,33=4,3$ кА^{2}с	$I^2_{терм}\cdot t_{терм}=20\cdot 4=$ $=1600$ кА^{2}с	$I^2_{терм}\cdot t_{терм}=102\cdot 4=$ $=400$ кА^{2}с

Принимаем к установке разрядник РВС-110М с $U_{ном}$ = 110, [кВ].

9.3 Выбор шин и изоляторов

Сечение шин выбирают по нагреву длительно проходящим максимальным током нагрузки и по экономической целесообразности.

Проверку шин производят: на устойчивость к электродинамическому воздействию токов к.з. и дополнительным механическим усилиям, возникающим в шинах от собственных колебаний и на термическую устойчивость к токам к.з. [1]

1. Выбор шин по длительно допустимому току (по нагреву).

$$I_{max\,раб} \le I_{доп}; \qquad I_{max\,раб} = 378 \text{ [А]};$$

$$I_{доп} = I_{доп.ном}\sqrt{\frac{V_{доп} - V_0}{V_{доп} - V_{0ном}}}, \qquad (42)$$

где $I_{доп}$ – допустимый ток на шины выбранного сечения;

$I_{доп.ном}$ – допустимый ток по таблицам при температуре воздуха $V_{0\ ном} = 25^0C$;

V_0 – действительная температура воздуха;

$V_{доп}$ – допустимая температура нагрева продолжительного режима, $V_{доп}=70^0C$ (ПУЭ).

$$I_{доп} = I_{доп.ном}\sqrt{\frac{V_{доп} - V_0}{V_{доп} - V_{0ном}}} = 378\sqrt{\frac{70-20}{70-25}} = 845,2 \text{ [А]},$$

845,2 [А] < 870 [А],

по условию нагрева шины проходят. Принимаем шины прямоугольного сечения, алюминиевые (60×6) мм.

2. Проверяем сборные шины на термическую стойкость:

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_к}}{C} = \frac{\sqrt{4,5\cdot 10^6}}{91} = 24 \text{ [А]}. \quad (43)$$

что меньше принятого сечения.

$C = 91\frac{A\cdot c^{1/2}}{мм^2}$ - для алюминиевых шин, [3].

3. Проверяем шины на механическую прочность.

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2}\sqrt{\frac{J}{q}}, \quad (44)$$

где l – длина пролета между изоляторами, *м*;

J – момент инерции поперечного сечения шины относительно оси, перпендикулярной направлению изгибающей силы, $см^4$;

q – поперечное сечение шины, $см^2$.

Изменяя длину пролета и форму сечения шин, добиваются того, чтобы механический резонанс был исключен, то есть $f_0 > 200$ [Гц]; $f_0 < 30$ [Гц]

$$200 \geq \frac{173,2}{l^2}\sqrt{\frac{J}{q}}, \quad (45)$$

$l = 2$ *м* – ориентировочно принятая длина пролета между изоляторами.

Если шины на изоляторах расположены плашмя, то

$$J = \frac{b \cdot h^3}{6} = \frac{0,6 \cdot 6^3}{6} = 21,6 \ \ [см^4];$$

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2}\sqrt{\frac{J}{q}} = \frac{173,2}{2^2}\sqrt{\frac{21,6}{3,6}} = 103,9 \ \ [Гц].$$

Так как $f_0 < 200$ *Гц*, принимаем решение увеличить l до *5 м*:

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2}\sqrt{\frac{J}{q}} = \frac{173,2}{5^2}\sqrt{\frac{21,6}{3,6}} = 16,6 \ \ [Гц] \prec 30 \ \ [Гц],$$

то есть механический резонанс не возникнет.

$q = 6 \cdot 0,6 = 3,6$ [см]^2 – поперечное сечение шины.

Принимаем расположение шин плашмя; пролет *5* [м]; расстояние между фазами $a = 0,8$ [м].

Наибольшее удельное усилие при трехфазном К.З.:

$$f^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot k_ф \frac{i_y^2}{a} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot \frac{4700^2}{0,8} = 4,7 \ \ [Н/м], \qquad (46)$$

где $K_ф = 1$, так как $a >> 2 \cdot (b + h)$;

$80 \text{ см} >> 2 \cdot (6 + 0,6) = 13,2$ [см].

Напряжение в материале полосы, возникающее при воздействии изгибающего момента:

$$\sigma_{расч} = \frac{f \cdot l_n^2}{10 \cdot W} = \frac{4,7 \cdot 5^2}{10 \cdot 3,6} = 3,2 \ \ [МПа]$$

где $W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,6 \cdot 6^2}{6} = 3,6 \ \ [см^3]$, – момент сопротивления шины. (47)

Шины механически прочны, если:

$$\sigma_{расч} = 3,2 \ \ [МПа] \leq \sigma_{доп} = 42 \ \ [МПа],$$

где $\sigma_{доп} \leq 0,7\sigma_{разр} = 0,7 \cdot 60 = 42 \ \ [МПа]$,

где $\sigma_{доп}$ - допустимое механическое напряжение в материале шин;

$\sigma_{разр}$ - разрушающее напряжение для алюминиевой шины марки АДО.

Таким образом, шины механически прочны.

9.4 Выбор опорных изоляторов

Условия для выбора опорных изоляторов:

1. По номинальному напряжению: $U_{уст} \leq U_{ном}$;

2. По допустимой нагрузке: $F_{расч} \leq F_{доп}$;

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

$F_{доп}$ – допустимая нагрузка на головку изолятора;

$$F_{доп} = 0,6 \cdot F_{разр}, \qquad (48)$$

где *0,6* – коэффициент запаса;

$F_{разр}$ – разрушающая нагрузка на изгиб.

$$F_{расч} = \sqrt{3} \cdot \frac{i_y^2}{a} \cdot l \cdot k_h \cdot 10^{-7} = f_ф \cdot l \cdot k_h, \qquad (49)$$

где K_h – поправочный коэффициент на высоту шины, $K_h = 1$ – при расположении шин плашмя.

$$F_{расч} = \sqrt{3} \cdot \frac{i_y^2}{a} \cdot l \cdot k_h \cdot 10^{-7} = f_ф \cdot l \cdot k_h = \sqrt{3} \cdot \frac{4,7^2 \cdot 10^6}{0,8} \cdot 5 \cdot 1 \cdot 10^{-7} = 23,8 \quad H \prec F_{доп} = 0,6 \cdot 4000 = 2400 \quad [H]$$

По выше приведенным условиям выбираются опорные изоляторы марки *И4 – 80 УХЛ3* с $U_н$*=10, кВ*; $F_{разр} = 4$ [кН].

9.5 Выбор шкафов КРУ 10 кВ

В распределительных устройствах (РУ) выбираем шкафы выкатного исполнения с маломасляными выключателями серии КМ-1.

Параметры шкафа:

Номинальное напряжение, кВ:	10.
Номинальный ток, А:	1600 – сборных шин; 630 – шкафа.
Количество и сечение силовых кабелей в шкафах отходящих линий, мм^2:	4(3*240).

Номинальный ток отключения, кА:	20.
Электродинамическая стойкость, кА:	51.
Тип выключателя	ВМПЭ – 10.

Тип привода к выключателю: встроенный, пружинный и электромагнитный.

10. Электроснабжение инструментального цеха

Электроснабжение инструментального цеха следует выполнить в следующей последовательности:

а) ЭП инструментального цеха распределяются по пунктам питания, производиться выбор схемы и способа прокладки питающих линий цеха от цеховой трансформаторной подстанции до пунктов питания. Схема питания цеха (радиальная, магистральная, смешанная) должна обеспечивать требуемую надёжность питания приёмников. Способ прокладки питающей сети цеха должен учесть: характер окружающей среды и условий места прокладки КЛ. Силовых распределительные пункты и шинопроводы должны соответствовать характеру окружающей среды.

б) Расчётные электрические нагрузки по пунктам питания инструментального цеха определенны в таблице 10.1, так же произведем выбор сечений питающей электросети по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверки их по потере напряжения.

в) Выполняется выбор силовой распределительной сети, так же подбираются аппараты защиты и управления цеха, данные указанны в таблице 10.2.

г) Для проверки селективности аппаратов защиты выбирается участок сети (от автомата ввода на подстанции до самого мощного ЭП цеха) и строиться карта селективности действия аппаратов защиты.

д) Для проверки питающей и распределительной сети по условиям допустимой потере напряжения, послеаварийного режима (для двухтрансформаторной подстанции) и построения эпюры отклонений напряжения выбирается цепочка от шин ГПП до наиболее мощного ЭП цеха для режимов максимальной и минимальной нагрузок.

ж) Производится расчёт токов КЗ для участка сети от ТП цеха до наиболее мощного ЭП цеха. Полученные данные наносятся на карту селективности действия аппаратов защиты.

10.1 Выбор автоматических выключателей

Выбор автоматических выключателей необходим для обеспечения автоматического отключения при ненормальных режимах работы в сети.

Выбор производится по следующим условиям:

$$I_{ном.расц} \geq I_{длит}; \quad (82) \qquad I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{кр}; \quad (50)$$

Уставки по времени должны быть проверены на селективность действия последовательно включенных аппаратов защиты, чтобы при каждом нарушении нормального режима отключался только поврежденный участок, но не срабатывали аппараты в высших звеньях.

$$I_{дл} = I_{ном.тр} = \frac{S_{ном.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{н}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 957 \text{ [А]}; \quad (51)$$

$$I_{доп} = 1,4 \cdot I_{ном.тр} = 1,4 \cdot 957 = 1341 \text{ [А]}; \quad (52)$$

$$I_{\substack{пик \\ п/ст}} = I_{пуск}^{\max} + (I_{ном.тр} - k_{и} \cdot I_{ном}^{\max}) = 498,8 + (957 - 0,12 \cdot 99,76) = 1441,8 \text{ [А]}; \quad (53)$$

$$I_{кз} = 1,25 \cdot I_{\substack{пик \\ п/ст}} = 1,25 \cdot 1441,8 = 1802,3 \text{ [А]}; \quad (54)$$

Изучив рынок электроустановочных изделий и используя справочную литературу, выбираем автоматический выключатель типа ВА 88-43. Автоматические выключатели серии ВА88 - результат глубокого анализа требований рынка, совмещающий в себе большие возможности с исключительно компактными размерами, универсальностью в использовании, прочностью, простотой установки и передовой технологией. Микропроцессорный расцепитель, используемый в выключателе ВА88-43, обеспечивает точность и надежность, возможность оперативной настройки в процессе эксплуатации, что позволяет автоматическим выключателям полностью интегрироваться в управляющую логику, применяемую в системах контроля энергосбережения. Требуется только одна настройка для всех фаз и нейтрали, при этом срабатывание расцепителя происходит одновременно для всех полюсов выключателя.

Микропроцессорный расцепитель не требует отдельного питания и гарантирует правильную работу защиты при токе нагрузки не менее 15% от номи-

нального даже при наличии напряжения только в одной фазе. Блок защиты включает в себя три или четыре (в зависимости от количества полюсов) трансформатора тока, микропроцессорный модуль и отключающую катушку, которая воздействует непосредственно на механизм выключателя. Трансформаторы тока, установленные внутри корпуса выключателя, питают расцепитель и вырабатывают сигналы, необходимые для выполнения функции защиты.

При появлении сверхтока выключатель отключается под воздействием отключающей катушки и включает контакты сигнализации срабатывания расцепителя. Индикация восстановления использует механическую систему и приводится в исходное состояние рукояткой выключателя.

Действие механизма отключения может быть проверено подачей постоянного напряжения 12 В на гнезда "ТЕСТ".

Функции защиты выбираются и регулируются непосредственно на передней панели установкой переключателей согласно приведенной мнемосхеме.

$I_{ном.расц} = 1600$ А $\geq I_{длит} = 957$ [А].

Уставка в зоне перегрузки: $I_{перегр.уст} = 2 \cdot 1600$ А $\geq I_{доп} = 1441{,}8$ [А].

Уставка в зоне КЗ: $I_{кз.уст} = 3 \cdot 1600$ А $\geq I_{кз} = 1802{,}3$ [А].

Вводной выключатель ВА 88-43-1600

Выбор автоматического выключателя для электроприемников.

Все электрические сети должны иметь защиту от токов КЗ по возможности с наименьшим временем отключения и обеспечением селективности последовательно включенных аппаратов защиты. Защита при этом должна обеспечивать отключение аварийной линии при КЗ на любом её участке, включая и КЗ в конце линии.

Обязательная защита от перегрузки согласно ПУЭ требуется для:

сетей внутри помещений, выполненных открыто проложенными проводниками с горючей наружной оболочкой или изоляцией;

осветительных сетей в жилых или общественных зданиях, в торговых помещениях, промышленных предприятиях, а так же в пожароопасных зонах;

силовых сетей на предприятиях, в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях – только в случаях, когда по условиям технологического процесса или по режиму работы сети может возникать длительная перегрузка;

проводников силовых, осветительных и вторичных цепей в сетях до 1 кВ во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia, В-II, В-IIa.

Аппаратами защиты в сетях до 1 кВ обычно служат предохранители и автоматические выключатели.

Номинальные токи электроприемников:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi \cdot \eta}, \quad (55)$$

где cosφ=0,85; η=0,9 – принимаем для всех электроприемников.

Пусковые токи электроприемников:

$$I_{пуск} = k \cdot I_{ном}, \quad (56)$$

где k=5 – кратность пускового тока, принимается для всех электроприемников с асинхронным приводом.

Пример:

Токарный станок № 8: $P_{ном}$=30 [кВт];

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 75,9 \text{ [А];}$$

$$I_{пуск} = k \cdot I_{ном} = 5 \cdot 75,9 = 379,8 \quad \text{[А].}$$

Выбираем автомат ВА57-35

Номинальный ток автомата: Iн=250 [А];

Номинальный ток расцепителя с обратнозависимой характеристикой: Iрасц=80 [А]; Уставка срабатывания по току в кратности к номинальному току расцепителя К=6;

$$I_{н.расц} = 80[А] \geq \frac{1,25 \cdot 379,8}{6} = 79,1[А];$$

Результаты расчетов отражены в таблице 10.2.

Таблица 10.1- Расчётные электрические нагрузки по пунктам питания инструментального цеха

Группа	Питающие магистрали и группы электроприемников	Количество ЭП	Установленная мощность приведенная к ПВ = 100%		m = Рн.max/Рн.min	Коэффициент использования Ки	cosφ/tgφ	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число электроприемников	Коэффициент максимума Км	Максимальная нагрузка			IpA
			Рн, кВт	ΣРн, кВт				Рсм = КиРм, кВт	Qсм = Рсмtgφ, КВАр			Рм=КмРсм, кВт	Qм=(1÷1,1)х хQсм, кВАр	Sм= $Р_м^2+Q_м^2$ кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Шкаф распределительный ШРА – 1															
А	Станки разные №	18	5-30	285	-	0,14	0,6/1,33	40	69	-	-	-	-	-	
Итого по группе А		18	17-24	285	>3	0,14	-	40	69	15	1,44	62,2	74,8	-	-
Б	Вентилятор	2	11	22	-	0,75	0,8/0,75	16,5	12	-	-	-	-	-	-
	итого	2	11					16,5	12		1	16,5	12		
Итого по ШРА-1		20	5-30	307	-	-	-	-	-	-	-	78,7	86,8	117,1	178
Шкаф распределительный ШРА – 2															
А	Станки разные	8	3-105	395	-	0,14	0,6/1,33	55,3	73,5	-	-	-	-	-	-
	Кран-балка ПВ=25%	1	3,16	3,16		0,1	0,5/1,73	0,316	0,55	-	-	-	-	-	-
	Машины дуговой сварки, ПВ=65%	4	2,03	8,12		0,2	0,65/1,17	1,62	1,9						
Итого по группе А		13	9-58	406	>3		-	57,2	76	7	2,1	120	83,6	-	-
Б	Вентилятор №39	2	11	22	-	0,75	0,8/0,75	16,5	12	-	1	16,5	12	-	-
Итого по ШРА-2		15	2-15	479,3	-	-	-	75,9	123,6	-	-	136	95,6	166	252

Таблица 10.2. - Выбор распределительной сети и аппаратов защиты для ЭП

№	Наименование электро-оборудования	Iн А	Iкр А	Аппарат защиты	способ прокладки	Кп	условие выбора защиты	Iн ап.защ А	Ток плав. вставки Iвст А	Марка кабеля	сече-ние кабеля S мм	I доп А	Кз	Iз А	Кз*Iз/Кп	принятое сечение S
1	Металлорежущий станок	12.66	63.30	ВА57-35	в воздухе	1	79.1	250	20	АПВ	6	35	1	20	20	6
2	Металлорежущий станок	12.66	63.30	ВА57-35	в воздухе	1	79.1	250	20	АПВ	6	35	1	20	20	6
3	Карусельный станок с ЧПУ	247.27	1236.33	ВА57-35	в воздухе	1	1545.4	250	250	АПВ	150	260	1	250	250	150
4	Универсальный станок с ЧПУ	177.25	886.26	ВА57-35	в воздухе	1	1107.8	250	200	АПВ	120	200	1	200	200	120
5	Вентилятор	20.89	104.45	ВА57-35	в воздухе	1	130.6	250	40	АПВ	6	35	1	40	40	10
6	Кран-балка, ПВ=25%	15.19	75.96	ВА57-35	в воздухе	1	95.0	250	20	АПВ	6	35	1	20	20	6
7	Машины дуговой сварки, ПВ=65%	5.89	29.45	ВА57-35	в воздухе	1	36.8	250	20	АПВ	6	35	1	20	20	6
8	Токарный станок	75.96	379.82	ВА57-35	в воздухе	1	474.8	250	80	АПВ	35	95	1	80	80	35
9	Фрезерный станок	50.64	253.22	ВА57-35	в воздухе	1	316.5	250	63	АПВ	16	60	1	63	63	35
10	Сверлильный станок	25.32	126.61	ВА57-35	в воздухе	1	158.3	250	40	АПВ	6	35	1	40	40	10
11	Точило	7.60	37.98	ВА57-35	в воздухе	1	47.5	250	20	АПВ	6	35	1	20	20	6

10.2 Выбор сечений линий питающей сети

Сечение проводника зависит от величины расчетного тока Iр; от того, требуется ли защищать сеть от перегрузки или нет, от температурных условий окружающей среды, характера помещения и типа изоляции проводника. Прежде необходимо выбрать марку проводника, определиться с условиями его прокладки и затем выполнять расчет.

Сечение проводников цеховой сети выбирается по расчетному току нагрузки таким образом, чтобы проводники при токах нагрузки, соответствующих работе в длительном режиме и условиям нормированной для них температуры среды, не перегревались бы сверх допустимых пределов.

Минимально допустимое сечение проводника - такое сечение, при котором проводник, имея начальную температуру, равную максимальной длительно допустимой $Q_{дл.доп}$ нагревается током КЗ до предельно допустимой температуры по условиям термической стойкости.

За расчетный ток нагрузки принимается максимальная токовая нагрузка за получасовой интервал времени.

Выбор сечения проводников производим по таблицам ПУЭ «Длительно допустимые нагрузки», при этом должно быть выполнено условия, когда

$$I_m \le I_{доп}; \quad I_{доп} \ge \frac{I_p}{K_{прокл}}; \quad I_{доп} \ge \frac{I_{m.ав}}{K_{прокл} \cdot K_{пер}}; \qquad (57)$$

где $I_{доп}$ – длительно допустимый ток нагрузки на провода, кабели и шины для данного сечения по ПУЭ,

$К_{пер}$ – коэффициент допустимой кратковременной перегрузки кабелей и проводов,

Im – расчетный ток.

Выбранное сечение проводника по условиям нагрева должно быть согласовано с аппаратом защиты этого проводника по условию:

$$I_{п.доп.} \ge \frac{I_З \cdot K_З}{K_{прокл}}; \qquad (58)$$

где $К_З$ – коэффициент защиты или кратность защиты, т.е. отношение дли-

тельно допустимого тока для провода или кабеля к номинальному току или току уставки срабатывания защитного аппарата при перегрузке или КЗ.

$I_З$ – номинальный ток или ток уставки срабатывания защитного аппарата.

Узел ШРА1, ЭП – Токарный станок

Токарный станок Рн=30 [кВт]; cosφ=0.6

За расчетный ток Im=75,9 [А].

Принимаем марку кабеля АПВ сечением 1×35мм^2 для которого $I_{доп}$=95[А].

$$I_{доп.п} = 95 \geq \frac{I_m}{K_{прокл}} = \frac{75,9}{1} = 75,9 \text{ [А].}$$

Вид прокладки в трубе, поправочный коэффициент на условия прокладки проводов $К_{прокл}$=1 т.к. число одножильных проводов прокладываемых в трубе меньше четырех;

Выбранное сечение проводника по условиям нагрева должно быть согласовано с аппаратом защиты этого проводника по условию:

$$I_{п.доп.} = 95 \geq \frac{I_з \cdot К_з}{K_{прокл}} = \frac{80 \cdot 1}{1} = 80 \text{ [А].}$$

10.3 Выбор сечения питающего проводника РУ-ШРА

Условие выбора проводников: $I_р = I_{дл.} \leq I_{доп}$;

$$I_{ном} = I_р = I_{дл} = \frac{S_р}{\sqrt{3} \cdot U_н} \qquad (59)$$

Пример расчёта для линии РУ-ШРА-1

$$I_{ном} = I_р = I_{дл} = \frac{S_р}{\sqrt{3} \cdot U_н} = \frac{142,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 216,8 \text{ [А];}$$

Используя справочную литературу выбираем кабель марки АНРГ (4×95), у которого $I_{доп} = 220 > 216,8$[А]. Выбранное сечение необходимо проверить по допустимой потере напряжения:

$$\Delta U_р\% = \Delta U_о \cdot I_р \cdot l,$$

где ΔU_o – потеря напряжения в 3-х фазных сетях, %/А·км, принимаем по справочной литературе =0,13%/ [А·км].

I_p – расчётный ток;

l – длина проводника.

$$\Delta U_p\% = 0{,}13 \cdot 216{,}8 \cdot 0{,}055 = 1{,}5\% < 5\%;$$

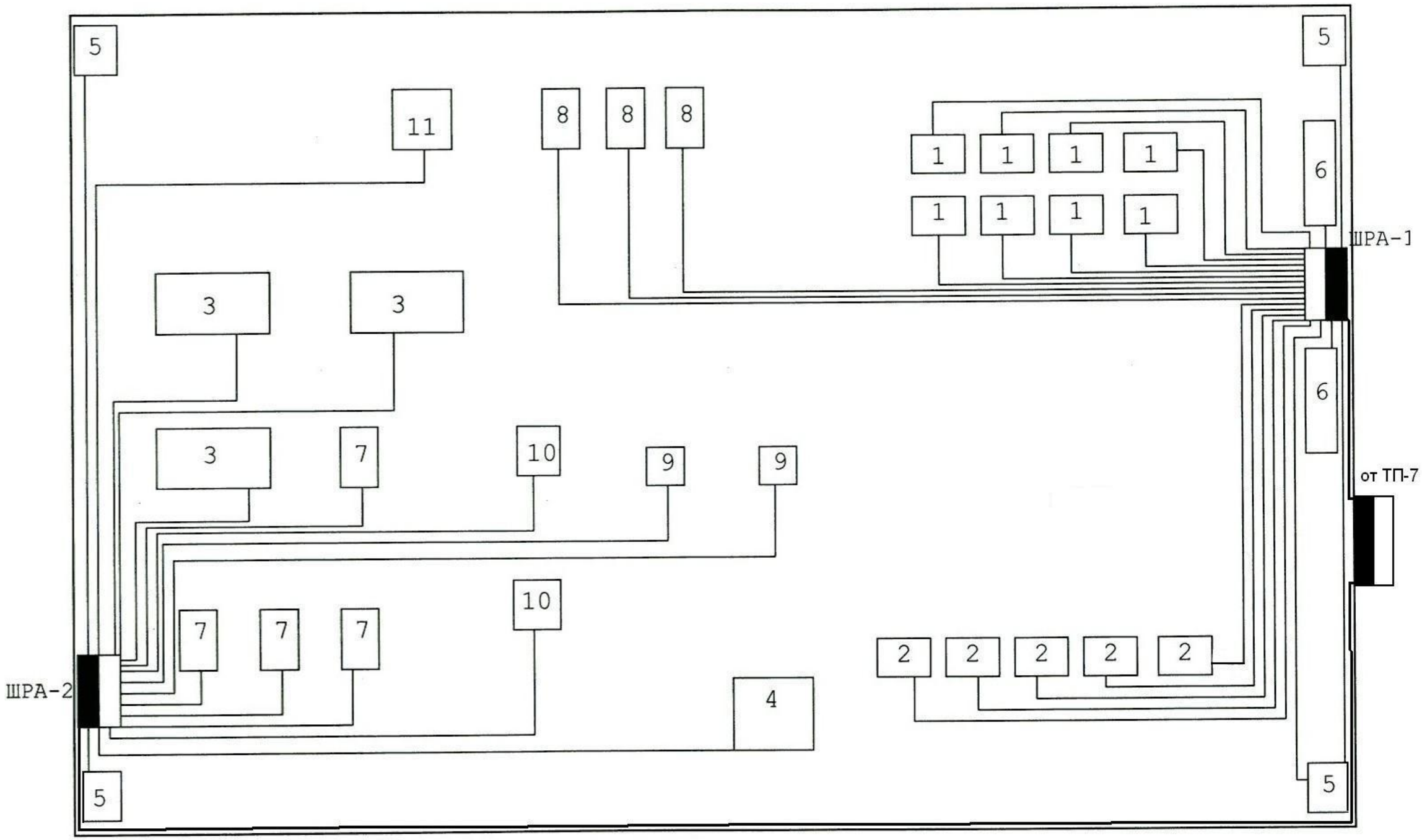


Рисунок 10.1 Схема сети инструментального цеха

11 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В, проверка срабатывания защиты от однофазных КЗ

11.1 Построения эпюры отклонений напряжения для линий от шин ГПП до наиболее удалённого от цеховой ТП электроприёмника для режимов максимальной и минимальной нагрузок

Отклонение напряжения**:**

$$\Delta U_{ij} = \frac{P_{ij}R_{ij} + Q_{ij}X_{ij}}{10U_i^2}; \quad (60)$$

где ΔU_{ij} – отклонение напряжения на соответствующем участке сети, %;

P_{ij} – поток активной мощности, передаваемый по соответствующему участку сети, кВт;

Q_{ij} – поток реактивной мощности, передаваемый по соответствующему участку сети, кВар;

$R_{ij} = \tau_{oij} \cdot l_{ij}$ – активное сопротивление линии соответствующего участка сети, мОм,

τ_{oij} – удельное активное сопротивление линии соответствующего участка сети, Ом/км, принимаемое, согласно справочной литературе [2],

l_{ij} – длина линии соответствующего участка сети, км;

U_i – напряжение в начале соответствующего участка сети, кВ;

Отклонение напряжения на цеховом трансформаторе, %:

$$\Delta U_m = \beta_m\left(U_a \cdot \cos\varphi_2 + U_p \sin\varphi_2\right) + \frac{\beta_m{}^2}{100}\left(U_a \sin\varphi_2 - U_p \cos\varphi_2\right), \quad (61)$$

$\beta_m = \frac{S_{ij}}{S_{н.тр.}}$ – фактический коэффициент загрузки цехового трансформатора, здесь:

S_{ij} – поток мощности, предаваемый через цеховой трансформатор, кВа,

$S_{н.тр.}$ – номинальная мощность цехового трансформатора, кВа;

$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{н.тр.}}$ – активная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора, %, здесь $\Delta P_{кз}$ – потери активной мощности при КЗ,

кВт, принимаем согласно [2];

$U_p = \sqrt{(U_к)^2 - (U_a)^2}$ – реактивная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора, %, здесь $U_к$ – напряжение короткого замыкания, %, принимаем согласно справочной литературе [2];

Коэффициент мощности для вторичной нагрузки цехового трансформатора:

$$\cos\varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} = \frac{P - \Delta P_m}{\sqrt{(P - \Delta P_m)^2 + (Q - \Delta Q_m)^2}}, \quad (62)$$

где, P – поток активной мощности, передаваемой через цеховой трансформатор, кВт, Q – поток реактивной мощности, передаваемой через цеховой трансформатор, кВар, $\Delta P_m = 0{,}02S$ – потери активной мощности в цеховом трансформаторе, кВт, $\Delta Q_m = 0{,}1S$ – потери реактивной мощности в цеховом трансформаторе, кВар;

$\sin\varphi_2$ –соответствующий $\cos\varphi_2$ синус для вторичной нагрузки цехового трансформатора.

Расчет максимального режима:

Участок 1-2:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12}R_{12} + Q_{12}X_{12}}{10U_1^2};$$

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0{,}48 \cdot 0{,}21 = 0{,}1 Ом$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0{,}06 \cdot 0{,}21 = 0{,}0126 Ом$$

$$P_{12} = P_{p12} + P_{p9} + P_{p11} + P_{p13} = 632{,}7 + 78{,}9 + 207{,}6 + 214{,}972 = 1134{,}172 кВт$$

$$Q_{12} = 891{,}827 кВАр$$

$$\Delta U_{12} = \frac{1134{,}172 \cdot 0{,}1 + 891{,}827 \cdot 0{,}0126}{10 \cdot 10{,}5^2} = 0{,}1\%;$$

Или в вольтах: $\Delta U_{12} = 0{,}1\frac{10500}{100} = 11{,}8 В$

$$U_2 = 10500 - 11{,}8 = 10488{,}2 В$$

Участок 2-3:

$$\Delta U_{23} = \beta_m \left(U_a \cdot \cos\varphi_2 + U_p \sin\varphi_2 \right) + \frac{\beta_m^{\,2}}{100} \left(U_a \sin\varphi_2 - U_p \cos\varphi_2 \right),$$

$$U_a\% = \frac{\Delta P_{\text{í}}}{S_{\text{í.ò ð}}} \cdot 100\% = \frac{8,5}{630} \cdot 100\% = 1,035$$

$$U_a\% = \frac{\Delta P_к}{S_{н.тр}} \cdot 100\% = \frac{16,5}{1600} \cdot 100\% = 1,03\%$$

$$U_p\% = \sqrt{U^2{}_к - U^2{}_a} = \sqrt{5,5^2 - 1,03^2} = 5,4$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{1134,172^2 + 891,827^2}}{1600} = 0,89$$

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot 1443,2 = 28,864\,кВт$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot 1443,2 = 144,32\,кВАр$$

$$P_2^{'} = P_{12} - \Delta P_m = 1134,172 - 28,864 = 1105,308\,Вт$$

$$Q_2^{'} = Q_{12} - \Delta Q_m = 891,827 - 144,32 = 747,507\,кВАр$$

$$S_2^{'} = \sqrt{P_2^{'} + Q_2^{'}} = \sqrt{1105,308^2 + 747,507^2} = 1334,343\,кВА$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{P_2^{'}}{S_2^{'}} = \frac{1105,308}{1334,343} = 0,828$$

$$\sin\varphi_2 = \frac{Q_2^{'}}{S_2^{'}} = \frac{747,507}{1334,343} = 0,56$$

$$\Delta U_{23} = 0,89\left(1,03 \cdot 0,828 + 5,4 \cdot 0,56\right) + \frac{0,89^2}{100}\left(1,03 \cdot 0,56 - 5,4 \cdot 0,828\right) = 3,4\%$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН:

$$10488,2 - 3,4\frac{10488,2}{100} = 10131,6\,В$$

Перерасчет напряжения НН:

$$U_3 = 400\frac{10131,6}{10500} = 385,97\,В$$

Участок 3-4:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34}R_{34} + Q_{34}X_{34}}{10U_3^{\,2}};$$

$$R_{34} = r_{034} \cdot L_{34} = 0,13 \cdot 0,04 = 0,005\,Ом$$

$$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,06 \cdot 0,04 = 0,002\,Ом$$

$P_{34}=\Sigma P_{шрj}=451,7$ [кВт].

$Q_{34}=\Sigma Q_{шрj}=272,3$ [кВар].

$$\Delta U_{34} = \frac{451,7 \cdot 0,005 + 272,3 \cdot 0,002}{10 \cdot (385,97 \cdot 10^{-3})^2} = 0,93\%$$

Или в вольтах: $\Delta U_{34} = 0,93\frac{385,97}{100} = 3,4\,B$

$U_4 = 385,97 - 3,4 = 382,57\,B$

Участок 4-5:

$R_{45} = 0,67 \cdot 0,012 = 0,008\,Ом$

$X_{45} = 0,06 \cdot 0,012 = 0,001\,Ом$

$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,06 \cdot 0,04 = 0,002\,Ом$

$P_{34}=P_{p2}=172,5$ [кВт].

$Q_{34}=111,5$ [кВар].

$$\Delta U_{34} = \frac{172,5 \cdot 0,008 + 111,5 \cdot 0,001}{10 \cdot (382,57 \cdot 10^{-3})^2} = 0,31\%$$

Или в вольтах: $\Delta U_{45} = 0,31\frac{382,57}{100} = 1,18\,B$

$U_5 = 382,57 - 1,18 = 381,39\,B$

Участок 5-6:

$R_{56} = 4,44 \cdot 0,005 = 0,022\,Ом$

$X_{56} = 0,08 \cdot 0,005 = 0,0004\,Ом$

$P_{34}=P_{p1}=21$ [кВт].

$Q_{34}=21 \cdot 1,73=36,33$ [кВар].

$$\Delta U_{34} = \frac{21 \cdot 0,022 + 36,33 \cdot 0,004}{10 \cdot (381,39 \cdot 10^{-3})^2} = 0,34\%$$

Или в вольтах: $\Delta U_{56} = 0,34\frac{381,39}{100} = 1,3\,B$

$U_6 = 381,39 - 1,3 = 380,1\,B$

Расчет минимального режима:

Для определения потоков мощностей для минимального режима воспользуемся характерным суточным графиком электрических нагрузок для предприятий тяжелого машиностроения (ввиду отсутствия в литературе других схожих):

$P_{\min 12} = 0,75 \cdot P_{\max 12} = 0,75 \cdot 1134,172 = 850,63\,кВт$

$Q_{\min 12} = 0,9 \cdot Q_{\max 12} = 0,9 \cdot 891,827 = 802,64\,кВАр$

Далее:

Участок 1-2:

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0,48 \cdot 0,21 = 0,1 Ом$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0,06 \cdot 0,21 = 0,0126 Ом$$

$$\Delta U_{12} = \frac{850,63 \cdot 0,1 + 802,64 \cdot 0,0126}{10 \cdot 10^2} = 0,095\%;$$

Или в вольтах: $$\Delta U_{12} = 0,095 \frac{10000}{100} = 9,5 B$$

$$U_2 = 10000 - 9,5 = 9990,5 B$$

Участок 2-3:

$$\Delta U_{23} = \beta_m \left(U_a \cdot \cos \varphi 2 + U_p \sin \varphi 2 \right) + \frac{\beta_m{}^2}{100} \left(U_a \sin \varphi 2 - U_p \cos \varphi 2 \right),$$

$$\mathrm{U_a}\% = \frac{\Delta \mathrm{P_н}}{\mathrm{S_{н.тр}}} \cdot 100\% = \frac{8,5}{630} \cdot 100\% = 1,035$$

$$U_a\% = \frac{\Delta P_к}{S_{н.тр}} \cdot 100\% = \frac{16,5}{1600} \cdot 100\% = 1,03\%$$

$$U_p\% = \sqrt{U_к - U_a} = \sqrt{5,5^2 - 1,03^2} = 5,4$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{850,63^2 + 802,64^2}}{1600} = 0,73$$

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot 1169,53 = 23,39 кВт$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot 1169,53 = 116,95 кВАр$$

$$P_2^{'} = P_{12} - \Delta P_m = 850,63 - 23,39 = 827,24 Вт$$

$$Q_2^{'} = Q_{12} - \Delta Q_m = 802,64 - 116,95 = 685,69 кВАр$$

$$S_2^{'} = \sqrt{P_2^{'} + Q_2^{'}} = \sqrt{827,24^2 + 685,69^2} = 1074,48 кВА$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2^{'}}{S_2^{'}} = \frac{827,24}{1074,48} = 0,77$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2^{'}}{S_2^{'}} = \frac{685,69}{1074,48} = 0,64$$

$$\Delta U_{23} = 0,73 \left(1,03 \cdot 0,77 + 5,4 \cdot 0,64 \right) + \frac{0,73^2}{100} \left(1,03 \cdot 0,64 - 5,4 \cdot 0,77 \right) = 3,08\%$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН:

$$9990,5 - 3,08 \frac{9990,5}{100} = 9682,47 B$$

Перерасчет напряжения НН:

$$U_3 = 380\frac{9682,47}{10000} = 367,93\,B$$

Участок 3-4:

$$R_{34} = r_{034} \cdot L_{34} = 0,13 \cdot 0,04 = 0,005\,Ом$$

$$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,06 \cdot 0,04 = 0,002\,Ом$$

$P_{34}=0,75 \cdot \Sigma P_{шрj}=0,75 \cdot 451,7=338,8$ *кВт*

$Q_{34}=0,9 \cdot \Sigma Q_{шрj}=0,9 \cdot 272,3=245,1$ *кВар*

$$\Delta U_{34} = \frac{338,8 \cdot 0,005 + 245,1 \cdot 0,002}{10 \cdot (367,93 \cdot 10^{-3})^2} = 0,81\%$$

Или в вольтах: $$\Delta U_{34} = 0,81\frac{367,93}{100} = 2,98\,B$$

$$U_4 = 367,93 - 2,98 = 364,95\,B$$

Участок 4-5:

$$R_{45} = 0,67 \cdot 0,012 = 0,008\,Ом$$

$$X_{45} = 0,06 \cdot 0,012 = 0,001\,Ом$$

$P_{34}=0,75 \cdot P_{p2}=0,75 \cdot 172,5=129,4$ [кВт].

$Q_{34}=0,9 \cdot 111,5=100,3$ [кВар].

$$\Delta U_{34} = \frac{129,4 \cdot 0,008 + 100,3 \cdot 0,001}{10 \cdot (364,95 \cdot 10^{-3})^2} = 0,26\%$$

Или в вольтах: $$\Delta U_{45} = 0,26\frac{364,95}{100} = 0,96\,B$$

$$U_5 = 364,95 - 0,96 = 363,99\,B$$

Участок 5-6:

$$R_{56} = 4,44 \cdot 0,005 = 0,022\,Ом$$

$$X_{56} = 0,08 \cdot 0,005 = 0,0004\,Ом$$

$P_{34}=P_{p1}=21$ [кВт].

$Q_{34}=21 \cdot 1,73=36,33$ [кВар].

$$\Delta U_{34} = \frac{21 \cdot 0,022 + 36,33 \cdot 0,004}{10 \cdot (363,99 \cdot 10^{-3})^2} = 0,38\%$$

Или в вольтах: $$\Delta U_{56} = 0,38\frac{363,99}{100} = 1,37\,B$$

$U_6 = 363,99 - 1,37 = 362,62\ B$

Результаты расчетов для построения эпюры отклонений напряжения для максимального и минимального режимов систематизируем в виде таблицы 11.1.

Таблица 11.1 - Расчётные данные для построения эпюры отклонений напряжения

	Максимальный режим	Минимальный режим
$\Delta U_{12},\%$	0,1	0,095
$\Delta U_{12},B$	11,8	9,5
$\Delta U_{23} = \Delta Um,\%$	3,4	3,08
$\Delta U_{23} = \Delta Um,B$	356,6	308,03
$\Delta U_{34},\%$	0,93	0,81
$\Delta U_{34},B$	3,4	2,98
$\Delta U_{45},\%$	0,31	0,26
$\Delta U_{45},B$	1,18	0,96
$\Delta U_{56},\%$	0,34	0,38
$\Delta U_{56},B$	1,3	1,37
$\Delta U_{16},\%$	5.08	4.62

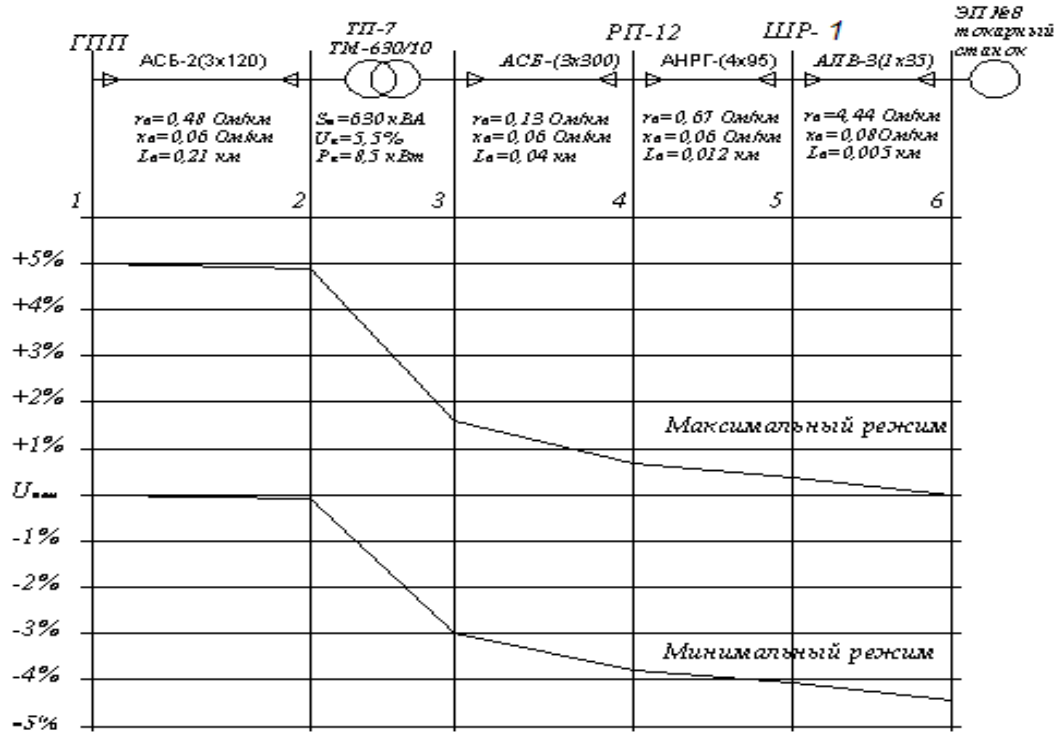


Рисунок 11.1 Эпюры отклонений напряжения

11.2 Расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до электроприёмника цеха (Токарный станок)

Расчёт токов КЗ в сети до 1000 В имеет следующие особенности:

1 Принимаем мощность системы $S_c = \infty$, что правомерно $S_c \geq 50 S_{н.тр.}$ При этом напряжение на шинах подстанции считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;

2 При расчёте учитываются все активные и реактивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети: силовой трансформатор, сопротивление токовой катушки автоматического выключателя и переходное сопротивление контактов, сопротивление первичной обмотки трансформаторов тока, сопротивление проводов и кабелей;

3 Расчёт ведётся в именованных единицах, напряжение берётся на 5% выше номинального напряжения сети. Принимаем U = 400В, действующая величина тока короткого замыкания $I_к = U / \sqrt{3} Z_\Sigma$ (63)

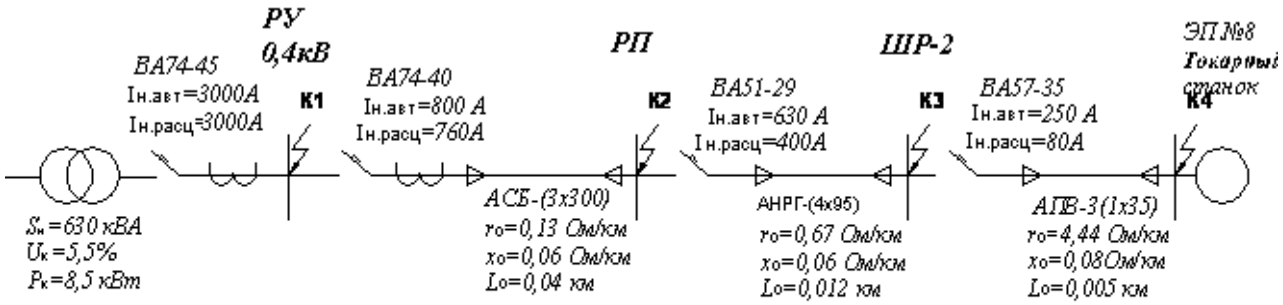


Рисунок 12.2 - Схема расчета токов короткого замыкания для сети ниже 1000В

Расчёт токов КЗ для точки К1:

$R_т = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U^2}{S_{н.тр.}^2} = \frac{16,5 \cdot 400^2}{1600^2} = 1,03 мОм$ – активное сопротивление трансформатора.

$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{н.тр.}} = \frac{16,5 \cdot 100\%}{1600} = 1,03\%$ – активная составляющая напряжения КЗ;

$U_p = \sqrt{U_к^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,03^2} = 5,4\%$ – реактивная составляющая напряжения КЗ;

$X_т = \frac{U_р\%}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{н.тр.}} = \frac{5,4}{100} \cdot \frac{400^2}{1600} = 5,4\,мОм$ – активное сопротивление трансформатора;

$Z_{\Sigma к1} = \sqrt{R_т^2 + X_т^2} = \sqrt{1,03^2 + 5,5^2} = 5,6\,мОм$

$I_{к1} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma к1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 5,6} = 41,24\,кА$

Согласно [2] принимаем $K_{уд1} = 1,55$;

$i_{у1} = I_{к1} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд1} = 41,24 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,55 = 90,4\,кА$

Расчёт токов КЗ для точки К2:

Принимаем для автоматического выключателя, согласно [2] следующие величины:

$R_к = 0,13\,мОм$ – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_к = 0,098\,мОм$ – реактивное сопротивление токовой катушки автоматич. выключателя;

$R_{пер} = 0,32\,мОм$ – переходное сопротивление контактов.

Для трансформатора тока, согласно [2] при коэффициенте трансформации Кт=600/5 принимаем следующие величины:

$R_{тт} = 0,05\,мОм$ – активное сопротивление первичной обмотки трансформатора тока;

$X_{тт} = 0,07\,мОм$ – реактивное сопротивление первичной обмотки трансформатора тока.

Для кабеля *АСБ - (3х300)* рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$R_{каб} = r_о \cdot l = 0,13 \cdot 0,04 \cdot 10^3 = 5,20\,мОм$

$X_{каб} = x_о \cdot l = 0,06 \cdot 0,04 \cdot 10^3 = 2,4\,мОм$

$Z_{\Sigma к2} = \sqrt{(R_т + R_к + R_{пер} + R_{тт} + R_{каб})^2 + (X_т + X_к + X_{тт} + X_{каб})^2} =$

$= \sqrt{(1,03 + 0,13 + 0,32 + 0,05 + 5,20)^2 + (5,4 + 0,098 + 0,07 + 2,4)^2} = 10,43\,мОм$

$$I_{к2} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma к2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10,43} = 22,14\,кА$$

Согласно [2] принимаем $K_{уд2} = 1,05$;

$$i_{у2} = I_{к2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд2} = 22,14 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,05 = 21,1\,кА$$

Расчёт токов КЗ для точки К3:

Принимаем для автоматического выключателя, согласно [2] следующие величины:

$R_к = 1,3\,мОм$ – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_к = 0,86\,мОм$ – реактивное сопротивление токовой катушки автоматич. выключателя;

$R_{пер} = 0,75\,мОм$ – переходное сопротивление контактов.

Для кабеля *АНРГ– (4х95)* рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_{каб} = r_0 \cdot l = 0,67 \cdot 0,012 \cdot 10^3 = 8,04\,мОм$$

$$X_{каб} = x_0 \cdot l = 0,06 \cdot 0,012 \cdot 10^3 = 0,72\,мОм$$

$$Z_{\Sigma к3} = \sqrt{(R_{\Sigma 2} + R_к + R_{пер} + R_{каб})^2 + (X_{\Sigma 2} + X_к + X_{каб})^2} =$$

$$= \sqrt{(6,73 + 1,3 + 0,75 + 8,04)^2 + (7,97 + 0,86 + 0,72)^2} = 19,34\,мОм$$

$$I_{к3} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma к3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 19,34} = 11,94\,кА$$

Согласно [2] принимаем $K_{уд3} = 1,02$;

$$i_{у3} = I_{к3} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд3} = 11,94 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,02 = 17,22\,кА$$

Расчёт токов КЗ для точки К4:

Для провода *АПВ–3 (1х35)* рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R = r_0 \cdot l = 4,44 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 22,2\,мОм$$

$$X = x_0 \cdot l = 0,08 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 0,4\,мОм$$

$$Z_{\Sigma к4} = \sqrt{(R_{\Sigma 3} + R)^2 + (X_{\Sigma 3} + + X)^2} =$$

$$= \sqrt{(16,82 + 22,2)^2 + (9,55 + 0,4)^2} = 40,27\ мОм$$

$$I_{к4} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma к4}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 40,27} = 5,73 кА$$

Согласно [2] принимаем $K_{уд4} = 1$;

$$i_{у4} = I_{к4} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд4} = 5,73 \cdot \sqrt{2} \cdot 1 = 8,11 кА$$

12 Построение карты селективности действия аппаратов защиты для участка цеховой сети 0,4 кВ от вводного автомата на подстанции до электроприёмника

Карта селективности действия аппаратов защиты строится в логарифмической системе координат и служит для проверки правильности выбора аппаратов зашиты. На карту селективности наносятся:

1 номинальный и пусковой токи электроприёмника;

2 расчётный и пиковый ток силового распределительного шкафа;

3 расчётный и пиковый ток подстанции;

4 защитные характеристики защитных аппаратов (автоматических выключателей и предохранителя);

5 значения токов КЗ в сети 0,4 кВ.

Все данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты систематизируем в виде таблицы 12.1.

Таблица 12.1 - Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

	Электро приёмник	Силовой распределительный шкаф ШР№	Распред-пункт ВРУ	Подстанция ТП
	Кран балка			
Расчётный ток, А	-	178	714	2430,95
Пиковый ток, А	-	542,3	1074	2561,95
Номинальный ток, А	75,9	-	-	-
Пусковой ток, А	379,5	-	-	-

Таблица 12.2 - Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А	время срабатывания, с
ВА74–45	3000	6000	0,3
ВА74–40	760	2280	0,2
ВА51-29	200	1000	0,1
ВА57-35	80	480	0,005

Защитные характеристики автоматических выключателей, которые необходимо использовать для построения карты селективности действия аппаратов защиты, приведены в справочной литературе [2].

Обозначения на карте селективности:

1 – номинальный ток двигателя;

2 – пусковой ток двигателя;

3 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА57–35;

4 – расчётный ток силового распределительного шкафа;

5 – пиковый ток силового распределительного шкафа;

6 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА51–29;

7 – расчетный ток РП-12;

8 – пиковый ток РП-12;

9 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА74–40;

10 – расчетный ток подстанции ТП-7;

11 – пиковый ток ТП-7;

12 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА74–45;

13, 14, 15, 16 – значения токов короткого замыкания в точках $К_4$, $К_3$, $К_2$ и $К_1$ соответственно.

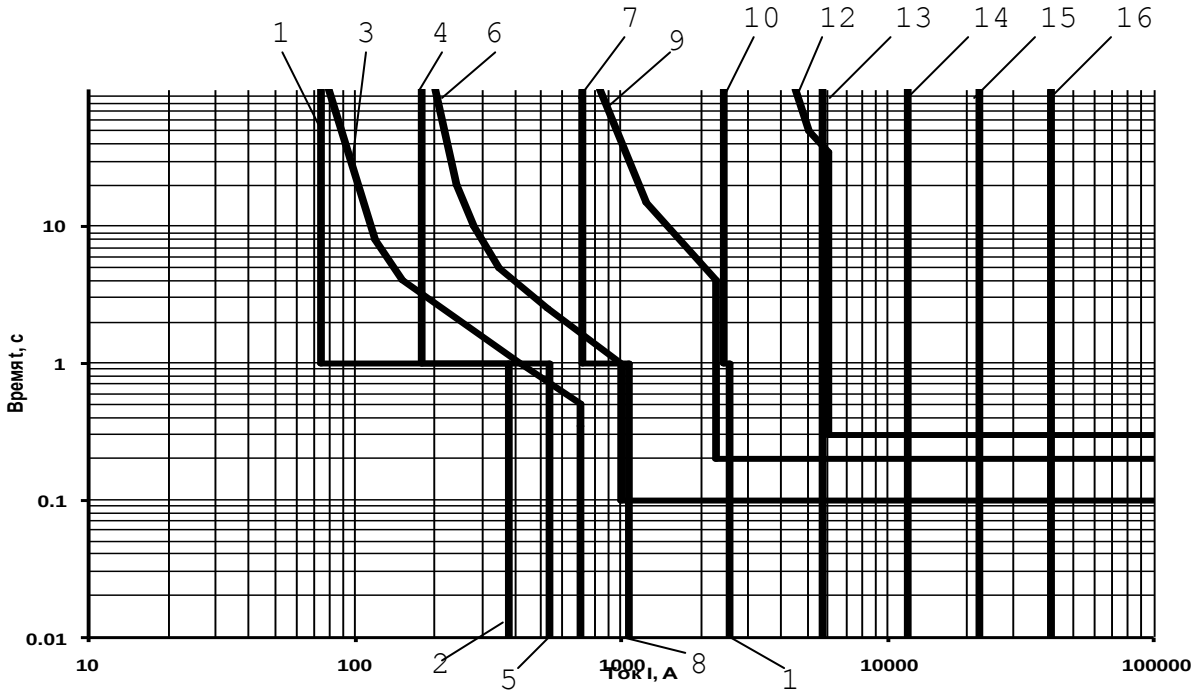


Рис. 12.1 Карта селективности действия аппаратов защиты

13 Освещение цеха

Выбираем люминесцентный промышленный светильник:

Светильник люминесцентный ЛПП 2х36 Айсберг-CSVT IP65 с ЭПРА, производства ООО «Центрстройсвет» - 945 руб/шт., [8].

К данному светильнику требуются люминесцентные лампы в количестве 2 шт. Лампа люминесцентная (дневного света) Osram Смоленск L 36W BASIC L 36W/765 -57 руб/шт., техническая информация о люминесцентной лампе Osram 36W представлена в таблице 13.2 [9].

Таблица 13.2 – Технические данные люминесцентной лампы

Бренд	Osram
Страна производства	Россия
Мощность, Вт	36
Срок службы, часов	8000
Цветовая температура, K	6500
Поток, люмен	2600
Класс энергоэффективности	A
Цветопередача, CRI	70

Рассчитываем световой поток и потребляемую мощность люминесцентного светильника:

Световой поток люминесцентного светильника:

Так как для люминесцентного светильника ЛПП 2х36 Айсберг-CSVT IP65 требуются две лампы то:

$$Ф_{с.л} = Ф_{л} \cdot n_{л} \cdot К_{р} \text{ [лм]}. \quad (64)$$

где $Ф_{с.л}$ – световой поток люминесцентного светильника,

$Ф_{л}$ – световой поток люминесцентной лампы,

$n_{л}$ – количество ламп в светильнике,

$К_{р}$ – коэффициент рассевания расеивателя светильника $К_{р}$ = 0,85 по справочной литературе [11].

$Ф_{с.л}=2600 \cdot 2 \cdot 0{,}85=4420$ [лм].

Рассчитываем потребляемую мощность из сети люминесцентным светильником:

$$P_{с.л} = P_л \cdot n_л \cdot 100\%/КПД_с \text{ [Вт]}. \quad (65)$$

где $P_{с.л}$ – мощность потребляемая из сети светильником,

$P_л$ – мощность люминесцентной лампы,

$n_л$ – количество ламп в светильнике,

$КПД_с$ – коэффициент полезного действия ЭПРА светильника.

$$P_{с.л} = 36 \cdot 2 \cdot 0{,}96 = 75 \text{ [Вт]}.$$

Расчёт общего равномерного искусственного освещения инструментального цеха выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен [10]. Световой поток требуемый для освещения цеха, определяется по формуле:

$$Ф_ц = E_н \cdot S \cdot K_з \cdot Z \cdot 100/ \eta \text{ [лк]}, \quad (66)$$

где $Ф_ц$ – световой поток требуемый для освещения цеха,

$E_н$ 300[лк] нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95;

S – 1708 [$м^2$]площадь освещаемого помещения;

$K_з$ – 1,5 коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, отражающих поверхностей), (наличие в атмосфере цеха дыма), пыли [11];

Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение $E_{ср.}/E_{min}$. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1[11];

η - коэффициент использования светового потока, %,[11].

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i, типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ρ_c и потолка ρ_n.

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = S/ h(A+B) \quad (67)$$

где S – площадь цеха [$м^2$],

H – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью [м],

A – длинна цеха [м],

В – ширина цеха [м].

$$i = \frac{1708}{4 \cdot (100 + 17,08)} = 3,64$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно[11].

Значения коэффициента использования светового потока η=64% найдено по справочной литературе [11].

Общий световой поток:

$$\Phi_ц = \frac{E_н \cdot S \cdot K_з \cdot Z \cdot 100\%}{\eta} = \frac{300 \cdot 1708 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 100}{64} = 1321031 \text{ [лк]}.$$

Определяем количество светильников:

$$n_{с.л} = Ф_ц / Ф_{с.л} \qquad (68)$$

где $n_{с.л}$ – количество люминесцентных светильников,

$Ф_ц$ – световой поток требуемый для освещения цеха,

$Ф_{с.л}$ – световой поток люминесцентного светильника.

$$n_{с.л} = 1321031 / 4420 = 298 \text{ шт.}$$

Найдем удельную потребляемую мощность освещения цеха люминесцентными светильниками:

$$P_{у.л} = n_{с.л} \cdot P_{с.л} \quad [Вт]. \qquad (69)$$

где $n_{с.л}$ – количество люминесцентных светильников,

$P_{с.л}$ – мощность потребляемая из сети светильником,

$$P_{у.с} = 298 \cdot 75 / 1000 = 22,35 \text{ [кВт]}.$$

Выбираем светодиодный промышленный светильник:

Светодиодный светильник серии "стандарт-65" 2х36 54Вт., ценой 2350 руб.[7]. Технические данные приведены в таблице 13.3.

Таблица 13.3 –Технические данные светодиодного светильника

Мощность, W	54
Срок службы, часов	50000
Цветовая температура, K	6500
Поток, люмен	5400
Коэффициент мощности драйвера cos ϕ	0,98
Класс энергоэффективности	A
Цвет	Дневной белый
Цветопередача, CRI	80
Степень защиты	IP>65

Рассчитываем потребляемую мощность светодиодным светильником из сети:

$$P_{с.с.} = 54 / 0{,}98 = 55{,}1 \text{ [Вт]}.$$

Определяем общие количество светильников:

$$n_{с.с} = 1321031 / 5400 = 244 \text{ шт}.$$

Найдем удельную потребляемую мощность освещения цеха светодиодными светильниками:

$$P_{у.о.ц.с.с} = 244 \cdot 55{,}1 / 1000 = 13{,}45 \text{ [кВт]}.$$

Данные светильников с учетом потерь приведены в таблице 13.4.

Таблица 13.4- Технические данные светильников с учетом потерь

Наименование технических характеристик	Люминесцентный светильник	Светодиодный светильник
Полная потребляемая мощность, Вт	75	55,1
Срок службы, часов	8000	50000
Поток, люмен с учетом коэффициента рассеевания на рассееватиле	4420	5400
Коэффициент мощности cos ϕ	0,96	0,98
Класс энергоэффективности	A	A
Цветопередача, CRI	70	80
Цветовая температура, K	6500	6500
Цена, руб.	1059	2350

14 Социальная ответственность

Введение

Охрана труда представляет собой систему законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. В нашей стране государство направляет средства на проведение мероприятий по охране здоровья трудящихся и в частности на обеспечение техники безопасности и производственной санитарии.

В данном разделе будет рассмотрена система мероприятий по обеспечению безопасных и безвредных условий труда Ремонтно-механического завода, а также поведение объекта в чрезвычайной ситуации. Работа электротехнического персонала заключается в ремонте электроустановок, кабельных линий, изменении схемы подстанций. Оборудование на предприятии имеет различную мощность (от 10 до 105 кВт), напряжением 0,4кВ. Технологический процесс включает в себя: производство изделий, металлоконструкций и механосборочные работы общего машиностроительного профиля; изготовление оснастки и инструмента; выполнения ряда других ремонтных работ. Условия выполнения технологического процесса сопровождаются множеством опасных и вредных факторов, которые будут рассмотрены в следующем пункте.

14.1 Анализ опасных и вредных факторов

На предприятии рабочие сталкиваются с воздействием физически опасных и вредных производственных факторов.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего человека в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

Вредные факторы:

- Влажность воздуха;
- Температура воздуха;
- Скорость движения воздуха;

- Освещенность рабочего места;

- Шум;

- Электромагнитные излучения;

- Тепловое излучение

- Вибрация

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях человека приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Опасные факторы:

• Механические травмы;

• Возможность поражения электрическим током;

• Взрыв (наличие баллонов со сжатыми горючими газами, взрыв системы отопления);

• Пожар (наличие открытого огня при проведении сварочных и других работ, короткое замыкание и другие причины)

14.2 Техника безопасности

Механические травмы

Безопасные условия работы обеспечиваются правильной организаций работ, постоянным надзором за работающими со стороны производителя работ и соблюдением рабочими техники безопасности и регламентируются «Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТРМ-016-2001; РД 153 -34,0-03,150-00.

При монтаже различных конструкций РУ, силовых трансформаторов и электрических машин работа обычно связана с перемещением по рабочей площадке тяжелых единиц электрооборудования, а также с подъемом тяжестей на высоту и выполнением ряда слесарных работ, при которых возможны ранения и ушибы. При перемещении и подъеме на конструкции разъединителей, отделителей и короткозамыкателей их необходимо устанавливать в положение «включено» для исключения возможности травмирования рабочих ножевыми

контактами рубящего типа. Для защиты от вращающихся частей электрических машин и приводов, присоединенных к ним вентиляторов необходимо создавать ограждающие устройства. Конструктивные решения оградительных устройств многообразны. Оградительные устройства делятся на стационарные, подвижные и переносные. Ограждение может быть полным лишь тогда, когда локализуется опасная зона вместе с машиной, или частичным, когда изолируется только опасная зона машины. Вид ограждения выбирается в зависимости от условий эксплуатации электроустановки. При работе на высоте используют такие меры защит как настил, специальные защитные приспособления.

Возможность поражения электрическим током

Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, Правила устройства электроустановок ПУЭ и Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ – 016 – 2001; РД 153 – 34.0 – 03.150 – 00.

При ремонте электродвигателя с отсоединением от его зажимов питающего кабеля его концы необходимо заземлить и замкнуть накоротко переносным заземлением. Работы по ремонту пусковых устройств разрешаются только при полном снятии напряжения с токоведущих частей электроустановки. Перед опробованием двигателя после монтажа необходимо проверить наличие заземления его металлического корпуса, предупредить и удалить работающих с приводимого в действие механизма и поставить все защитные ограждения.

В процессе ремонта кабелей при необходимости устройства вставки или переразделки соединительной муфты необходимо поврежденный кабель разрезать. Перед резкой кабеля или вскрытием муфты ремонтируемого кабеля руководитель работ (5группа допуска) должен установить по чертежу, что открытый или подлежащий ремонту кабель именно тот, который отключен и заземлен на

подстанции. Для гарантии безопасности необходимо сделать прокол оболочки и жил кабеля специальным приспособлением, укрепленным на изолирующей штанге. Лицо, выполняющее прокол, должно быть в диэлектрических перчатках, в предохранительных очках и стоять на изолирующем основании.

Класс помещений по электроопасности, где проводятся работы – особо опасные помещения (цеха), характеризуются наличием химически активной среды, т.е. в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования, а также токопроводящей пыли, токопроводящих полов (железобетонных). К особо опасным помещениям относятся и ЗРУ 6 кВ. Токарно-слесарные мастерские относятся к помещением с повышенной опасностью т.к. это пыльные помещения с токопроводящей пылью.

Для электробезопасности работающего требуется применять специальные защитные средства.

К основным техническим средствам защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок согласно ГОСТ12.2.003-91 «Производственное оборудование, общие требования безопасности» относятся:

- электрическая изоляция токоведущих частей;

- ограждение;

- зануление;

- применение индивидуальных средств защиты: изолирующие электрозащитные средства, ограждающие средства защиты, предназначенные для временного ограждения токоведущих частей, для временного заземления, предохранительные средства защиты предназначенные для индивидуальной защиты от световых, тепловых и механических повреждений.

Организационные мероприятия обеспечивающие безопасность работ в электроустановках регламентированы ПОТ РМ-016-2001.К. Данными мероприятиями являются:

- оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

- допуск к работе;

- надзор во время работы;

- оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

Ответственными за безопасное ведение работ являются:

- выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

- ответственный руководитель работ;

- допускающий;

- производитель работ;

- наблюдающий;

- члены бригады.

Исправность средств защиты должна проверяться осмотром перед каждым применением, а также периодически через 6-12 месяцев.

Изолирующие средства способны длительное время выдерживать рабочее напряжение.

В электроустановках до 1000В – диэлектрические резиновые перчатки, инструмент с изолируемыми рукоятками и указатели напряжения. В электроустановках напряжением выше 1000В – изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, а также указатели напряжения свыше 1000В.

Ограждающие средства защиты предназначены для временного ограждения токоведущих частей, для предупреждения ошибочных операций, для временного заземления отключенных токоведущих частей с целью устранения опасности поражения работающих током при случайном появлении напряжения.

Предохранительные средства защиты предназначены для индивидуальной защиты работающего от световых, тепловых и механических воздействий. К ним относятся: защитные очки, противогазы, специальные рукавицы и т. д.

Применяемые средства защиты и спецодежда должны соответствовать требованиям стандартов и техническим условиям на их изготовление:

- куртка и брюки х/б на утепленной прокладке;
- костюм х/б;
- сапоги кирзовые;
- валенки;
- рукавицы брезентовые;
- рукавицы х/б теплые;
- очки защитные;
- пояс предохранительный деж.;
- сапоги резиновые;
- перчатки диэлектрические деж.;
- галоши диэлектрические деж.;
- п/плащ прорезиненный деж.;

Спецодежда должна быть исправной, чистой, сухой, застегнутой на все пуговицы. Ботинки хорошо зашнурованы и завязаны. Запрещается работа в электроустановках без защитной каски, с засученными рукавами, брюками, в неисправных не зашнурованных ботинках. Не допускается шнуровка ботинок проволокой. Запрещается при выполнении любых работ на электрооборудовании иметь на руке часы с металлическим браслетом, металлические украшения на руках и шее.

Статическое электричество

Допустимые уровни напряженности электростатических полей установлены ГОСТ 12.1.045 – 84 «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

Основные параметры:

- напряженность электростатического поля Е, кВ/м.

Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля устанавливает равным 60 кВ/м в течение одного часа пребывания персоналом в электрическом поле. Источником статического заряда служат токоведущие части электрических машин.

Защита от электростатического электричества осуществляется:

- устранением уже образовавшихся зарядов (защитное заземление);
- использованием нейтрализаторов статического электричества;
- увлажнением воздуха;
- средствами индивидуальной защиты: обувь на кожаной подошве или подошве из электропроводной резины.

14.3 Производственная санитария

Опасные и вредные производственные факторы, неблагоприятно действующие на человеческий организм в производственных условиях, в соответствии с ГОСТ 12.0.003 - 82 подразделяются на группы: физическая, химическая, биологическая, психофизиологическая.

Для борьбы с вредными производственными факторами и профилактическими заболеваниями должны приниматься следующие меры:

Совершенствование технологии производства автоматизация и комплексная механизация производственных процессов, исключение тяжелых ручных работ.

Повышение технического уровня санитарно – гигиенических средств за счет устройства рациональной вентиляции в производственных помещениях, отопления и освещения.

Оборудование раздевалок, сушилок для увлажненной одежды, душевых и. т. д. Обеспечение работающих спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты.

Содержание территории предприятия, путей передвижения, производственных помещений и рабочих мест в чистоте и порядке.

Утомление - ослабление физического и психологического состояния человека, развивающиеся в результате его деятельности и ведущих к временному снижению его эффективности. Утомление ослабляет сопротивляемость организма к вредным воздействиям, мешает сосредоточиться и может явиться причиной несчастного случая. Предотвращает утомление внедрение рационального режима труда и отдыха четко установленный распорядок работы, отдыха, пита-

ния и сна. Такой распорядок призван обеспечить здоровье работающих, и поддержание работоспособности на оптимальном уровне.

При разработке внутренних режимов труда и отдыха следует учитывать закономерные колебания работоспособности человека в течение смены.

В первые дни недели происходит рост работоспособности человека в течение смены в связи с вхождением работающего в трудовой процесс, наиболее высокого уровня работоспособность достигает обычно на третий- четвёртый день, а затем начинает постепенно снижаться. Для поддержания высокого уровня работоспособности в течение всей недели необходимо более сложные и трудоёмкие работы производить в течение третьего-четвертого дней недели.

Микроклимат

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

температура воздуха t^oC;

относительная влажность φ %;

скорость движения воздуха v *м/с*;

предельно допустимая концентрация веществ ПДК;

интенсивность теплового излучения I, $Вт/м^2$.

Таблица 14.1 - Оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, t^oC		Относительная влажность, φ %		Скорость движ. воздуха, v *м/с* не более	
		Опт. значение	Доп. значение	Опт. значение	Доп. значение	Опт. значение	Доп. значение
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодный	Iб	21-23	23,1-24,0	60-40	15-75	0,1	0,1
Теплый	Iб	22-24	24,1-28,0	60-40	15-75	0,1	0,1

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования не должна превышать 100 Вт/м2 при облучении не более 25% поверхности тела.

Мероприятия по созданию условий для нормальной терморегуляции организма:

- механизация и автоматизация технологических процессов;
- защита от источников теплового излучения с помощью теплозащитных экранов;
- устройство систем вентиляции;
- кондиционирование воздуха и отопление.

При работе в закрытом цехе должны обеспечиваться максимально комфортные нормы микроклимата в пределах допустимого.

Для холодного периода года используется кондиционирование воздуха и отопление. Устройства систем вентиляции используются круглогодично т.к. воздух загрязнен вредными парами и пылью. Теплозащитные экраны применяются по необходимости, в основном в теплый период.

Мероприятия по борьбе с загрязненностью воздуха пылью, парами и аэрозолями:

- максимальная герметизация оборудования;
- механизация и автоматизация производственных процессов;
- увлажнение обрабатываемых материалов;
- устройство различных систем вентиляции от мест выделения пыли, паров или аэрозолей;
- снабжение рабочих средствами индивидуальной защиты.

Производственная вентиляция

Нормы производственной вентиляции установлены согласно СНиП 2.04.05-91.

На рабочем месте предусматривается искусственная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с расходом воздуха на одного работающего не менее 60 м3/ч.

Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается на входе тепловыми завесами, а охлаждается с помощью приточно-вытяжной вентиляции. Механическая вентиляция обеспечивает очистку выбрасываемого наружу воздуха, что очень важно для воздушной среды окружающей предприятие.

Производственное освещение

Нормирование освещенности производится в соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Освещение в производственных условиях определяется следующими основными параметрами:

- световой поток Ф, лм;
- сила света I, кд;
- освещенность E, лк;
- яркость L, кд/м2.

Основные требования к рабочему освещению:

- освещенность на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительных работ;
- необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства;
- на рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени;
- в поле зрения должна отсутствовать прямая и отраженная бликость - повышенная яркость светящихся поверхностей;
- величина освещенности должна быть постоянной во времени.

Наряду с естественным освещением используется и искусственное, создаваемое электрическими или люминесцентными лампами, мощностью не менее 150 Вт.

Предусматриваются аварийное освещение с наименьшей освещенностью рабочих мест при аварийном режиме 2 лк, эвакуационное освещение освещенностью при эвакуации людей из помещений не менее 0,5 лк на уровне пола основных проходов и лестниц, а на открытых территориях – не менее 0,2 лк.

Аварийное освещение на производственных объектах должно быть рассчитано на напряжение электрического тока 12 В.

Таблица 14.2 - Нормы общей минимальной освещенности в люкс (ЛК) производственных объектов:

- резервуары	15
- лебёдка	15
- подъемная мачта	2
- шкафы контрольно-измерительных приборов в помещениях и на наружных установках	50
- механические мастерские	50

Виброакустические вредные факторы

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012 – 90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота f, Гц;
- амплитуда колебаний d, мм.

Вибрацию можно наблюдать при работе любого оборудования, во время прохождения транспорта, при КЗ большие токи вызывают динамическую нагрузку.

Таблица 14.3 - Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

Защита от вибраций должна начинаться, прежде всего, с их ликвидаций.

Коллективные методы защиты:

- улучшение работы механизмов;
- применение амортизаторов (резиновых, пружинных, пневматических)

• использование виброгасящего основания под соответствующее оборудование.

Средства индивидуальной защиты: специальные рукавицы, перчатки, виброзащитные прокладки и обувь.

Источниками шума являются трансформаторы, электрические машины, работающее элекроборудование, вентиляторы.

Нормируемые параметры шума на рабочем месте определены ГОСТ 12.1.003 – 83 и Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Шум определяется следующими основными параметрами:

• уровень звукового давления А, дБ;

• интенсивность звука I, Вт/м2;

• уровень звука L, дБА.

Шум, создаваемый трансформаторами и электрическими машинами часто возникает из-за неплотного стягивания пакетов стального сердечника. В этом случае целесообразно устранение причины его появления.

Таблица 14.4 - Допустимые уровни звукового давления, уровни звука на рабочих местах.

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Мероприятия по борьбе с шумом:

• уменьшение уровня шума в источнике его возникновения: повышение качества балансировки вращающихся деталей, улучшение смазки трущихся поверхностей;

- звукопоглощение и звукоизоляция;
- установка глушителей шума;
- рациональное размещение оборудования;
- применение специальных средств индивидуальной защиты: противошумные наушники, шлемы, вкладыши;
- Защита от электромагнитных полей

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются ГОСТ 12.1.002 – 84 “ Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах ” и СанПиН 2.2.4.723 –98.

Источниками электромагнитных полей являются ВЛЭП, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики. В настоящее время в качестве предельно допустимого значения электромагнитного поля промышленной частоты напряженностью рекомендовано:

Основные параметры ЭМП:

- частота f, Гц;
- напряженность электрического поля Е, В/м;
- напряженность магнитного поля Н, А/м;
- плотность потока энергии I, Вт/м2.

Предельно допустимые напряженности электрического и магнитного полей на рабочих местах соответственно равны 500 В/м и 50 А/м. Предельно допустимое значение плотности потока энергии не должно превышать 10 Вт/м2.

В электроустановках всех напряжений должна быть установлена защита рабочих от воздействия электромагнитного поля, напряженность которого превышает допустимое значение, т.е. необходимо ограничить время пребывания следующим образом:

- 5 ÷ 10 кВ/м – не более 2х часов;
- 10 ÷ 15 кВ/м – 90 мин;

- 15 ÷ 20 кВ/м – 10 мин;
- 20 ÷ 25 кВ/м – 5 мин;
- 25 кВ/м и более – без защиты не допускается.

При напряженности электрического поля на рабочих местах выше 5 кВ/м необходимо применять следующие средства защиты:

- экранирование или удаление рабочего места от источника ЭМП;
- применение средств индивидуальной защиты (специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, защитные очки, специальные каски и шлемы);
- рациональное размещение оборудования, излучающего электромагнитную энергию.

14.4 Пожарная безопасность

Основной причиной пожаров на предприятиях является нарушение технологического режима. Это связано с большим разнообразием и сложностью технологических процессов. Основы противопожарной защиты определяются стандартами ГОСТ 12.1.004-86 “Пожарная безопасность” и ГОСТ 12.1.010-86”Взрывоопасность. Общие требования.” Методика определения категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности должна использоваться в проектно-сметной и эксплуатационной документации на здания, помещения и наружные установки.

Категории помещений и зданий предприятий и учреждений определяются на стадии проектирования зданий и сооружений в соответствии с настоящими нормами и ведомственными нормами технологического проектирования, утвержденными в установленном порядке. По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 — В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д.

Таблица 14.5 - Классификация помещений по пожарной опасности .

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
1	2
В4	Твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна),

Класс зоны П-IIа – зона, расположенная в помещении, в котором обращаются твердые горючие вещества.

Пожарная опасность электроустановок обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючей является изоляция обмоток электрических машин, трансформаторов, различных электромагнитов (контакторы реле, контрольно-измерительные приборы), а так же электронагревательные приборы.

Всевозможные лаки, компаунды, масла, битумы и ряд других электроизоляционных и конструктивных материалов, которые являются горючими и пожароопасными. В случаях значительных перегрузок проводников, и особенно, при прохождении токов К.З, температура изоляции возрастает настолько, что материал разлагается с выделением, горючих паров и газов, что и бывает причиной возгорания.

Большую опасность возникновения пожара представляют маслонаполненные аппараты: трансформаторы, кабели с бумажной изоляцией пропитанные маслоканифолевым составом.

Ответственность за соблюдение необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителя предприятия и начальника цеха.

На предприятии на основе типовых правил пожарной безопасности для промышленных предприятий разрабатываются объектовые и цеховые противопожарные инструкции. В этих инструкциях определены основные требования пожарной безопасности для данного цеха или участка производства.

Наибольшую пожарную опасность представляют маслонаполненные аппараты-трансформаторы, баковые выключатели высокого напряжения, а так же кабели с бумажной изоляцией и электрические печи.

Средства пожаротушения:

Для тушения пожара широко применяются различные химические средства, выбрасываемые в очаг пожара с помощью огнетушителей. В настоящее время наибольшее применение имеют ручные жидкопенные огнетушители типа

ОП-1 и густопенные типов ОП-3 и ОП-5б. Для этих огнетушителей применяется заряд, состоящий из кислотной и щелочной части. Например: углекислотные огнетушители типов ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8 и другие, предназначенные для тушения возгорания различных материалов и электроустановок. Огнетушитель типа ОУБ-7 (углекислотно-бром-этиловый), он позволят тушить установки до 1000 В под напряжением. Согласно ПУЭ при сдаче в эксплуатацию в КТПН должны быть обеспечены противопожарными средствами и инвентарём.

Поэтому устанавливается в помещении РУ-0,4 кВ пожарный инвентарь, в который входит (согласно ВППБ 01-02-95 РД 153-34.0-03.301-00):

- ручные углекислотные огнетушители ОУ-2,ОУ-5 -2шт
- пенный огнетушитель – 1 шт
- ящик с песком 3м3 - 1шт
- асбест 2 х 1,5м –1шт
- ведро - 2 шт
- лопата - 2шт
- багор

Осмотры и работы в кабельных сооружениях (колодцы, туннели, коллекторы) представляют особую опасность для электортехнического персонала в связи с тем, что в них возможно появление вредных и взрывоопасных газов.

Перед началом осмотра или работы внутри кабельных сооружений необходимо убедиться в отсутствии вредных горючих газов. Эта проверка должна выполнятся при помощи специального контрольного прибора, но не при помощи открытого огня. Для вытеснения из кабельного колодца, не имеющего приточной вентиляции, вредного газа применяется нагнетание чистого воздуха вентилятором или компрессором, установленным снаружи, рукав от которого опускается вниз, не достигая дна колодца 0,25 м. У открытого кабельного колодца должно быть ограждение или установлен предупредительный знак.

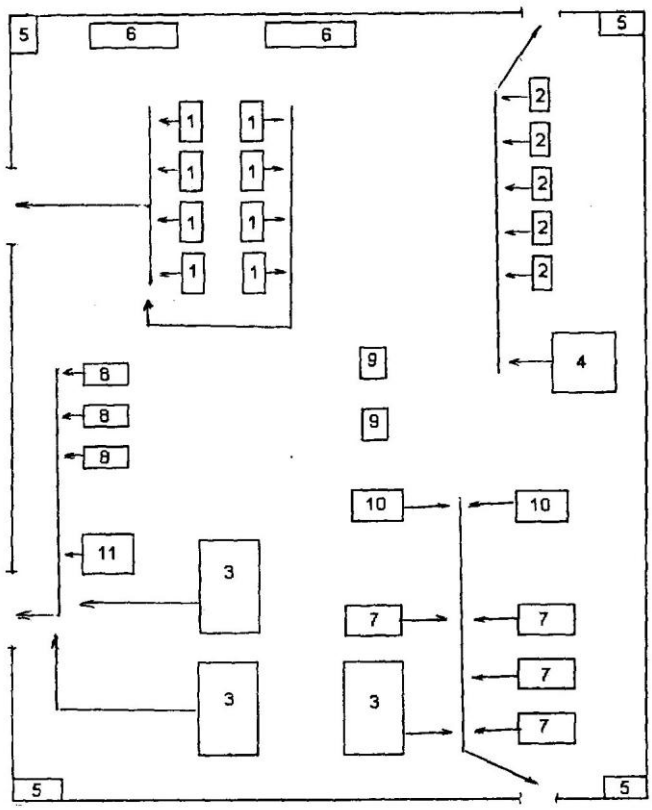


Рисунок 14.1 План эвакуации при пожаре

14.5 Охрана окружающей среды

Мероприятия по охране природы регламентируются ГОСТ 17.0.001-86 (Основные положения), ГОСТ 17.2.1.01-86 (Атмосфера) и ГОСТ 17.1.1.02-86 (Гидросфера).

Для работающих на промышленных предприятиях, непосредственной окружающей средой является воздух рабочей зоны.

Охрана окружающей среды на предприятии предусматривает мероприятия предотвращающие загрязнение воздушного бассейна. С этой целью загрязненный воздух, удаляемый из производственных помещений, пропускается через специальные очистительные фильтрующие и обезвреживающие устройства, далее после очистки рассеивается в атмосферу.

Достаточная высота дымовых труб обеспечивает рассеивание выбросов на больших площадях, тем самым концентрации вредных газов в воздухе становится незначительными.

Источниками сточных вод являются цеховые и хозяйственно-бытовые сбросы. Для предотвращения загрязнения гидросферы сточными водами применяются очистные сооружения и замкнутая система водоснабжения.

Твердые отходы на предприятии сначала складируются, а затем вывозятся на полигон либо сдают в пункты приема цветного металла. Для поддержания экологического равновесия в природе, на заводе проводятся мероприятия по озеленению территории предприятия близ прилежащих районов.

14.6 Чрезвычайные ситуации

К чрезвычайным ситуациям относятся военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия. Стихийные бедствия - явления природы, возникающие, как правило, внезапно. Они носят чрезвычайный характер и приводят к нарушению нормальной жизни, иногда гибели людей и уничтожению материальных ценностей.

На предприятии предусмотрен защитные меры от таких ЧС как:

- взрыв, пожар
- удар молнии

инфекционная болезнь людей (эпидемии гриппа и др.)

Для обеспечения бесперебойной работы в случае ЧС предусмотрено питание от двух источников электроэнергии, удаленных на такое расстояние, чтобы исключить возможность разрушения их в военное время одним ядерным ударом, а в мирное время – стихийным бедствием или аварией, а также имеются резервные источники питания.

В целях снижения опасности взрыва применяют вентиляционные установки, автоматическую сигнализацию, систематически контролируется температура узлов электрооборудования. На каждом этаже предприятия установлена радиоточка для оповещения людей о пожаре или другой ЧС.

От прямых ударов молнии установлена молниезащита. Молниеприемниками служат неизолированные стержневые молниеотводы. В качестве токоотводов используют наружные вертикальные стальные конструкции (пожарные лестницы). По каждому этажу проложены стальные пояса из полосовой стали, к

которым присоединяются токоотводы, все металлические конструкции и оборудование. Каждый токоотвод такого устройства присоединен к замкнутому контуру, уложенному по периметру здания.

В качестве профилактики от сезонных вспышек вируса гриппа регулярно проводится вакцинация работающих.

Ликвидация последствий стихийных бедствий организуется, как правило, под руководством специально создаваемых чрезвычайных комиссий. Для непосредственного осуществления мероприятий гражданской обороны (ГО) и проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ на всех объектах формируются службы ГО. Они предназначены как для проведения спасательных работ в военное время, так и для ликвидации последствий стихийных бедствий и крупных аварий.

На сводные отряды (команды, группы), помимо спасения людей, возлагаются неотложные аварийно-восстановительные работы, тушение пожаров, обеззараживание участков местности, транспорта, техники.

Важным условием быстрой ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций является соблюдение общественного порядка. Персонал, находящийся на территории предприятия должен проявлять высокую дисциплину, организованность, спокойствие, не поддаваться панике.

15 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной выпускной квалификационной работе подробно рассматривается электроснабжение инструментального цеха, в расчетной части ВКР выполнено проектирование искусственного освещения инструментального цеха с двумя вариантами типов светильников: люминесцентных и светодиодных.

В экономической части ВКР будет произведен выбор варианта светильника при помощи анализа капитальных вложений и затрат на эксплуатацию искусственного освещения цеха.

Рассматриваемые светильники

а) промышленный люминесцентный светильник с люминесцентными лампами

б) светодиодный промышленный светильник

Технические данные светильников приведены в таблице 13.4 расчетной части ВКР.

15.1 Оценка конкурентоспособности люминесцентной и светодиодной технологий

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [6]:

$$K = \sum Bi \cdot Бi$$

где K – конкурентоспособность технологии;

Bi – вес показателя (в долях единицы);

$Бi$ – балл i-го показателя.

Оценка факторов конкурентоспособности технологий (люминесцентного и светодиодного источника света) проводится в сравнительном виде по пятибалльной шкале. Данные занесены таблицу 15.1.

Таблица 15.1- Оценка факторов конкурентоспособности технологий

Факторы конкурентоспособности продукции	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Люминесцентный	Диодный	Люминесцентный	Диодный
Цена	0,30	5	1	1,50	0,30
Срок эксплуатации	0,10	1	5	0,10	0,50
Помехоустойчивость	0,01	3	5	0,03	0,05
Энергоэкономичность	0,20	3	5	0,60	1,00
Надежность	0,05	3	5	0,15	0,25
Расходы на эксплуатацию	0,20	2	5	0,40	1,00
Безопасность	0,01	4	5	0,04	0,05
Экологичность	0,05	1	5	0,05	0,25
Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	4	5	0,12	0,15
Расходы на утилизацию	0,05	1	5	0,05	0,25
Итого:	1,00			3,04	3,8
Примечание: оценка факторов конкурентоспособности технологий производится по пятибалльной шкале.1 – плохой показатель. 5 – отличный показатель.					

По результатам таблицы 15.1 видно, что технология светодиодного источника света вполне конкурентоспособна с технологией люминесцентного источника света. У светодиодной технологии есть единственный недостаток – высокая стоимость, но он компенсируется преимуществами таких факторов как длительный срок эксплуатации, энергоэкономичность, отсутствие расходов на эксплуатацию.

15.2 Анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения выбираемых технологий для искусственного освещение цеха

Для выбора технологии искусственного освещения цеха произведем сравнительный анализ и выбор между технологиями с люминесцентным и светодиодным источниками света. В данный анализ включим такие критерии как сравнение капитальных затрат на освещение цеха, сравнение эксплуатационных затрат на освещение цеха.

Исходными данными для анализа капитальных затрат служат данные проекта по составу комплектующих, объему монтажных работ; прейскуранты цен на оборудование и материалы; нормы и расценки на монтажные работы; нормы накладных расходов.

Исходными данными для анализа эксплуатационных затрат служат нормы и расценки на обслуживание светильников, прейскуранты цен на расходные материалы для них, расходы на утилизацию отработанных расходных материалов, расходы на электроэнергию, срок эксплуатации комплектующих и др.

15.2.1 Расчет сметной стоимости освещения цеха

В связи с тем, что расходы, связанные с монтажом групповых щитов освещения, силовых кабелей 0,4 кВ для питания щитов освещения и автоматов защиты при обоих вариантах установки светильников одинаковы, то эти расходы при сравнении вариантов освещения учитываться не будут.

В расчете сметной стоимости учтены расходы по монтажу осветительной сети и светильников. Осветительная сеть по данным Приложения 2 ВКР выполнена 6-ю линиями, протяженностью по 120 метров, каждый светильник подключен к осветительной сети отдельной линией длинной 1,5 метра, каждая распределительная коробка имеет две точки подключения светильников. Руководствуясь правилами устройства электроустановок [12], электрические линии осветительной сети выполнены, проводом марки ВВГнг - (3х1,5 мм^2), проложенным в пустотах плит перекрытий потолка. В расчетной части ВКР установлено, что для равномерного освещения цеха требуются 298 люминесцентных светильников или 244 светодиодных светильника.

Электромонтажные работы производит подрядная организация ООО «Стройоптима».

Для анализа капитальных затрат составляем смету, в которой будут отражены следующие затраты:

- материальные расходы;
- расходы на оборудование;
- расходы на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;
- накладные расходы.

Материальные затраты учитывают количество материалов и комплектующих, необходимых для выполнения электромонтажных работ по освещению цеха. Они определяются по формуле:

$$M = Q \times Ц_м,$$

где M – материальные затраты;

Q - количество материалов или комплектующих;

$Ц_м$ - цена на материалы или оборудование.

Количество материалов и комплектующих, требуемых для монтажных работ по освещению цеха, определяются по формулам:

а) протяженность осветительной сети:

$$L_П = (Q_Л \cdot L_Л) + (Q_С \cdot L_С)$$

где $L_П$ – протяженность осветительной сети;

$Q_Л$ – количество линий осветительной сети;

$Q_С$ – количество светильников;

$L_С$ – длинна линии к светильнику.

б) Количество распределительных коробок:

$$Q_{РП} = \frac{Q_С}{Q_{СТ}}$$

где $Q_{РП}$ – количество распределительных коробок;

$Q_С$ – количество светильников;

$Q_{СТ}$ – количество точек подключений светильников.

Данные расчетов по материальным затратам сведем в таблицу 15.2. Заметим, что цены на материалы действительны на I квартал 2016 г., согласно прейскуранту цен ООО «Профи-электромаркет» г. Томск.

Таблица 15.2 - Затраты на материалы и оборудование

Наименование материалов и комплектующих	Ед.изм.	Люминесцентные светильники			Светодиодные светильники		
		Кол.	Цена, руб.	Сумма, руб.	Кол.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Светильники	шт	298	1059,00	315582,00	244	2350,00	573400,00
Распределительные коробки	шт	149	71,30	10623,70	122	71,30	8698,60
Силовые провода ВВГ 3х1,5	м.п	1167	39,50	46096,50	1086	39,50	42897,00
Итого по материалам:				**372202,20**			**624995,60**

Полная стоимость материалов и комплектующих включает транспортные расходы на заготовление и приобретение и рассчитывается по формуле:

$$C_{MO} = M \cdot K_{т.з.р},$$

где C_{MO} – стоимость материалов и комплектующих с учетом транспортных расходов;

$K_{т.з.р}$ - коэффициент, учитывающий транспортные заготовительные расходы $K_{т.з.р} = 1{,}14$.

Полная стоимость материальных затрат с учетом транспортных расходов составляет:

Для варианта №1 с люминесцентными светильниками:

$$C_{MO1} = 372302{,}2 \cdot 1{,}14 = 424{,}4 \ тыс.руб.$$

Для варианта № 2 с светодиодными светильниками:

$$C_{MO2} = 624995{,}6 \cdot 1{,}14 = 712{,}4 \ тыс.руб.$$

Для определения затрат на выполнение работ по освещению цеха в расчете используются данные сметного отдела электромонтажной организации ООО «Стройоптима» г. Северск.

Тарифная заработная плата за единицу работ определяется на основании нормы времени выполняемой работы и часовой тарифной ставки.

$$З_Т = T_B \cdot C_T.$$

где $З_Т$ – Расценка за единицу работ;

$T_в$ – норма времени;

C_T – часовая тарифная ставка.

Данные по расчету тарифной заработной платы за единицу работ сведены в таблицу 15.3.

Таблица 15.3 - Тарифная заработная плата за единицу работ

Виды работ	Разряд	Норма времени, час/ед.	Тарифная ставка, руб/час.	Тарифная заработная плата руб/ед.
Монтаж светильников	4	0,45	152,96	68,83
Прокладка проводов	3	0,041	148,24	6,08
Монтаж РП коробок с расключением	4	0,39	152,96	59,65

Фонд тарифной заработанной платы рассчитывается по формуле:

$$Ф_{ТЗ} = \sum Q_i \cdot З_{Ti}$$

где $Ф_{ТЗ}$ – фонд тарифной заработной платы труда;

Q_i - объем работ по видам работ;

$З_{Ti}$ - тарифная заработная плата по видам работ. Фонд тарифной заработанной платы сведен в таблице 15.4.

Таблица 15.4 - Фонд тарифной заработанной платы

Наименование работ	Ед. изм.	Тарифная заработная плата, руб/ед.	Люминесцентные светильники		Светодиодные светильники	
			Объем работ	ФТЗЛ, руб.	Объем работ	ФТЗЛ, руб.
Монтаж светильников	шт	68,83	298	20511,34	244	16794,52
Прокладка проводов	м.п	6,08	1167	7095,36	1086	6602,88
Монтаж РП коробок	шт	59,65	149	8887,85	122	7277,30
Итого:				**36494,55**		**30674,70**

Фонд оплаты труда включает в себя тарифную заработную плату, выплату по районному коэффициенту, дополнительную заработную плату и отчисления во внебюджетные страховые фонды. Выплаты по районному коэффициенту составляют 50% от суммы начислений по г. Северску. Дополнительная заработная плата составляет 12% от основной заработной платы. Отчисления во внебюджетные фонды составляют 30,7% от полной заработной платы. Фонд заработной платы рассчитывается по формуле:

$$ФОТ = Ф_{ТЗ} \cdot К_{РК} \cdot К_{ДЗ} \cdot К_{ОВФ}$$

где $ФОТ$ – фонд оплаты труда;

$Ф_{ТЗ}$ – фонд тарифной заработной платы;

$К_{РК}$ – районный коэффициент;

$К_{ДЗ}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату;

$К_{ОВФ}$ – коэффициент, учитывающий отчисления во внебюджетные страховые фонды;

ФОТ по монтажным работам:

а) с люминесцентными светильниками №1:

$$ФОТ_1 = 36494,55 \cdot 1,5 \cdot 1,12 \cdot 1,307 = 80,1 \ тыс.руб.$$

б) с светодиодными светильниками №2:

$$ФОТ_2 = 30674,7 \cdot 1,5 \cdot 1,12 \cdot 1,307 = 67,3 \ тыс.руб.$$

Накладные расходы включают в себя следующие затраты амортизация основных фондов организации, амортизация нематериальных активов, отчисления в ремонтный фонд, вспомогательные материалы на содержание комплектующих и инструмента, затраты на коммунальные услуги, износ инструмента, заработная плата вспомогательных рабочих и ИТР, отчисления на социальные цели вспомогательных рабочих и ИТР, командировочные расходы, представительские расходы, на рекламу, плата за кредиты, прочие расходы.

Размер накладных расходов по данным сметного отдела электромонтажной организации ООО «Стройоптима» составляет 120 процентов от ФОТ.

Данные по сметной стоимости вариантов освещения инструментального цеха приведены в таблице 15.5.

Таблица 15.5 - Сметная стоимость

Наименование затрат	Сумма, тыс. руб.	
	Люминесцентные светильники	Светодиодные светильники
Полная стоимость материальных затрат:	424,4	712,4
Фонд оплаты труда:	80,1	67,3
Накладные расходы от ФОТ:	96,1	80,8
Итого затрат:	**600,6**	**860,5**

По данным ООО «Стройоптима» и договорные цены на оказываемые организацией услуги предусматривают плановые накопления в размере 20 % и НДС. Таким образом, договорная цена рассчитывается по формуле:

$$Ц = C_C \cdot K_{ПН} \cdot K_{НДС}$$

где $Ц$ – цена договорная;

C_C – сметная стоимость;

$K_{ПН}$ – коэффициент, учитывающий плановые накопления;

$K_{НДС}$ – коэффициент, учитывающий НДС.

а) расчет договорной цены для варианта с люминесцентными светильниками:

$$Ц = 600,6 \cdot 1,2 \cdot 1,18 = 850 \ тыс.руб.$$

б) расчет договорной цены для варианта с светодиодными светильниками:

$$Ц = 860,5 \cdot 1,2 \cdot 1,18 = 1220 \ тыс.руб.$$

15.2.2 Расчет эксплуатационных расходов

Для расчета эксплуатационных затрат учитываются такие затраты как расходы на электроэнергию, расходы на отработавшие свой срок расходные материалы (люминесцентные лампы), расходы на утилизацию отработавших свой срок расходных материалов. Для упрощения не учитывается в расчетах заработная плата электротехническому персоналу за замену люминесцентных лам (так как на предприятии есть штатный электротехнический персонал с повре-

менной заработной платой, в обязанности которого входит обслуживание электрооборудования).

Производственные процессы в цеху протекают в односменном режиме с восьмичасовым рабочим днем. Освещение в цеху включено всю смену из-за отсутствия естественных источников света. Дополнительно осуществляется освещение цеха: 15 минут до начала смены и 45 минут после окончания смены в общей сумме 1 час для технологических нужд (осмотр оборудования, уборка рабочих мест).

По паспортным данным эксплуатационный период работы светильников 20 лет. Расчет эксплуатационных расходов произведем за 20 лет работы светильников.

Расчет временного периода в часах работы светильников за 20 лет эксплуатации.

$$T_{чэ1} = Q_{рс} \cdot (T_{чс} + T_{чт})$$

где $T_{чэ1}$ – количество часов за 1 год эксплуатации светильников;

$Q_{рс}$– количество рабочих смен в году, принимаем 250;

$T_{чс}$– количество часов в смене;

$T_{чт}$– количество часов в смене для технологических нужд.

$$T_{чэ20} = T_{эк20} \cdot T_{чэ1}$$

где $T_{чэ20}$ – количество часов за 20 лет эксплуатации светильников;

$T_{эк20}$ – время эксплуатационного периода в годах.

$$T_{чэ1} = 250 \cdot (8+1) = 2250 \ час/год;$$

$$T_{чэ20} = 20 \cdot 2250 = 45000 \ час.$$

Расчет потребления и стоимости электроэнергии

Тариф на электроэнергию для юридических лиц в среднем с НДС 4,95 руб. – кВт/ч., (данные ПАО «Тоскэнергосбыт» г. Томска). По данным расчетной части ВКР, общая потребляемая мощность осветительной сети цеха с учетом потерь составляет:

а) для варианта с люминесцентными светильниками $P_{у.л} = 22{,}35$ кВт/ч;

б) для варианта с светодиодными светильниками $P_{у.с} = 13{,}45$ кВт/ч.

$$P_{пот1} = P_y \cdot T_{чэ1};$$

где $Р_{эпот1}$ – потребление электроэнергии за год;

$Р_у$ – общая удельная потребляемая мощность осветительной сети цеха с учетом потерь;

$$P_{пот20} = P_y \cdot T_{чэ20};$$

где $Р_{эпот20}$ – потребление электроэнергии за 20 лет.

$$C_{э1} = P_{пот1} \cdot C_T;$$

где $С_{э1}$ – стоимость электроэнергии за год эксплуатации;

$С_Т$– тариф на электроэнергию.

$$C_{э20} = P_{пот20} \cdot C_T.$$

где $С_{э20}$ – стоимость электроэнергии за 20 лет эксплуатации.

а) для варианта с люминесцентными светильниками:

$$P_{пот1} = 22,35 \cdot 2250 = 50 \ тыс.кВт/ч/год;$$

$$P_{пот20} = 22,35 \cdot 45000 = 1006 \ тыс.кВт/ч;$$

$$C_{э1} = 50 \cdot 4,95 = 247 \ тыс.руб/год;$$

$$^1C_{э20} = 1006 \cdot 4,95 = 4980 \ тыс.руб.$$

б) для варианта с светодиодными светильниками:

$$P_{пот1} = 13,45 \cdot 2250 = 30 \ тыс.кВт/ч/год;$$

$$P_{пот20} = 13,45 \cdot 45000 = 605 \ тыс.кВт/ч;$$

$$C_{э1} = 30 \cdot 4,95 = 148 \ тыс.руб/год;$$

$$^1C_{э20} = 605 \cdot 4,95 = 2995 \ тыс.руб.$$

Расчет затрат на замену люминесцентных ламп

Так как ресурс люминесцентной лампы 8000 часов из этого следует, что во временном периоде – 20 лет потребуется произвести замену всех люминесцентных ламп 5 раз:

$$Q_з = \frac{T_{чэ_{20}}}{T_{лэ}}$$

[1] Без учета индексации цен

где $Q_з$ – количество замен ламп за весь период эксплуатации;

$Т_{лэ}$ – срок эксплуатации лампы.

$$Q_з = \frac{45000}{8000} = 5,62 \approx 5 \ \ раз.$$

Стоимость замены ламп определяется по формуле:

$$C_{зам.} = Q_c \cdot Q_л \cdot C_л \cdot Q_з \cdot K_{ТР}$$

где $С_{зам.}$ – стоимость замены ламп за весь период эксплуатации с транспортными расходами без учета индексации цен;

$Q_с$ – количество установленных светильников;

$Q_л$ – количество ламп в одном светильнике;

$С_л$ – цена за одну люминесцентную лампу;

$Q_з$ – количество замен ламп за весь период эксплуатации.

$K_{Т.Р}$ - коэффициент, транспортных расходов $K_{т.р}$ = 1,14.

$$^{2}C_л = 298 \cdot 2 \cdot 57,0 \cdot 5 \cdot 1,14 = 194 \ тыс, руб.$$

У светодиодных светильников срок эксплуатации 50000 часов:

45000 ч. < 50 000 ч.,

поэтому, расходов на эксплуатацию не требуется.

Люминесцентные лампы содержат в себе ртуть, поэтому они должны утилизироваться на полигоне токсичных отходов, тариф на утилизацию одной люминесцентной лампы 14,0 руб/шт., (по данным лицензированной организации по утилизации токсичных отходов ООО «Полигон» г. Томск).

Расчет затрат на утилизацию люминесцентных ламп с учетом транспортных расходов:

$$C_{ут} = Q_c \cdot Q_л \cdot C_{ут.л} \cdot Q_з \cdot K_{ТР}$$

где $С_{ут.}$ – стоимость утилизации ламп за весь период эксплуатации с транспортными расходами без учета индексации цен;

$Q_с$ – количество установленных светильников;

$Q_л$ – количество ламп в одном светильнике;

$С_{л.ут}$ – цена утилизации за одну люминесцентную лампу;

[2] Без учета индексации цен

$Q_з$ – количество замен ламп за весь период эксплуатации.

$K_{T.P}$ - коэффициент, транспортных расходов $K_{т.р}$ = 1,14.

$$^{3}C_{ут} = 298 \cdot 2 \cdot 14,0 \cdot 5 \cdot 1,14 = 48 \text{ тыс, руб.}$$

Данные по технико-экономическим показателям сведем в таблицу 15.6.

Таблица 15.6 -Технико-экономические показатели

Наименование затрат	Технология 1*	Технология 2**	Изменения ±
1. Сметная стоимость систем, тыс. руб.	850	1220	-370
2. Расход электроэнергии 2.1 годовой расход, тыс. кВт/ч/год 2.2 расход за 20 лет, тыс. кВт/ч/период	 50 1006	 30 605	 20 401
3. Затраты на электроэнергию 3.1 годовые расходы, тыс. руб/год. 3.2 затраты за 20 лет, тыс. руб/период	 247 4980	 150 2995	 97 1985
4. Эксплуатационные расходы***, тыс. руб/период	194	–	194
5. Расходы на утилизацию***, тыс. руб/период	48	–	48
*Технология 1 - люминесцентные светильники. **Технология 2 - светодиодные светильники. ***Расчеты произведены без учета индексации цен.			

Произведенный анализ выявил, что технология с люминесцентным источником света по капитальным вложениям менее затратная, чем технология со светодиодным источником света, экономия по капитальным вложениям с люминесцентным источником света составила 42 %. Расчет эксплуатационных расходов выявил, что технология со светодиодным источником света менее затратная, чем технология с люминесцентным источником света. Экономичность светодиодной технологии по потреблению электроэнергии составила 66 % по сравнению с технологией с люминесцентным источником света. Обслуживание для поддержания рабочего состояния технологии со светодиодным источником света нулевое, в отличие от технологии с люминесцентным источником света, где затраты на обслуживания за весь период эксплуатации составили:

а) эксплуатационные расходы 194 тыс. руб.

б) расходы на утилизацию 48 тыс. руб.

[3] Без учета индексации цен

При первоначальной стоимости светильников с люминесцентными лампами 316 тыс. руб., общие затраты на эксплуатацию составили 242 тыс. руб., (замена ламп и утилизация), или 69 процентов от первоначальной стоимости светильников.

15. 3 Организация электромонтажных работ

С целью контроля планомерного и ритмичного выполнения работ в установленные сроки необходимо определить продолжительность выполняемых работ.

$$T_{р.ч.} = Q_р \cdot T_в;$$

где $T_{р.ч.}$ – продолжительность выполнения работ часов;

$Q_р$ – объем работ;

$T_в$ – норма времени часов/единица.

$$T_{р.с.} = \frac{T_{р.ч.}}{T_с}.$$

где $T_{р.с.}$ – продолжительность выполнения работ смен;

$T_с$ – продолжительность смены в часах, $T_с = 8$ *час.*

Данные по продолжительности работ сведены в таблице 15.7.

Таблица 15.7 - Продолжительность выполнения электромонтажных работ

Виды работ	Единица измерения	Объем работ	Норма времени час\единица.	Всего времени часов на вид работ	Всего времени смен на вид работ
Монтаж светильников	шт	244	0,45	110	14
Прокладка проводов	м.п	1086	0,041	45	6
Монтаж РП коробок с расключением	шт	122	0,39	48	6

Бригада состоит из четверых электромонтажников.

График электромонтажных работ отражен в таблице 15.8.

Таблица 15.8 - График электромонтажных работ

Вид работ	Исполнители	Раб. дни	Продолжительность выполнения работ								
			Дни недели								
			Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс	Пн	Вт
Монтаж светильников	Монтажник 1	7									
	Монтажник 2	7									
Прокладка питающих линий	Монтажник 3	6									
Монтаж распределительных коробок с расключением	Монтажник 4	6									

Вывод

Экономическая часть выпускной квалификационной работы была представлена с целью оценки перспективности проведения инженерных решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, были проанализированы экономические показатели по двум технологиям искусственного освещения. Из вышеприведенного анализа выявилось превосходство светодиодной технологии над технологий с люминесцентным источником света. Параметры ресурсоэффективности и ресурсосбережения светодиодной технологии в процессе эксплуатации, значительно снижают издержки предприятия, а значит, повышают конкурентоспособность предприятия на рынке в своем сегменте.

Для искусственного освещения инструментального цеха выбираться технология со светодиодным источником света.

Заключение

В выпускной квалификационной работе рассчитана сеть электроснабжения ремонтно-механического завода.

В ходе выполнения ВКР определены:

- полная расчетная нагрузка инструментального цеха методом упорядоченных диаграмм

  (Рр = 207,7 кВт, Qр = 189,8 кВАр, Sр=281,3 кВа, Iр = 427,5 А);

- полная суммарная нагрузка ремонтно-механического завода

  (Рр = 4178,5 кВт, Qр = 3677,1 кВАр);

- полная расчетная мощность предприятия (Sр.гпп = 5740 кВА).

При расчете нагрузки по потребителям построена картограмма нагрузок для ЭП до 1000 В с выделенным сектором осветительной нагрузки, определен центр нагрузок на территории предприятия.

Рассчитаны количество и мощность трансформаторных подстанций. Выбрано устройство компенсации реактивной мощности – комплектные конденсаторные установки УКБН-0,38-100, количеством 12 штук и полной мощностью 1200 кВА. Также приведено технико-экономическое обоснование выбора места установки компенсирующего устройства.

Электроснабжение ремонтно-механического завода выполняется от подстанции энергосистемы, которая расположена на расстоянии семи километров от главной понизительной подстанции РМЗ. Для повышения надежности электроснабжения, электросеть выполнена по двум радиальным линиям на напряжение 110 кВ. Линии питания завода выполняются воздушными, проводом марки АС-70 . Главная понизительная подстанция завода укомплектована двумя двухобмоточными трансформаторами ТМН – 6300/110. ГПП размещена внутри территории завода и смещена в сторону внешнего источника питания.

На стороне 10 кВ ГПП используется одинарная система шин с секционным выключателем типа ВМПЭ-10 и устройством АВР. РУ 10 кВ выполняется шкафами КРУ с выключателями на выкатных тележках. На цеховых ТП используются двух- и однотрансформаторные подстанции с трансформаторами номи-

нальной мощностью 630 кВА. Питание цеховых ТП производится по одно и двуцепным кабельным линиям напряжением 10 кВ марки АС проложенных по эстакаде.

При расчете электроснабжения механического цеха произведен выбор вводного автоматического выключателя РУ: ВА 88-43-1600 и выключателей распределительных пунктов. Выбраны сечения шинопроводов, питающие цеховые электроприемники.

Построены эпюры отклонения напряжения для максимального, минимального и послеаварийного режимов работы.

По расчетам токов к.з. в сети до 1000 В построена карта селективности действия аппаратов защиты токовой сети. Из построения видно, что все аппараты работают селективно.

В разделе производственной безопасности были рассмотрены опасные и вредные факторы, воздействующие на рабочего в цехе и предложены меры к устранению этих факторов, или снижению величины их воздействия.

Экономическая часть выпускной квалификационной работы была представлена с целью оценки перспективности проведения инженерных решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, были проанализированы экономические показатели по двум технологиям искусственного освещения. Из приведенного анализа выявилось превосходство светодиодной технологии над технологий с люминесцентным источником света. Параметры ресурсоэффективности и ресурсосбережения светодиодной технологии в процессе эксплуатации, значительно снижают издержки предприятия, а значит, повышают конкурентоспособность предприятия на рынке в своем сегменте. Для искусственного освещения инструментального цеха выбирали технологию со светодиодным источником света.

Список литературы

1. Электроснабжение промышленных предприятий: методические указания/ А.И.Гаврилин, С Г.Обухов, А.И.Озга – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 120 с.

2. Справочник по проектированию электроснабжения /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990 (Электроустановки промышленных предприятий /Под общей ред. Ю.Н. Тищенко и др.)

3. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию в 2-х т. /Под общ. ред. А.А. Федорова Т1 Электроснабжение – М.: Энергоатомиздат, 1986

4. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов вузов по специальности «Электропривод и автоматизация промышленных установок» - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 400 с., ил.

5. ГОСТы: ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;

ГОСТ 12.1.003 – 83 «Шум»;

ГОСТ 12.1.038 «Электробезопасность»;

ГОСТ 12.0.003 – 82 «Опасные и вредные производственные факторы»;

ГОСТ 12.1.002 – 84 «Электрические поля промышленной частоты»;

ГОСТ 12.1.045 – 84 «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»;

ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление»;

ГОСТ 12.1.004-86 «Пожарная безопасность»;

ГОСТ 12.1.010-86 «Взрывобезопасность»;

ГОСТ 12.2.003-91 Оборудование производственное.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие /Криницына З.В., Видяев И.Г.; Томский политехнический университет. − Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

7. Копания ООО «ПроектSVET» г. Новосибирск [электронный ресурс] http://proectss.ru режим доступа свободный.

8. Международная копания «ЭТМ» [электронный ресурс] http://www.etm.ru режим доступа свободный.

9. Копания ООО «Свет консалтинг» г. Москва [электронный ресурс] http://svet-con.ru режим доступа свободный.

10. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. – Л.: Энергия, 1981. – 412 с.

11. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г.М. Кнорринга. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.

12. Правила устройства электроустановок издание седьмое от 08.07.2002 № 204

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Выключатель ВМТ-110Б-25/1250
Разъединитель РНДЗ 2-110
Разрядник РВС-110М

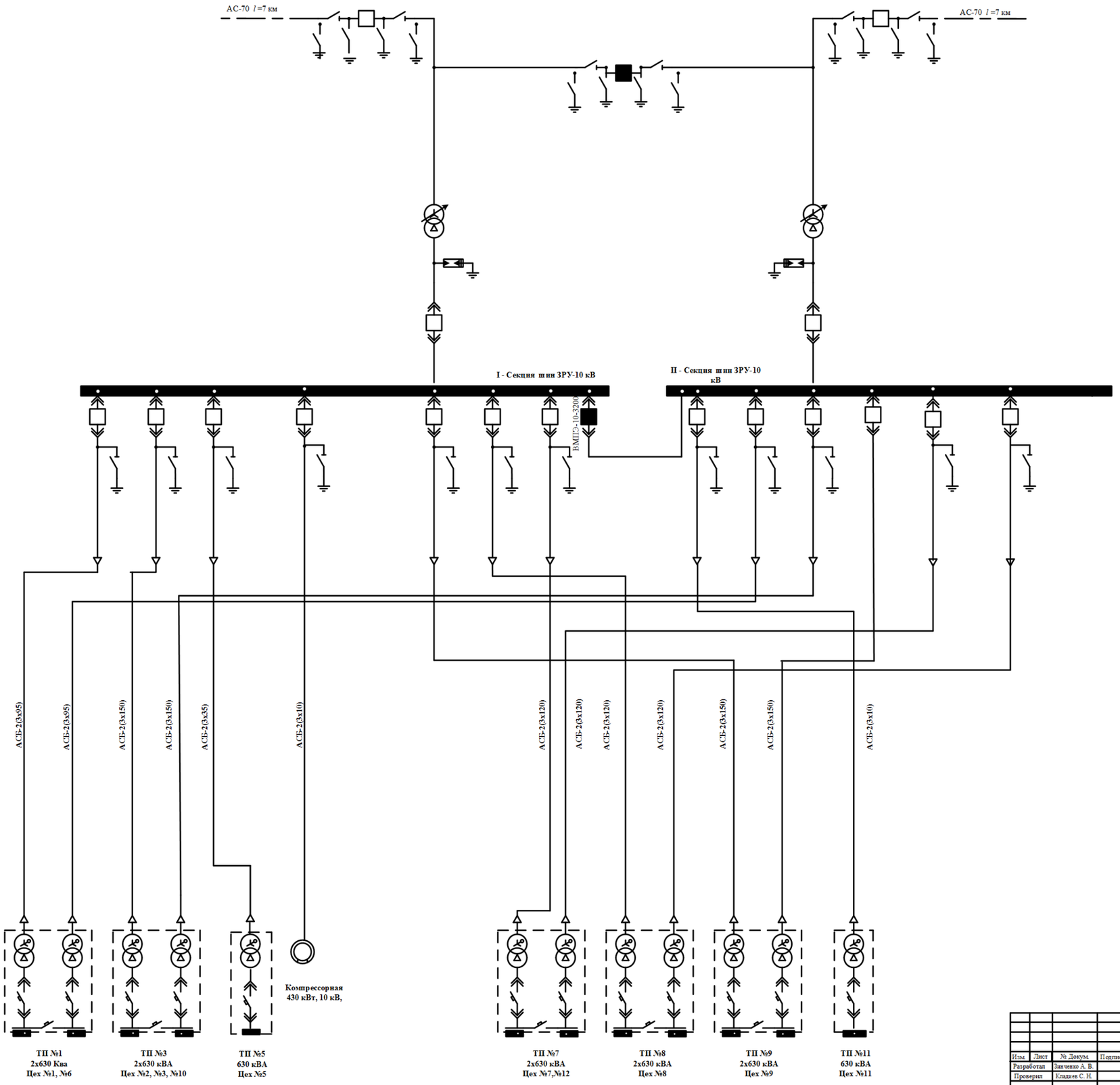
Трансформатор ТМН-6300/110

Разрядник РВС-10У1

Выключатель ВМП-10-20/630

Ячейки КРУ серии К-XXVII с выключателями типа ВМПЭ-10-630

Трансформатор ТМ-630-10/0,4



Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата
Разработал		Зинченко А. В.		
Проверил		Кладиев С. Н.		

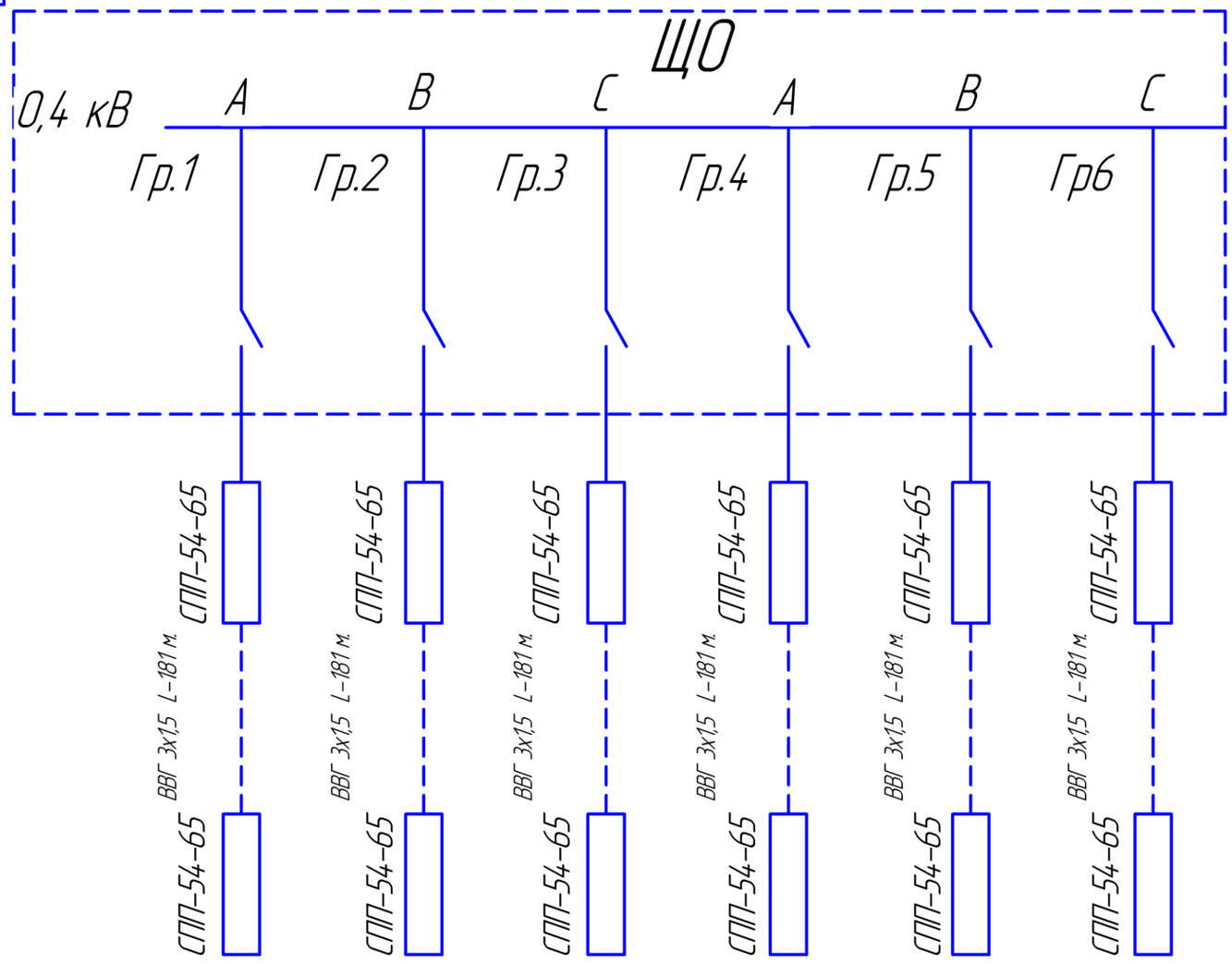
Схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприемников

Лит.	Масса	Масштаб

Проект системы внутризаводского электроснабжения

ТПУ ЭНИН
Группа З-5Г13

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

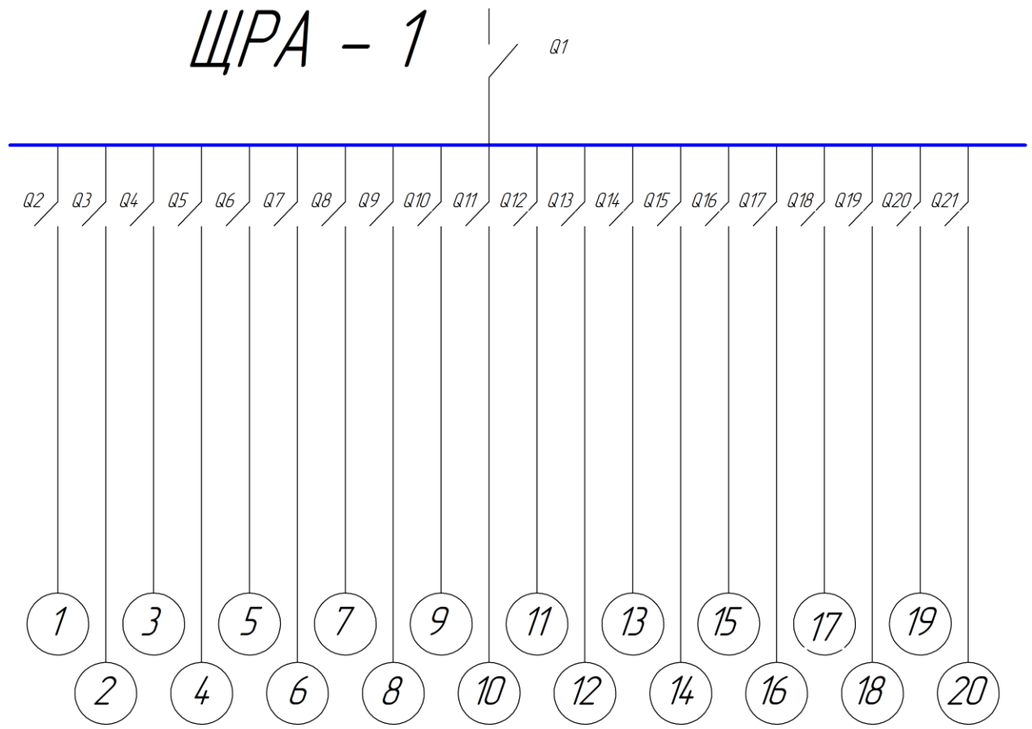


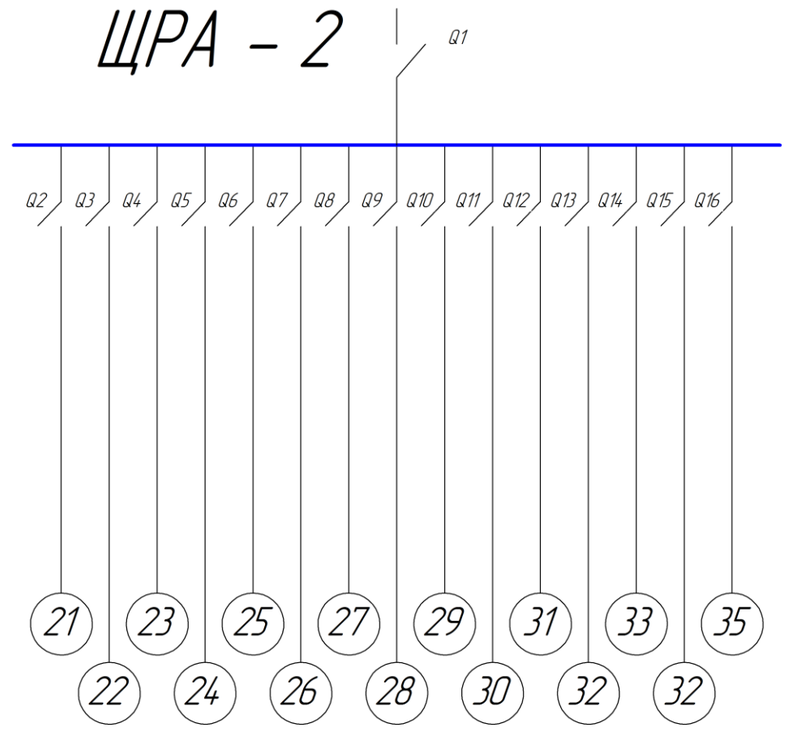
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема осветительной сети инструментального цеха	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Зинченко А.В.						
Пров.		Кладиев С.Н.				Лист	Листов 1	
Т.контр.						ТПУ ЭНИН гр. 3-5Г13		
Н.контр.								
Утв.								

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

КОМПАС-3D V16 Учебная версия © 2015 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены.
Не для коммерческого использования
Копировал
Формат А3

ПРИЛОЖЕНИЕ 3





Наименование оборудования	№ на схеме	Марка сечение кабеля
Металлорежущий станок	1 – 13	АПВ–4х6
Карусельный станок с ЧПУ	21–23	АПВ–4х150
Универсальный станок с ЧПУ	24	АПВ–4х120
Вентилятор	14–15	АПВ–4х10
Кран–балка	16–17, 33–34	АПВ–4х6
Машины дуговой сварки	25–28	АПВ–4х6
Токарный станок	18–20	АПВ–4х35
Фрезерный станок	29–30	АПВ–4х35
Сверлильный станок	31–32	АПВ–4х10
Точило	35	АПВ–3х6

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Зинченко А.В.		
Пров.		Кладиев С.Н.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Однолинейная схема
инструментального цеха

Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов 1	

ТПУ ЭНИН
гр. 3-5Г13

Копировал

Формат А3

КОМПАС-3D V16 Учебная версия © 2015 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены.
Не для коммерческого использования

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл.