

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

Институт – Электронного обучения
Специальность – Электроэнергетические системы и сети
Кафедра электрических сетей и электротехники

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

| Тема работы |
|---|
| Проект электроснабжения инструментального завода |

УДК 621.31.031.001.6:621.7

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|----------|----------------------------|---------|------|
| 3 - 9202 | Коломойченко Клим Игоревич | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|-------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ЭСиЭ | Готман В.И. | К. Т. Н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры менеджмента | Коршунова Л.А. | К. Т. Н. | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------------------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры экологии и БЖД | Амелькович Ю.А. | К. Т. Н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| ЭСиЭ | Прохоров А.В. | К. Т. Н. | | |

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

Институт – Электронного обучения
 Специальность – Электроэнергетические системы и сети
 Кафедра электрических сетей и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ А.В. Прохоров
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|--------------------|
| дипломного проекта |
|--------------------|

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

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-----------------------------|
| 3-9202 | Коломойченко Клим Игоревичу |

Тема работы:

| | |
|--|--------------------|
| Проект электроснабжения инструментального завода | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 12.05.2016 №3504/с |

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 24.05.2016 |
|--|------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|---|
| <p>Исходные данные к работе <i>(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.).</i></p> | <p>Объект исследования и проектирования: схема электроснабжения инструментального завода. Исходные данные: Исходными данными для выполнения данной работы являются параметры электрических нагрузок цехов инструментального завода; материалы преддипломной практики.</p> |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>Анализ литературных источников по теме исследования; описание объекта, цели и постановка задач исследования; обоснование выбора электрооборудования; проверка оборудования и аппаратов защиты; технико-экономические расчёты; производственная и экологическая безопасность; анализ результатов выполненной работы.</p> |
| <p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <p>Однолинейная схема питания цеховых подстанций инструментального завода. Картограмма электрических нагрузок; генплан инструментального завода. Презентация.</p> |

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы*(с указанием разделов)*

| Раздел | Консультант |
|---|-----------------|
| Социальная ответственность | Амелькович Ю.А. |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Коршунова Л.А. |
| | |
| | |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| нет. | |

| | |
|---|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 15.02.2016 |
|---|------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|-------------|---------------------------|---------|------------|
| Доцент кафедры ЭСиЭ | Готман В.И. | к. т. н. | | 15.02.2016 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---------|------------|
| 3-9202 | Коломойченко Клим Игоревич | | 15.02.2016 |

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

Студенту:

| | |
|---------------|-----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 3 - 9202 | Коломойченко Клим Игоревичу |

| | | | |
|----------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Институт | Электронного обучения | Кафедра | Электрических сетей и электротехники |
| Уровень образования | Специалитет | Направление/специальность | Электроэнергетические сети и системы |

| | |
|---|---|
| Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»: | |
| 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, информационных и человеческих</i> | <i>Стоимость материалов и оборудования, стоимость электроэнергии, минимальная тарифная ставка оплаты труда.</i> |
| 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | <i>Нормы амортизации.</i> |
| 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | <i>Ставка отчислений в социальные фонды.</i> |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| 1. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i> | <i>Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости</i> |
| 2. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i> | <i>Расчет затрат на проектирование</i> |
| 3. <i>Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i> | <i>Расчёт капиталовложений на электрооборудование.</i> |
| 4. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i> | <i>Расчёт годовых эксплуатационных затрат.</i> |
| Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) | |
| 1. <i>График разработки и внедрения ИР</i> | |

| | |
|---|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 15.03.2016 |
|---|------------|

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|----------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент кафедры менеджмента | Коршунова Л.А. | К. Т. Н. | | 15.03.2016 |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|----------------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 3 - 9202 | Коломойченко Клим Игоревич | | 15.03.2016 |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

| | |
|---------------|-----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 3 - 9202 | Коломойченко Клим Игоревичу |

| | | | |
|----------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Институт | Электронного обучения | Кафедра | Электрических сетей и электротехники |
| Уровень образования | Специалитет | Направление/специальность | Электроэнергетические сети и системы |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|---|--|
| <p><i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) | <p>Объект раздела: характеристика работ, операций, оборудования, условий выполнения рассматриваемого технологического процесса. Обеспечение безопасности для выявленных опасных факторов: нормативные требования, которым удовлетворяет принятое к использованию оборудование и инструмент. Технические устройства обеспечения этих требований, ссылки на НТД.</p> |
| <p><i>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p> | <p>Анализ законодательных и нормативных актов по теме.</p> |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|---|
| <p><i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) | <p>Перечень опасных и вредных факторов при выполнении работ, источником которых является выбранное оборудование и технологический процесс. Обеспечение санитарно-гигиенических условий на рабочих местах и обеспечение требований нормативных документов к выявленным вредным факторам. Технические устройства обеспечения этих требований.</p> |
| <p><i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); | <p>Обеспечение безопасности при аварийной ситуации. Средства защиты. Организационные, технические мероприятия.</p> |

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) | |
| <p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 выбросов в атмосферу, сбросов сточных вод, твёрдых отходов от рассматриваемой технологии. Дать решения по обеспечению экологической безопасности окружающей среды, ссылки на НТД. |
| <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 | Поведение объекта в ЧС и меры, необходимые для повышения устойчивости при ЧС. |
| <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны | Нормативные документы. |
| Перечень графического материала: | |
| <i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i> | |

| | |
|---|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 24.03.2016 |
|---|------------|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------------------------|-----------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент кафедры экологии и БЖД | Амелькович Ю.А. | к.т.н. | | 24.03.2016 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|----------|-------------------|---------|------------|
| 3 - 9202 | Коломойченко К.И. | | 24.03.2016 |

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

Институт – Электронного обучения
Специальность – Электроэнергетические системы и сети
Уровень образования – специалист
Кафедра электрических сетей и электротехники
Период выполнения – весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

дипломный проект

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 24.05.2016 |
|--|------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|------------------------------------|
| 06.03.2016 | <i>Расчет электрических нагрузок</i> | 15 |
| 20.03.2016 | <i>Выбор схем внешнего электроснабжения</i> | 15 |
| 23.03.2016 | <i>Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП, выбор аппаратов ОРУ, ЗРУ.</i> | 20 |
| 03.04.2016 | <i>Выбор схем внутреннего электроснабжения</i> | 10 |
| 10.04.2016 | <i>Расчет числа и мощности цеховых трансформаторов</i> | 15 |
| 26.04.2016 | <i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i> | 15 |
| 08.05.2016 | <i>Социальная ответственность</i> | 10 |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|-------------|------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ЭСиЭ | Готман В.И. | к. т. н. | | |

СОГЛАСОВАНО:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|---------------|------------------------|---------|------|
| ЭСиЭ | Прохоров А.В. | к. т. н. | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа 107 страниц, 11 рисунков, 22 таблицы, 28 источников.

Ключевые слова: распределительная сеть, трансформатор, короткое замыкание, напряжение, выключатель, разъединитель.

Объектом исследования является схема электроснабжения инструментального завода.

Цель дипломного проекта спроектировать систему электроснабжения предприятия, начиная от внешнего электроснабжения и заканчивая внутренним. В работе был рассмотрен вопрос разработки схемы электроснабжения и распределительных сетей завода.

Исходными данными для выполнения данной работы являются параметры электрических нагрузок цехов инструментального завода.

ФЮРА.140205.006 ПЗ

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |
|-----------|------|-------------------|---------|------|---------------------|------|--------|
| Разраб. | | Коломойченко К.И. | | | Лит. | Лист | Листов |
| Руковод. | | Готман В.И. | | | | 8 | 107 |
| Реценз | | | | | ТПУ ИнЭО гр. 3-9202 | | |
| Н. Контр. | | | | | | | |
| Утвердил | | | | | | | |

РЕФЕРАТ

Обозначения и сокращения

ОРУ – открытое распределительное устройство

ЗРУ – закрытое распределительное устройство

ТП – трансформаторная подстанция

ГПП – главная понизительная подстанция

КЗ – короткое замыкание

ПТЭ – правила технической эксплуатации

ПТБ – правила техники безопасности

ТСН – трансформатор собственных нужд

КТП – комплектная трансформаторная подстанция

КЛ – кабельная линия электропередачи

ВЛ – воздушная линия электропередачи

БК – батареи конденсаторов

ИРМ – источник реактивной мощности

СД – синхронный двигатель

| | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|--------------------------|----------------|-------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | <i>ФЮРА. 140205.006 ПЗ</i> | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Разраб.</i> | | <i>Коломойченко К.И.</i> | | | ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Руковод.</i> | | <i>Готман В.И.</i> | | | | | 9 | 107 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | <i>ТПУ ИнЭО гр. 3-9202</i> | | |
| <i>Н.Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | | | | | | | |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 12 |
| 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ | 14 |
| 1.1 Генеральный план инструментального завода | 15 |
| 1.2 План ремонтно-механического цеха | 15 |
| 2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК | 17 |
| 2.1 Определение расчетных нагрузок цеха | 17 |
| 2.2 Расчет электрических нагрузок предприятия | 23 |
| 3. ВЫБОР СХЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ | 26 |
| 3.1 Выбор числа и мощности цеховых ТП с учетом требований по компенсации реактивной мощности | 28 |
| 3.2 Выбор оптимального числа трансформаторов и мощности компенсирующих устройств | 32 |
| 3.3 Построение картограммы и определение центра электрических нагрузок | 36 |
| 4 ВЫБОР СХЕМЫ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ | 40 |
| 4.1 Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП | 40 |
| 4.2 Выбор напряжения питающей линии | 42 |
| 4.3 Технико-экономическое сравнение вариантов | 44 |
| 4.4 Выбор сечений кабельных линий распределительной сети 10 кВ | 50 |
| 5 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ СЕТИ ВЫШЕ 1000 В | 54 |
| 6 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В | 59 |

| | | | | | | | |
|-----------------|-------------|--------------------------|----------------|-------------|----------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | <i>ФЮРА. 140205.006 ПЗ</i> | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | СОДЕРЖАНИЕ | | |
| <i>Разраб.</i> | | <i>Коломойченко К.И.</i> | | | | | |
| <i>Руковод</i> | | <i>Готман В.И.</i> | | | | | |
| <i>Реценз</i> | | | | | | | |
| <i>Н.Контр</i> | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | | | | | | |
| | | | | | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| | | | | | 10 | 107 | |
| | | | | | <i>ТПУ ИнЭО гр. 3-9202</i> | | |

| | |
|---|------------|
| 6.1 Выбор аппаратов ОРУ 35 | 60 |
| 6.2 Выбор аппаратов ЗРУ 10 | 62 |
| 6.3 Выбор трансформаторов тока | 64 |
| 6.4 Выбор трансформаторов напряжения | 65 |
| 7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ | 67 |
| 7.1 Расчет капиталовложений на проект электроснабжения инструментального завода | 68 |
| 7.1.2 Состав и структура основных этапов проекта проектирования электроснабжения инструментального завода | 68 |
| 7.1.3 Расчет затрат на проект электроснабжения инструментального завода | 71 |
| 7.2 Расчет затрат на электрооборудование | 75 |
| 7.3 Расчет эксплуатационных затрат по вариантам | 76 |
| 8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ | 80 |
| 8.1 Производственная безопасность | 80 |
| 8.1.1 Анализ выявленных вредных производственных факторов | 81 |
| 8.1.2 Анализ выявленных опасных производственных факторов | 90 |
| 8.2. Экологическая безопасность | 96 |
| 8.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 98 |
| 8.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 103 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 104 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 105 |

ВВЕДЕНИЕ

Электроснабжение промышленных предприятий, в настоящее время, является одной из наиболее важных отраслей нашей страны. Первое место по количеству потребляемой энергии принадлежит промышленности, на долю которой приходится около 70% всей вырабатываемой в стране электроэнергии. С помощью электрической энергии приводятся в движение миллионы станков и механизмов, освещаются производственные помещения, осуществляется автоматическое управление производственными процессами и т.д.

Более 80 % вырабатываемой в нашей стране электроэнергии используется приемниками напряжением до 1000В. Электрические сети такого напряжения обслуживают большинство промышленных технологических процессов. В промышленных цехах работает большое количество электродвигателей, электролизных ванн, печей нагрева, электросварочных, конвейерных, подъемно-транспортных и других установок.

В цеховых электрических сетях напряжением до 1000В располагается огромное количество проводниковой продукции, коммутационных аппаратов, электрооборудования. Рациональное построение схем электроснабжения приемников электрической энергии очень важно с экономической точки зрения.

Электрической сетью называется совокупность электроустановок для передачи и распределения электроэнергии на определенной территории, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, аппаратуры присоединения, защиты и управления.

| | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|--------------------------|----------------|-------------|---------------------------|----------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | <i>ФЮРА.140205.006 ПЗ</i> | | | |
| <i>Изм</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | ВВЕДЕНИЕ | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Разраб.</i> | | <i>Коломойченко К.И.</i> | | | | | | |
| <i>Руковод.</i> | | <i>Готман В.И.</i> | | | | | 12 | 107 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | <i>ТПУ ИнЭО гр. 3-9202</i> | | |
| <i>Н.Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | <i>Прохоров А.В.</i> | | | | | | |

Со стороны потребителей электрической энергии к сети предъявляются требования, касающиеся качества электрической энергии. Это в первую очередь требования к уровню напряжения в сети и частоте переменного тока, а также допустимым отклонениям этих величин от нормальных значений.

Кроме того к показателям качества электроэнергии относится содержание в напряжении сети высших гармоник и несимметричность напряжений трехфазной сети.

Большинство электроприемников ввиду особенностей технологического процесса требуют высокой степени надежности электроснабжения и сеть должна выполнять эти требования. Надежная работа электрической сети достигается рядом мер, среди которых бесперебойная работа всех элементов сети и применение устройств релейной защиты и автоматики. Высокая степень надежности достигается также применением резервирования питающей сети наиболее ответственных потребителей.

Создание электрической сети, обеспечивающей высокое качество электрической энергии и высокую надежность напрямую связано с материальными затратами на выполнение этой сети.

Требование экономичности к сети всегда вступает в противоречие с первыми двумя требованиями, поэтому необходимы обоснованный выбор системы распределения электроэнергии, использование рациональных конструкций распределительных устройств и трансформаторных подстанций. На экономичность влияет выбор рациональных напряжений, оптимальных сечений проводов и кабелей, числа и мощности силовых трансформаторов, средств компенсации реактивной мощности и их размещение в сети.

Таким образом перед разработчиками электрических сетей стоят задачи наиболее оптимального сочетания тех параметров сети, которые обуславливают ее надежность и экономичность, а также обеспечивают качественные показатели электрической энергии.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Основные параметры цехов инструментального завода приведены в табл. 1. K_c взят из [5, табл. 1.6, стр. 13-19]. Расположение цехов на заводе изображено на плане (см. рис. 1).

Таблица 1 – Данные цехов завода

| № | Наименование цеха | P, кВт | K_c | $\cos\varphi$ | Число смен |
|----|--|------------|------------|---------------|------------|
| 1 | Термическое отделение 1 | 800 | 0,7 | 0,85 | 2 |
| 2 | Заготовительный | 400 | 0,35 | 0,7 | 2 |
| 3 | Сверлильный | 660 | 0,35 | 0,7 | 2 |
| 4 | Цех плашек | 500 | 0,4 | 0,75 | 2 |
| 5 | Цех метчиков | 400 | 0,4 | 0,75 | 2 |
| 6 | Деревообрабатывающий | 250 | 0,35 | 0,75 | 2 |
| 7 | Ремонтно-механический | 190 | 0,4 | 0,65 | 2 |
| 8 | Термическое отделение 2 | 490 | 0,7 | 0,85 | 2 |
| 9 | Испытательная станция | 180 | 0,4 | 0,8 | 1 |
| 10 | Кузнечный | — | 0,2 | 0,75 | 2 |
| 11 | Склад | 120 | 0,3 | 0,7 | 2 |
| 12 | Заводоуправление | 320 | 0,5 | 0,75 | 1 |
| 13 | Насосная | 450 | 0,5 | 0,75 | 3 |
| 14 | Компрессорная 10 кВ (СД) 0,38 кВ | 1000 85 | 0,9 0,7 | 0,8 | 3 |

| | | | | | | | |
|-----------------|-------------|--------------------------|----------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | <i>ФЮРА.140205.006 ПЗ</i> | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Разраб.</i> | | <i>Коломойченко К.И.</i> | | | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Рковод.</i> | | <i>Готман В.И.</i> | | | | 14 | 107 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ | | |
| <i>Н.Контр.</i> | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | | | | | | |
| | | | | | ТПУ ИнЭО гр. 3-9202 | | |

Таблица 2 – Данные электроприёмников ремонтно-механического цеха

| № | Наименование ЭП | Р, кВт | $k_{и}$ | $\cos\varphi$ |
|--|---|-----------|---------|---------------|
| 1-3, 13-15 | Токарно-винторезный станок | 4,0 | 0,16 | 0,6 |
| 4-6 | Трубогибочный станок | 7,2 | 0,16 | 0,6 |
| 7-9 | Пресс-ножницы | 4,2 | 0,4 | 0,75 |
| 10-12 | Пресс листогибочный | 12,5 | 0,4 | 0,75 |
| 16,17, 41,42 | Кран-балка, ПВ=40% | 7,5 | 0,1 | 0,5 |
| 18-26 | Токарно-винторезный станок | 3,2 | 0,16 | 0,6 |
| 27-32 | Токарно-винторезный станок | 11 | 0,16 | 0,6 |
| 33-36 | Универсальный круглошлифовальный станок | 4,6 | 0,16 | 0,6 |
| 37-40 | Внутришлифовальный станок | 6,8 | 0,16 | 0,6 |
| 43,44 | Молот пневматический | 6,6 | 0,5 | 0,8 |
| 45-47 | Электродуговая печь сопротивления | 28 | 0,75 | 0,95 |
| 48,49 | Молот пневматический | 8 | 0,5 | 0,8 |
| 50-54 | Печь муфельная | 1,6 | 0,7 | 0,85 |
| 55,56 | Сварочный агрегат, ПВ=50% | 14 | 0,3 | 0,4 |
| 57-61 | Трансформатор сварочный ПВ=40% | 14 | 0,25 | 0,35 |
| 62,63 | Преобразователь сварочный | 12,5 | 0,2 | 0,65 |
| 64-66 | Машина электросварочная, точечная | 22,5 | 0,65 | 0,8 |
| 97-70 | Вентилятор | 7,5 | 0,75 | 0,95 |
| Удельная мощность освещения $P_{уд.осв} = 15 \text{ Вт/м}^2$ | | | | |

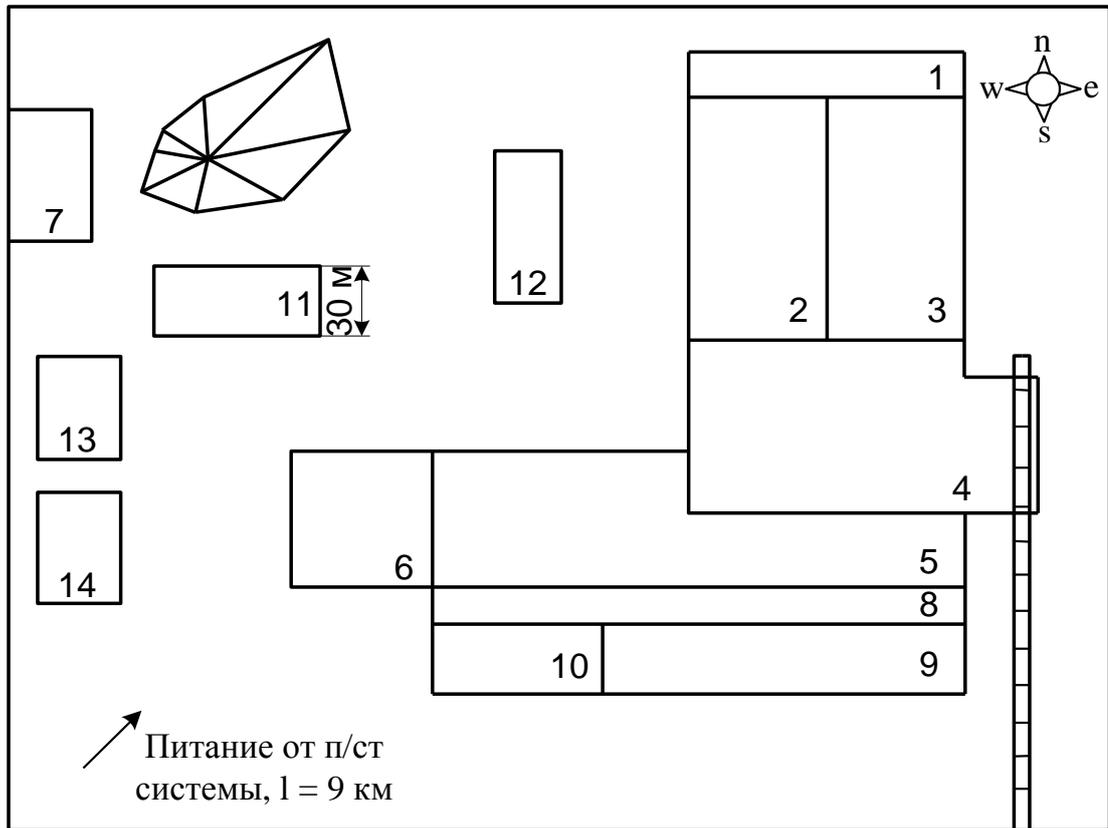


Рисунок 1 – Генплан инструментального завода

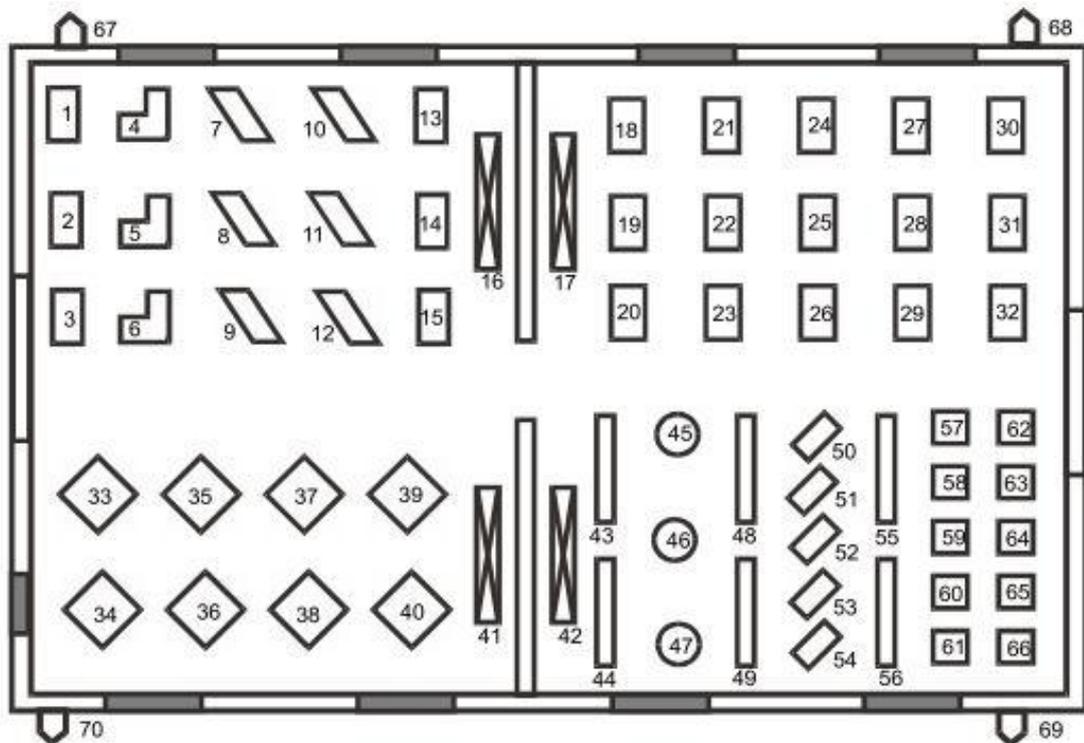


Рисунок 2 – План ремонтно-механического цеха

2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

2.1 Определение расчётных нагрузок цеха

Определение расчетной электрической нагрузки цеха производится для правильного выбора мощности трансформаторной подстанции, а также выбора сечения линий, коммутационных аппаратов и аппаратов защиты.

Определение расчетной электрической нагрузки цеха производится по методу коэффициента максимума, согласно которому расчетная активная мощность узла электрической сети определяется по формуле:

$$P_p = P_{см} \cdot k_m, \quad (1)$$

где $P_{см}$ - средняя за смену активная нагрузка, кВт:

$$P_{см} = P_{ном} \cdot k_u, \quad (2)$$

где $P_{ном}$ - номинальная активная мощность электрического приемника, кВт;

k_u - коэффициент использования. Указывается в параметрах электроприемников;

Значение коэффициента максимума K_m определяется по известным значениям K_u и $n_э$ [5, таб. 1.8]

$n_э$ - эффективное число приемников — число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает ту же величину расчетной нагрузки, что и группа действительных ЭП, различных по мощности и режиму работы. Определяется по формуле [1, с.10]:

$$n_э = \frac{(\sum P_{ном})^2}{\sum P_{ном}^2}, \quad (3)$$

$k_{и,гр}$ - групповой коэффициент использования:

$$k_{и,гр} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}}, \quad (4)$$

| | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|-------------------------|------------------|-------------|--|---------------------|-------------|---------------|
| | | | | | <i>ФЮРА.140205.006 ПЗ</i> | | | |
| <i>Изм</i> | <i>Лист</i> | <i>докум.№</i> | <i>Подпись П</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Разраб.</i> | | <i>К.И.Коломойченко</i> | | | РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Руковод.</i> | | <i>В.И.Готман</i> | | | | | 17 | 107 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | ТПУ ИнЭО гр. 3-9202 | | |
| <i>КонтрН.</i> | | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | <i>А.В. Прохоров</i> | | | | | | |

Расчетная реактивная мощность определяется по формуле:

$$Q_p = Q_{cm} \cdot k'_{cm}, \quad (5)$$

где Q_{cm} - средняя за смену реактивная нагрузка, кВАр:

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (6)$$

k'_{cm} - коэффициент максимума реактивной мощности. При $n_s > 10$ принимают $k'_{cm} = 1$, при $n_s \leq 10$ $k'_{cm} = 1,1$.

Зная расчетную активную и реактивную мощность можно определить расчетную полную мощность:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (7)$$

Расчетный ток определяется по формулам:

- для отдельного электроприемника:

$$I_p = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot U_{ном}}; \quad (8)$$

- для группы электроприемников:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (9)$$

Пиковый ток определяется в зависимости от типа электроприемников и их числа в узле сети:

- для одиночного двигателя:

$$I_{пик} = I_{ном} \cdot \lambda, \quad (10)$$

где λ - кратность пускового тока двигателя. Для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором и синхронных двигателей $\lambda = 5 \div 7$, для асинхронных двигателей с фазным ротором и двигателей постоянного тока $\lambda = 2,5 \div 3$;

- для группы электроприемников с $n_s \leq 5$:

$$I_{пик} = I_{пуск}^{max} + \sum_1^j I_{ном}, \quad (11)$$

где $I_{пуск}^{max}$ - максимальный пусковой ток приемников группы, А;

$\sum_1^j I_{\text{ном}}$ - сумма номинальных токов приемников группы за исключением

приемника, имеющего $I_{\text{пуск}}^{\text{max}}$.

- для группы электроприемников с $n_{\text{э}} > 5$:

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск}}^{\text{max}} + I_{\text{р}} - I_{\text{ном}}^{\text{max}} \cdot k_{\text{и}}^{\text{max}}, \quad (12)$$

где $I_{\text{р}}$ - расчетный ток группы, А;

$I_{\text{ном}}^{\text{max}}$ - номинальный ток приемника, имеющего $I_{\text{пуск}}^{\text{max}}$, А;

$k_{\text{и}}^{\text{max}}$ - коэффициент использования приемника, имеющего $I_{\text{пуск}}^{\text{max}}$.

Если после определения расчетного тока группы электроприемников он получится меньше номинального тока какого-либо электроприемника, то это говорит о том, что данный метод расчёта нагрузок этой группы ЭП дал ошибку (из-за малого числа ЭП в группе и значительного разброса их параметров). Из-за этого провода, выбранные по полученному расчётному току группы ЭП, будут

перегружены по току, что в свою очередь приведёт к перегреву токоведущих частей и изоляции. Поэтому, чтобы избежать перегрева проводов и выполнить условие селективности проектируемой сети, необходимо пересчитать РР и QR, с помощью коэффициента загрузки:

$$\begin{aligned} P_{\text{р}} &= \left(\sum P_{\text{нi}} \right) \cdot k_{\text{заГ}}, \\ k_{\text{заГ}} &= 0,9 \div 0,95 \text{ (0,7 - 0,8 ПКР)}; \\ Q_{\text{р}} &= P_{\text{р}} \cdot \text{tg} \varphi_{\text{ср}}. \end{aligned}$$

При расчете все электроприемники следует привести к ПВ=100% (если приведен ПВ), то

$$P_{\text{уст}} = P_{\text{нас}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}}, \quad (13)$$

где $P_{\text{нас}}$ - паспортная мощность электроприемника кВт;

$P_{\text{уст}}$ - установленная мощность электроприемника, приведенная к ПВ=100%, кВт;

ПВ - продолжительность включения.

Для электроприемников с фактически постоянным графиком нагрузки расчетная активная нагрузка принимается равной средней мощности за наиболее загруженную смену.

Рассмотрим для примера расчет нагрузки для листогибочного пресса (ЭП № 10-12):

– номинальная мощность одного станка $P_{ном} = 12,5$ кВт;

– коэффициент использования $K_u = 0,4$;

– $\cos\varphi = 0,75$, тогда $\operatorname{tg}\varphi = 1,1$.

Определим среднесменную активную мощность:

$$P_{см} = P_{ном} \cdot k_u = 12,5 \cdot 0,4 = 5,0 \text{ кВт.}$$

Затем найдем среднесменную реактивную мощность:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 5,0 \cdot 1,1 = 5,5 \text{ кВАр.}$$

Найдем его номинальный ток

$$I_{ном} = \frac{12,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,75} = 25,3 \text{ А.}$$

Рассчитываем пиковый ток

$$I_{пик} = 25,3 \cdot 5 = 126 \text{ А}$$

Для кран-балки ПВ=40%, приведем к 100 %:

$$P_{ном} = P_{наст} \cdot \sqrt{ПВ} = 7,5 \cdot \sqrt{0,4} = 4,7 \text{ кВт}$$

Аналогично рассчитаем остальное оборудование цеха, результаты представим в виде таблицы 3:

Таблица 3 – Данные электрооборудования цеха

| Номер эл. приемника | $P_{ном}$ | $\cos \varphi$ | $\operatorname{tg} \varphi$ | k_u | $P_{см} = P_{ном} \cdot k_u$, кВт | $Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi$, кВАр |
|---------------------|-----------|----------------|-----------------------------|-------|---------------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1-3,13-15 | 4·6 | 0,6 | 1,3 | 0,16 | 24·0,16=3,84 | 4,9 |
| 4-6 | 7,2·3 | 0,6 | 1,3 | 0,16 | 21,6·0,16=3,45 | 4,4 |
| 7-9 | 4,2·3 | 0,75 | 1,03 | 0,4 | 12,6·0,4=5,04 | 5,1 |
| 10-12 | 12,5·3 | 0,75 | 1,03 | 0,4 | 37,5·0,4=15 | 15,4 |
| 16,17,41,42 | 4,7·4 | 0,5 | 1,7 | 0,1 | 18,8·0,1=1,88 | 3,1 |
| 18-26 | 3,2·9 | 0,6 | 1,33 | 0,16 | 28,8·0,16=4,6 | 6,1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------|--------|------|------|------|-----------------|--------|
| 27-32 | 11·6 | 0,6 | 1,33 | 0,16 | 66·0,16=10,5 | 13,9 |
| 33-36 | 4,6·4 | 0,6 | 1,33 | 0,16 | 18,4·0,16= 2,94 | 3,91 |
| 37-40 | 6,8·4 | 0,6 | 1,33 | 0,16 | 27,2·0,16=4,35 | 5,78 |
| 43,44 | 6,6·2 | 0,8 | 0,92 | 0,5 | 13,2·0,5=6,6 | 6,07 |
| 45-47 | 28·3 | 0,95 | 0,72 | 0,75 | 84·0,75=63 | 45,3 |
| 48,49 | 8·2 | 0,8 | 0,92 | 0,5 | 16·0,5=8 | 7,36 |
| 50-54 | 1,6·5 | 0,85 | 0,84 | 0,7 | 8·0,7=5,6 | 4,7 |
| 55,56 | 9,9·2 | 0,4 | 2,17 | 0,3 | 19,8·0,3=5,94 | 12,8 |
| 57-61 | 8,8·5 | 0,35 | 2,52 | 0,25 | 44·0,25=11 | 27,7 |
| 62,63 | 12,5·2 | 0,65 | 1,2 | 0,2 | 25·0,2=5 | 6 |
| 64-66 | 22,5·3 | 0,8 | 0,92 | 0,65 | 67,5·0,65=43,87 | 40,3 |
| 67-70 | 7,5·4 | 0,95 | 0,72 | 0,75 | 30·0,75=22,5 | 16,2 |
| Итого: | 487,7 | 0,76 | 1,53 | 0,52 | 223,1 | 229,1 |
| Станки: | 186 | 0,6 | 1,3 | 0,16 | 29,76 | 38,68 |
| Группа А | 205,4 | 0,52 | 1,64 | 0,24 | 83,22 | 116,54 |
| Группа Б | 48 | 0,8 | 1,2 | 0,5 | 139,97 | 112,62 |

Для расчета мощности осветительной нагрузки необходимо определить площадь цеха. Из рисунка 1 определим, что размеры цеха: 20 м и 245 м.

$$F_{ц} = 20 \cdot 245 = 4900 \text{ м}^2$$

Зная удельную мощность освещения $P_{уд.осв} = 16 \text{ Вт} / \text{м}^2$, найдем мощность осветительной нагрузки:

$$P_{осв} = F_{ц} \cdot P_{уд.осв} \cdot k_c \cdot 10^{-3},$$

где k_c - коэффициент спроса осветительной нагрузки. Согласно [1] для производственных зданий $k_c = 0,95$.

$$\text{Тогда } P_{осв} = 4900 \cdot 16 \cdot 0,95 \cdot 10^{-3} = 74,4 \text{ кВт}.$$

Объединим электроприемники по графикам нагрузки, а результаты расчета сведем в таблице 3.

Таблица 3 - определение расчетных нагрузок ремонтно-механического цеха

| Наименование узлов питания и групп ЭП | Кол-во ЭП | Установленная мощность | | K _и | cosφ tgφ | Среднесменная нагрузка | | n _э | K _м | Расчетная нагрузка | | | I _р |
|--|-----------|--|------------------|--------------------------|----------------------|---|---|----------------|----------------|--|--|--|----------------|
| | | одного ЭП | всех ЭП | | | P _{см} = K _и Σ p _н [кВт] | Q _{см} = P _{см} tgφ [кВАр] | | | P _р = K _м P _{см} | Q _р =(1-1,1) Q _{см} | S _р =√ Q _р ² + P _р ² | |
| | | p _{нmin} - p _{нmax} | Σ p _н | | | | | | | | | | |
| ЭП с переменным графиком нагрузки группа А | | | | | | | | | | | | | |
| Станки с нормальным режимом работы | 32 | 3,2 - 11 | 186 | 0,16 | 0,6 1,3 | 29,76 | 38,68 | | | | | | |
| Кран-балка, ПВ=40% | 4 | 4,7 | 18,8 | 0,1 | 0,5 1,7 | 1,88 | 3,19 | | | | | | |
| Пресс листогибочный | 6 | 4,2 – 12,5 | 50,1 | 0,4 | 0,75 1,03 | 20,04 | 20,64 | | | | | | |
| Молот пневматический | 4 | 6,6 - 8 | 29,2 | 0,5 | 0,8 0,92 | 14,6 | 13,43 | | | | | | |
| Сварочный агрегат, ПВ=50% | 2 | 9,9 | 19,8 | 0,3 | 0,4 2,17 | 5,94 | 12,88 | | | | | | |
| Тр-р сварочный, ПВ=40% | 5 | 8,8 | 44 | 0,25 | 0,35 2,52 | 11 | 27,72 | | | | | | |
| Итого гр.А | 53 | 3,2 -12,5 | 347,9 | 0,24 | 0,52 1,64 | 83,22 | 116,54 | 56 | 1,19 | 99,03 | 116,54 | 152,9 | 232 |
| ЭП с постоянным графиком нагрузки группа Б | | | | | | | | | | | | | |
| Вентиляторы | 4 | 7,5 | 30 | 0,75 | 0,95 0,72 | 22,5 | 16,2 | | | | | | |
| Электропечь сопротивления | 3 | 28 | 84 | 0,75 | 0,95 0,72 | 63 | 45,36 | | | | | | |
| Печь муфельная | 5 | 1,6 | 8 | 0,7 | 0,85 0,84 | 5,6 | 4,7 | | | | | | |
| Машина эл.сварочная точечная | 3 | 22,5 | 67,5 | 0,65 | 0,8 0,92 | 43,87 | 40,36 | | | | | | |
| Преобразователь сварочный | 2 | 12,5 | 25 | 0,2 | 0,65 1,2 | 5 | 6 | | | | | | |
| Итого гр.Б | 16 | 1,6 - 28 | 214,5 | 0,5 | 0,8 1,2 | 139,97 | 112,62 | | | 139,97 | 112,62 | 179,6 | 273 |
| Итого силовая нагрузка по цеху (группа А и Б) | 69 | 1,6 - 28 | 562,4 | | | 223,1 | 229,1 | | | 238,5 | | | |
| Освещение | - | - | 74,4 | K _с = 0,95 | - | 46,1 | - | - | - | 46,1 | - | - | - |
| Итого по цеху | - | - | 636,8 | - | 269,2 | 229,1 | - | - | 284,6 | 228,3 | 332,5 | 505 | |

2.2 Расчет электрических нагрузок предприятия

Расчетная мощность завода определяется по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

Для нахождения расчётной нагрузки используем коэффициент спроса.

K_c – коэффициент спроса (отношение расчётной (в условиях проектирования) или потребляемой (в условиях эксплуатации) активной мощности к номинальной активной мощности группы приёмников):

$$K_c = \frac{P_p}{P_H}.$$

Расчетная нагрузка (активная и реактивная) определяется из соотношений:

$$P_p = \sum K_C \cdot P_H, \quad (14)$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (15)$$

где: P_H – суммарная установленная мощность всех приемников цеха;

K_C – коэффициент спроса принимается по справочным данным;

$\operatorname{tg} \varphi$ – принимается по соответствующему коэффициенту мощности.

Выберем по справочнику синхронный двигатель 10 кВ для компрессорной, зд.14:

| Тип | Число оборотов, | P_H , кВт | Q_H , кВАр | η | D_1 | D_2 |
|-----|-----------------|-------------|--------------|--------|-------|-------|
| СТД | 3000 | 1000 | 505 | 95,79 | 3,21 | 3,03 |

Рассчитаем реактивную мощность, отдаваемую двигателем в сеть:

$$Q_{сд} = \frac{\alpha_H \cdot P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\eta_H}, \quad (16)$$

где α_H - коэффициент наибольшей допустимой перегрузки СД по реактивной мощности, 1,15;

η_H - к.п.д. данного двигателя, 95,79

$$Q_{сд} = \frac{1,15 \cdot 1000 \cdot 0,75}{0,9579} = 900,4 \text{кВАр} .$$

Данные активной и реактивной расчетных нагрузок представим в виде таблиц:

Таблица 4 - Расчетные нагрузки инструментального завода по 0,38 кВ

| № по плану | Наименование потребителей | Силовая нагрузка | | | | |
|------------|---------------------------|----------------------|----------------|-------------|----------------------|-----------------------|
| | | P _н , кВт | K _с | Cosφ / tgφ | P _p , кВт | Q _p , кВАр |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Термическое отделение 1 | 800 | 0,85 | 0,84 / 0,65 | 680 | 442 |
| 2 | Заготовительный | 400 | 0,7 | 0,97 / 0,25 | 280 | 70 |
| 3 | Сверлильный | 660 | 0,9 | 0,93 / 0,39 | 594 | 231,66 |
| 4 | Цех плашек | 500 | 0,85 | 0,88 / 0,53 | 425 | 225,25 |
| 5 | Цех метчиков | 400 | 0,85 | 0,9 / 0,48 | 340 | 163,2 |
| 6 | Деревообрабатывающий | 250 | 0,75 | 0,87 / 0,57 | 187,5 | 106,87 |
| 7 | Ремонтно-механический | 190 | 0,86 | 0,86 / 0,59 | 164 | 96,76 |
| 8 | Термическое отделение 2 | 490 | 0,85 | 0,63 / 1,23 | 416,5 | 512,3 |
| 9 | Испытательная станция | 180 | 0,9 | 0,8 / 0,73 | 162 | 118,26 |
| 11 | Склад | 120 | 0,85 | 0,85 / 0,62 | 102 | 63,24 |
| 12 | Заводоуправление | 320 | 0,4 | 0,66 / 1,11 | 128 | 142 |
| 13 | Насосная | 450 | 0,7 | 0,89 / 0,51 | 315 | 160,65 |
| 14 | Компрессорная | 85 | 0,6 | 0,75/0,88 | 51 | 44,98 |
| | ИТОГО по заводу 0,38 кВ | 5845 | — | — | 3845 | 2377 |

Таблица 5 - Расчетные нагрузки инструментального завода по 10 кВ

| № по плану | Наименование потребителей | Силовая нагрузка | | | | | |
|------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|----------------|------------|----------------------|-------------------------|
| | | P _н , кВт | Q _н , кВАр | K _с | Cosφ / tgφ | P _p , кВт | Q _{отд} , кВАр |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 14 | Компрессорная (СД 10 кВ) | 1000 | 505 | 0,7 | 0,8 / 0,75 | 700 | - 900,4 |

Полная расчетная нагрузка (с учетом освещения) определяется:

$$S_P = \sqrt{(P_P + P_{P.O.})^2 + Q_P^2} , \quad (17)$$

Коэффициент спроса освещения берем из приложения: Таблица П.2.2[2].

Результаты расчетов сведем в таблицу 6.

Таблица 6 - Силовая и осветительная нагрузка завода

| № по плану | Наименование потребителей | Осветительная нагрузка | | | | Силовая и осветительная нагрузка | | |
|------------|---------------------------|------------------------|--|-----------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | | F, м ² | P _{уд.о.} , Вт/м ² | K _{со} | P _{ро} , кВт | P _р +P _{ро} , кВт | Q _р , кВАр | S _р , кВА |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Термическое отделение | 3625 | 13 | 0,85 | 40 | 720 | 442 | 844,85 |
| 2 | Заготовительный | 7350 | 15 | 0,85 | 93,7 | 373,7 | 70 | 380,2 |
| 3 | Сверлильный | 7350 | 18 | 0,85 | 112,5 | 706,5 | 231,66 | 743,5 |
| 4 | Цех плашек | 16100 | 14 | 0,85 | 191,6 | 616,6 | 225,25 | 667,34 |
| 5 | Цех метчиков | 15250 | 14 | 0,85 | 181,5 | 521,5 | 163,2 | 546,44 |
| 6 | Деревообрабатывающий | 4900 | 15 | 0,85 | 62,5 | 250 | 106,87 | 271,9 |
| 7 | Ремонтно-механический | 3150 | 16 | 0,85 | 42,84 | 206,84 | 96,76 | 228,35 |
| 8 | Термическое отделение 2 | 7000 | 13 | 0,85 | 77,4 | 494 | 512,3 | 711,68 |
| 9 | Испытательная станция | 6650 | 15 | 0,85 | 84,8 | 246,8 | 118,26 | 273,67 |
| 11 | Склад | 2400 | 12 | 0,85 | 24,48 | 126,48 | 63,24 | 141,4 |
| 12 | Заводоуправление | 2700 | 17 | 0,85 | 39 | 167 | 142 | 219,2 |
| 13 | Насосная | 2700 | 12 | 0,85 | 27,54 | 342,54 | 160,65 | 378,34 |
| 14 | Компрессорная | 2700 | 12 | 0,85 | 27,54 | 78,54 | 44,98 | 90,5 |
| | Территория завода | 21175 0 | 0,22 | 1 | 46,58 | 46,58 | — | — |
| | Итого по 0,38 кВ | 81875 | — | — | 1052 | 4897 | 2377 | 5443,4 |
| | | | | | | | | |

3 ВЫБОР СХЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Принципы построения некоторых типичных схем внутреннего электроснабжения от ГПП до ТП:

Схемы радиального питания

Радиальными являются такие схемы, в которых электроэнергия от ГПП передается прямо к ТП, без ответвления на пути для питания других потребителей. Такие схемы должны обладать большим количеством отключающей аппаратуры и иметь значительное число питающих линий. Исходя из этого основного положения, можно сделать вывод, что применять их следует только для питания достаточно мощных и ответственных потребителей.

Преимущества радиальных схем: простота выполнения и надежность эксплуатации электрической сети, возможность применения быстродействующей защиты и автоматики.

Недостатком радиальных схем является то, что при аварийном отключении питающих радиальных линий, идущих в РП, нарушается электроснабжение нескольких ЦТП. Для устранения этого недостатка радиальная схема питания иногда дополняется резервной линией от ГПП. Кроме того, для повышения надежности применяется автоматическое включение резерва.

Схемы магистрального питания

Магистральные схемы применяются в системе внутреннего электроснабжения предприятия в случае большого количества потребителей. Обычно магистральные схемы обеспечивают присоединение пяти-шести подстанций с общей мощностью потребителей не более 5000-6000 кВА. Эти схемы характеризуются пониженной надежностью питания, но дают возможность уменьшить число отключающих аппаратов высокого напряжения

| | | | | | | | | |
|-------------------|-------------|-------------------------|----------------|-------------|---|----------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | <i>ФЮРА.140205.006 ПЗ</i> | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.№</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>. Разраб.</i> | | <i>Коломойченко К.И</i> | | | ВЫБОР СХЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>. Руковод.</i> | | <i>В.И.Готман</i> | | | | | 26 | 107 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | | |
| <i>Н.Контр</i> | | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | <i>Прохоров А.В.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>ТПУ ИнЭО гр. 3-9202</i> | | |

и более удачно скомпенсировать потребителей для питания в группе по пять-шесть подстанций.

Основным недостатком магистральных схем является меньшая, по сравнению с радиальными схемами, надежность электроснабжения, так как повреждение магистрали ведет к отключению всех потребителей, питающихся от нее. В тех случаях, когда необходимо сохранить преимущества магистральных схем и обеспечить высокую надежность питания, следует прибегать к так называемой системе двойных транзитных магистралей.

Схемы смешанного питания

В этой схеме при повреждении любой из питающих магистралей высокого напряжения, питание надежно обеспечивается по второй магистрали путем автоматического подключения к ней потребителей. Это переключение происходит со временем не более 0,1 - 0,2 секунды, что практически не успевает отразиться на электроснабжении потребителей.

В практике проектирования и эксплуатации промышленных предприятий редко встречаются схемы, построенные только по радиальным или только по магистральным схемам питания.

Обычно крупные и ответственные потребители питаются по радиальной схеме, а средние и мелкие потребители группируются, их питание проектируется по магистральному принципу. Такое решение позволяет создать систему внутреннего электроснабжения с наилучшими технико-экономическими показателями.

По расчетному току для каждой ТП выбираем выключатели и сечение питающих высоковольтных кабелей.

Для выбора сечений и проверки кабеля по условиям нагрева токами нагрузки пользуются таблицами, приведенными в ПУЭ.

При построении схемы электроснабжения промышленных предприятий необходимо учитывать специфические особенности некоторых предприятий (наличие высоковольтных потребителей, электроприемников с переменным

графиком нагрузки и так далее). Проектируемое предприятие такими особенностями не обладает.

На заводе имеется синхронный двигатель на 10 кВ. Поэтому внутривоздушную электрическую сеть будем выполнять на напряжении $U_H = 10$ кВ.

Электроснабжение цехов производится с ГПП – 10 кВ по радиальной схеме,

Распределительная сеть 10 кВ прокладывается по территории завода кабельными линиями в траншеях.

3.1 Выбор числа и мощности, цеховых ТП с учетом требований по компенсации реактивной мощности

Мероприятия, проводимые по компенсации реактивной мощности эксплуатируемых или проектируемых электроустановок потребителей, могут быть разделены на следующие три группы:

- не требующие применения компенсирующих устройств;
- связанные с применением компенсирующих устройств;
- допускаемые в виде исключения.

Последние два мероприятия должны обосновываться технико-экономическими расчетами и применяются при согласовании с энергосистемой.

Мероприятия, не требующие применения компенсирующих устройств:

- упорядочение технологического процесса, ведущее к улучшению энергетического режима оборудования и к повышению коэффициента мощности;

- переключение статорных обмоток АД напряжением до 1000 В с треугольника на звезду, если их нагрузка составляет менее 40%;

- устранение режима работы АД без нагрузки путем установки ограничителей холостого хода;

- замена, перестановка и отключение трансформаторов, загружаемых в среднем менее чем на 30% от их номинальной мощности;

- замена малонагруженных двигателей меньшей мощности при условии, изъятие избыточной мощности влечет за собой уменьшение суммарных потерь активной энергии в энергосистеме и двигателе;

- замена АД на СД той же мощности, где это возможно по технико-экономическим соображениям;

- применение СД для всех новых установок электропривода, где это приемлемо по технико-экономическим соображениям.

Мероприятия, связанные с применением компенсирующих устройств:

- установка статических конденсаторов;

- использование СД в качестве конденсаторов.

Мероприятия по повышению коэффициента мощности, допускаемые в виде исключения:

- использование имеющихся на предприятиях синхронных генераторов в качестве синхронных конденсаторов;

Компенсация реактивной мощности потребителей может осуществляться при помощи синхронных двигателей или батарей конденсаторов (БК), присоединенных непосредственно к сетям до 1000 В или реактивная мощность может передаваться в сеть до 1000 В со стороны сети напряжением 10 кВ от СД, БК, от генераторов ТЭЦ или сети энергосистемы. Источники реактивной мощности (ИРМ) напряжением 10 кВ экономичнее соответствующих ИРМ до 1000 В, но передача мощности в сеть до 1000 В может привести к увеличению числа трансформаторов и увеличению потерь электроэнергии в сети и трансформаторах. Поэтому раньше следует выбрать оптимальный вариант компенсации реактивной мощности на стороне до 1000В.

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковые для всей группы. Удельная плотность нагрузки определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{S_P^H}{F_{цехов}}, \quad (18)$$

где: $F_{цехов}$ – площадь всех цехов предприятия 81875 м² (таблица 5);

S_P^H – суммарная расчетная нагрузка цехов равная 5443,4 кВА.

$$\sigma = \frac{S_P^H}{F_{цехов}} = \frac{5443,4}{81875} = 0,066, \text{ (кВА/м}^2\text{)}$$

При такой плотности нагрузки исходя из практики, как правило, на трансформаторных подстанциях предприятий устанавливают трансформаторы с номинальной мощностью $S_{HTP} \leq 1000$ кВА.

Выбираем трансформаторы типа ТМ – 1000/10 (по табл. 27.6 стр. 49 [4]), с основными техническими данными:

| $U_{ВН}$ | $U_{НН}$ | ΔP_{xx} | $\Delta P_{кз}$ | $U_{кз}$ | I_{xx} |
|----------|----------|-----------------|-----------------|----------|----------|
| 10 кВ | 0,4 кВ | 2,45 кВт | 12,2 кВт | 5,5 % | 1,4 % |

Определим минимально возможное число трансформаторов:

$$N = \frac{\sum P_P^H}{\beta_T \cdot S_{HTP}}, \quad (19)$$

где: $\beta_T = 0,7$ – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме,

$\sum P_P^H$ - суммарная активная мощность завода по 0,4 кВ.

$$N_{min} = \frac{3845}{0,7 \cdot 1000} = 5,5$$

округляем до наибольшего целого числа = 6 трансформаторов.

Определяем активную нагрузку на один трансформатор

$$P_1 = \frac{P_p + P_{p.o.}}{N} = \frac{4897}{6} = 816,2, \text{ кВт}$$

Количество трансформаторов, которых необходимо установить в цехе, определяется:

$$N_i = \frac{P_p + P_{p.o.}}{P_1}. \quad (20)$$

Таблица 7 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

| N n/n | Наименование пункта питания | Потребители электроэнергии | Место расположения на ген.плане |
|-------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1 | ТП-1 (1 тр-р) | Цеха N 7,11,12,13,14 | Цех N 11 |
| 2 | ТП-2 (2 тр-ра) | Цеха N 5,6,8,9 | Цех N 5 |
| 3 | ТП-3 (1 тр-р) | Цех N 1 | Цех N 1 |
| 4 | ТП-4 (2 тр-ра) | Цеха N 2,3,4 | Цех N 4 |

Рассчитаем потери в трансформаторах ТМ-1000/10 $S_{\text{НОМ}} = 1000 \text{кВА}$:

$$\Delta Q_{\text{XX}} = S_{\text{н.тр.}} \cdot \frac{I_{\text{XX}}}{100} = 1000 \cdot \frac{1,4}{100} = 14;$$

$$\Delta P'_{\text{XX}} = \Delta P_{\text{XX}} + K_{\text{III}} \cdot \Delta Q_{\text{XX}} = 2,45 + 0,07 \cdot 14 = 3,43 \text{кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{КЗ}} = S_{\text{н.тр.}} \cdot \frac{U_{\text{К}}}{100} = 1000 \cdot \frac{5,5}{100} = 55;$$

$$\Delta P'_{\text{КЗ}} = \Delta P_{\text{КЗ}} + K_{\text{III}} \cdot \Delta Q_{\text{КЗ}} = 12,2 + 0,07 \cdot 55 = 16,05 \text{кВт};$$

$$\Delta P_{\text{ТТ}} = \Delta P'_{\text{XX}} + K_3^2 \cdot \Delta P'_{\text{КЗ}} = 3,43 + 0,7^2 \cdot 16,05 = 11,3 \text{кВт}.$$

Так как трансформаторов у нас 6:

$$\Delta P_{\text{ТР}} = \Delta P_{\text{ТТ}} \cdot N = 11,3 \cdot 6 = 67,76 \text{кВт}.$$

Потери в линии рассчитаем приблизительно:

$$\Delta P_{\text{Л}} = 0,03 \cdot S_p^{\text{н}} = 0,03 \cdot 5443,4 = 163,3 \text{кВт};$$

Мощность завода, подводимая к шинам 10кВ:

$$P'_M = (P_{\text{НН}} + P_{\text{ВН}}) \cdot K_{\text{р.м.}} + \sum P_{\text{р.о.}} + \Delta P_{\text{ТР}} + \Delta P_{\text{Л}} = (3845 + 700) \cdot 0,95 + 1052 + 67,76 + 163,3 = 5600,8 \text{кВт}.$$

где принимаем $k_{\text{р.м.}}=0,95$ – коэффициент разновременности максимумов нагрузки [6, с. 101].

Рассчитаем потери мощности в СД на регенерацию реактивной мощности:

$$\Delta P_{\text{СД}} = \frac{D_1}{Q_{\text{Н}}} \cdot Q + \frac{D_2}{Q_{\text{Н}}^2} \cdot Q^2 = \frac{3,21}{505} \cdot 900,4 + \frac{3,03}{505^2} \cdot 900,4^2 = 15,36 \text{кВт}.$$

где Q – реактивная мощность, генерируемая СД, равна 900,4 кВАр.

D_1, D_2 - коэффициент для данного двигателя: $D_1=3,21, D_2=3,03$.

$Q_{\text{Н}}$ - номинальная реактивная мощность, потребляемая двигателем

равна 505 кВАр.

При этом максимальная активная мощность изменится:

$$P_M = P'_M + \Delta P_{CD} = 5600,8 + 15,36 = 5616,1 \text{ кВт.}$$

Следовательно, из сети можем взять реактивной мощности:

$$Q_C = Q_M - Q_{CM} = 2377 - 900,4 = 1476,6 \text{ кВАр.}$$

3.2 Выбор оптимального числа трансформаторов и мощности компенсирующих устройств

Выбираем экономически оптимальное число цеховых трансформаторов, с учетом компенсации реактивной мощности. Для этого составляем баланс реактивной мощности.

1. Определим оптимальную мощность трансформаторов и конденсаторных батарей на 10 кВ и 0,4 кВ. Принимаем стоимость вводного устройства $Z_{В1} = 670000$ руб. Затраты на конденсаторные батареи 10 кВ $Z_{10} = 410000$ руб/МВАр.

В компрессорной установлен двигатель, дающий 900,4 кВАр реактивной мощности на 10 кВ. Выше также было определено, что на подстанциях предприятия устанавливаются трансформаторы 10/0,4 мощностью $S_H = 1000$ кВА. Стоимость установки батареи конденсаторов на 0,4 кВ – $K_y = 4680$ руб/кВАр, стоимость установки одной подстанции на 1000 кВА составляет $K_T = 385000$ руб., удельная стоимость потерь электроэнергии – $C_0 = 2,4$ руб/кВт.

Определим удельные затраты на установку батарей конденсаторов (БК) в сети 0,4 кВ.

$$Z_{0,4} = E \cdot K_y \cdot \left(\frac{\dot{U}}{\dot{U}_{БК}} \right) + C_0 \cdot P_{БК}, \quad (21)$$

где: $E = 0,223$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$P_{БК}$ – удельные потери активной мощности в батарее конденсаторов (для $U \leq 1$ кВ $P_{БК} = 4,5$ кВт/МВАр)

$$Z_{0,4} = 0,223 \cdot 4680000 \cdot \left(\frac{1}{1}\right)^2 + 2,4 \cdot 4,5 \cdot 8760 = 1138,2 \text{ тыс.руб.}$$

Затраты на установку одной ТП мощностью $S_{HTP} = 1000$ кВа:

$$Z_{TP} = E \cdot K_T = 0,233 \cdot 385000 = 89,7 \text{ тыс. руб.} \quad (22)$$

$$Q_1 = \sqrt{(6 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 3845^2} = 1690 \text{ (кВАр)}$$

Минимальное число устанавливаемых трансформаторов $N_{min} = 6$ шт;

$Q_1 = 1,69$, (МВАр). Составим баланс по Q в узле А (рис. 3).

$$Q_C + Q_{CD} = Q_1, \quad (1,347 + 0,9) = 2,247 > 1,69 \text{ (МВАр)} - \text{таким образом,}$$

установка высоковольтных батарей конденсаторов в узле А не требуется, так как реактивной мощности в системе больше.

Определим мощность батарей конденсаторов на стороне 0,4 кВ, исходя из баланса реактивной мощности в узле Б:

$$Q_0 = Q_p - Q_1 = 2377 - 1690 = 687 \text{ (кВАр)} \quad (23)$$

Затраты при минимальном числе трансформаторов $N_{min} = 6$ шт.

$$Z_I = Z_{0,4} \cdot Q_0 = 1138,2 \cdot 0,687 = 781,9 \text{ тыс. руб} \quad (24)$$

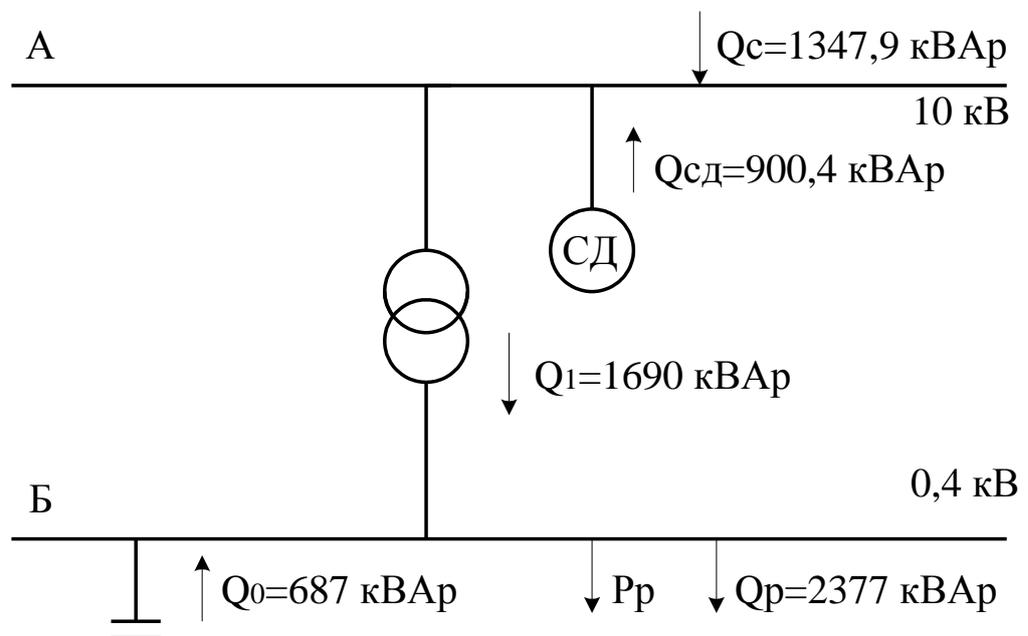


Рисунок 3 – Распределение реактивной мощности при 6 трансформаторах

Увеличим число трансформаторов на один ($N_{min} + 1$), тогда

$$Q_1 = \sqrt{(7 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 3845^2} = 3037,43 \text{ (кВАр)}$$

Составим баланс реактивной мощности в узле А

$Q_C + Q_{CD} = Q_1$, $(1,347+0,9)=2,247 < 3,037$ (МВАр), то есть, необходима установка батарей конденсаторов на стороне 10 кВ.

$$Q_{ВНБК} = Q_P - Q_C - Q_{CD} = 2,377 - 1,347 - 0,9 = 0,13 \text{ (МВАр)} \quad (36)$$

Определим мощность батарей конденсаторов на стороне 0,4 кВ:

$Q_O + Q_1 = Q_B$, отсюда следует: $Q_O = Q_P - Q_1 = 2,377 - 3,037 = -0,66$ (МВАр), таким образом, установка батарей конденсаторов в узле Б не требуется, так как реактивной мощности приходит больше.

Затраты при втором варианте ($N_{min} + 1$)

$$Z_{II} = Z_{B1} + Z_{32} \cdot Q_{ВНБК} + Z_{TP},$$

где: Z_{32} – удельные затраты на установку батарей конденсаторов в точке А (на стороне 10 кВ) $Z_{32} = 410000$ руб/МВАр.

$$Z_{II} = 670 + 410 \cdot 0,13 + 89,7 = 813 \text{ тыс. руб.}$$

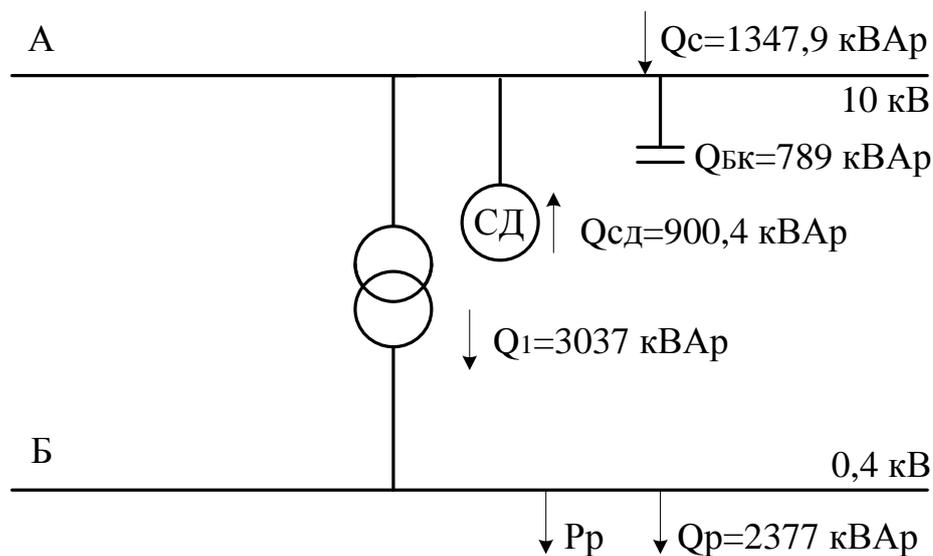


Рисунок 4 – Распределение реактивной мощности при 7 трансформаторах

При сравнении двух рассчитанных вариантов видно, что оптимальным является первый вариант с $N_{TP} = 6$ шт. Суммарная мощность батарей конденсаторов на стороне 0,4 кВ равна $Q_O = 0,687$ (МВАр) = 687 кВАр.

Количество и мощности батарей конденсаторов по пунктам питания приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Распределение батарей конденсаторов по ТП (0,4 кВ)

| № ТП | Q_{pi} , кВАр | Q_{bki} , кВАр | Тип ККУ | Число, мощность |
|--------|-----------------|------------------|----------------|--------------------|
| ТП – 1 | 507,63 | 145,85 | УК2-0,4-150 У3 | 1x150 |
| ТП – 2 | 900,63 | 460,34 | УК4-0,4-240 У3 | 2x240 |
| ТП – 3 | 442 | 73,58 | УК1-0,4-75 У3 | 1x75 |
| ТП – 4 | 526,91 | 7,227 | УК1-0,4-10 У3 | 1x10 |

3.3 Построение картограммы и определение центра электрических нагрузок

Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генплане предприятия площади, ограниченные окружностями. Площади, ограниченные этими окружностями, в выбранном масштабе равны расчетным нагрузкам:

$$P_{Pi} = \pi r_i^2 m, \quad (37)$$

где: r_i – радиус круга, соответствующего i – му цеху, мм;

m – масштаб для определения площади окружности, он берется постоянным для всех цехов предприятия, кВт/мм². $m = 1$ кВт/мм².

Соответственно радиус круга для каждого цеха определяется из выражения:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m}}, \quad (38)$$

Силовые нагрузки до и выше 1000 В изобразим отдельными кругами или секторами в круге. Будем считать, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок будет находиться в центре тяжести фигуры, изображающей цех в генплане.

Осветительная нагрузка, входит в общую нагрузку цехов и наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора (α) пропорционален доле расчетной осветительной нагрузки P_{PO} в суммарной расчетной нагрузке цеха и определяется из соотношения полных расчетных и осветительных нагрузок цехов:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{POi}}{P_{Pi}}, \quad (39)$$

На генеральный план завода произвольно нанесем оси координат и определим значения центров окружностей (X_i и Y_i). Координаты центра электрических нагрузок завода X_o и Y_o определим по формулам:

$$X_o = \frac{\sum P_{Pi} \cdot X_i}{\sum P_{Pi}}, \quad (40)$$

$$Y_o = \frac{\sum P_{Pi} \cdot Y_i}{\sum P_{Pi}}, \quad (41)$$

Расчетные данные для построения картограмм нагрузок представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Расчетные данные для построения картограмм нагрузок.

| № по Г. плану | P _{Pi} , кВт | P _{POi} , кВт | r, мм | α, град | X _i , м | Y _i , м | P _{Pi} · X _i , кВт · м | P _{Pi} · Y _i , кВт · м |
|------------------|--------------------------|------------------------|----------|------------|-----------------------|-----------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 720 | 40 | 15 | 20 | 395 | 350 | 284400 | 252000 |
| 2 | 373,7 | 93,7 | 11 | 90 | 355 | 290 | 132664 | 108373 |
| 3 | 706,5 | 112,5 | 15 | 57 | 430 | 290 | 303795 | 204885 |
| 4 | 616,6 | 191,6 | 14 | 110 | 405 | 230 | 249723 | 141818 |
| 5 | 521,5 | 181,5 | 13 | 125 | 285 | 135 | 148628 | 70403 |
| 6 | 250 | 62,5 | 9 | 90 | 180 | 145 | 45000 | 36250 |
| 7 | 206,84 | 42,84 | 8 | 74 | 20 | 295 | 4137 | 61018 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 8 | 494 | 77,4 | 13 | 56 | 320 | 90 | 158080 | 44460 |
| 9 | 246,8 | 84,8 | 9 | 124 | 375 | 65 | 92550 | 16042 |
| 11 | 126,48 | 24,48 | 6 | 70 | 110 | 245 | 13913 | 30988 |
| 12 | 167 | 39 | 7 | 84 | 245 | 220 | 40915 | 36740 |
| 13 | 342,54 | 27,54 | 10 | 29 | 35 | 190 | 11989 | 65083 |
| 14 | 78,54 | 27,54 | 5 | 126 | 35 | 120 | 2749 | 9425 |
| Итого | 4850,42 | 1005,4 | — | — | — | — | 1488543 | 1077483 |

$$X_o = \frac{\sum P_{Pi} \cdot X_i}{\sum P_{Pi}} = \frac{1488543}{4850,42} = 307, \text{ (м)}$$

$$Y_o = \frac{\sum P_{Pi} \cdot Y_i}{\sum P_{Pi}} = \frac{1077483}{4850,42} = 222, \text{ (м)}$$

Место сооружения ГПП выбирается с учетом следующих факторов:

1. Наименьшей длиной питающей линии.
2. По возможности максимальное приближение ГПП к центру электрических нагрузок.
3. Возможность свободного ввода питающих линий и отходящих линий внутрь площади.
4. Согласно ПУЭ (т. 7 313 стр. № 563) ОРУ ГПП необходимо сооружать на расстоянии 60 м от помещений с взрывоопасной средой и на расстоянии 80 м от взрывоопасных наружных установок.

Исходя из вышеперечисленных условий сооружаем ГПП с центром в точке с координатами: $X'_o = 92(\text{м})$; $Y'_o = 106(\text{м})$. Картограмма электрических нагрузок и их центр — точка (X_0, Y_0) изображены на рисунке 5.

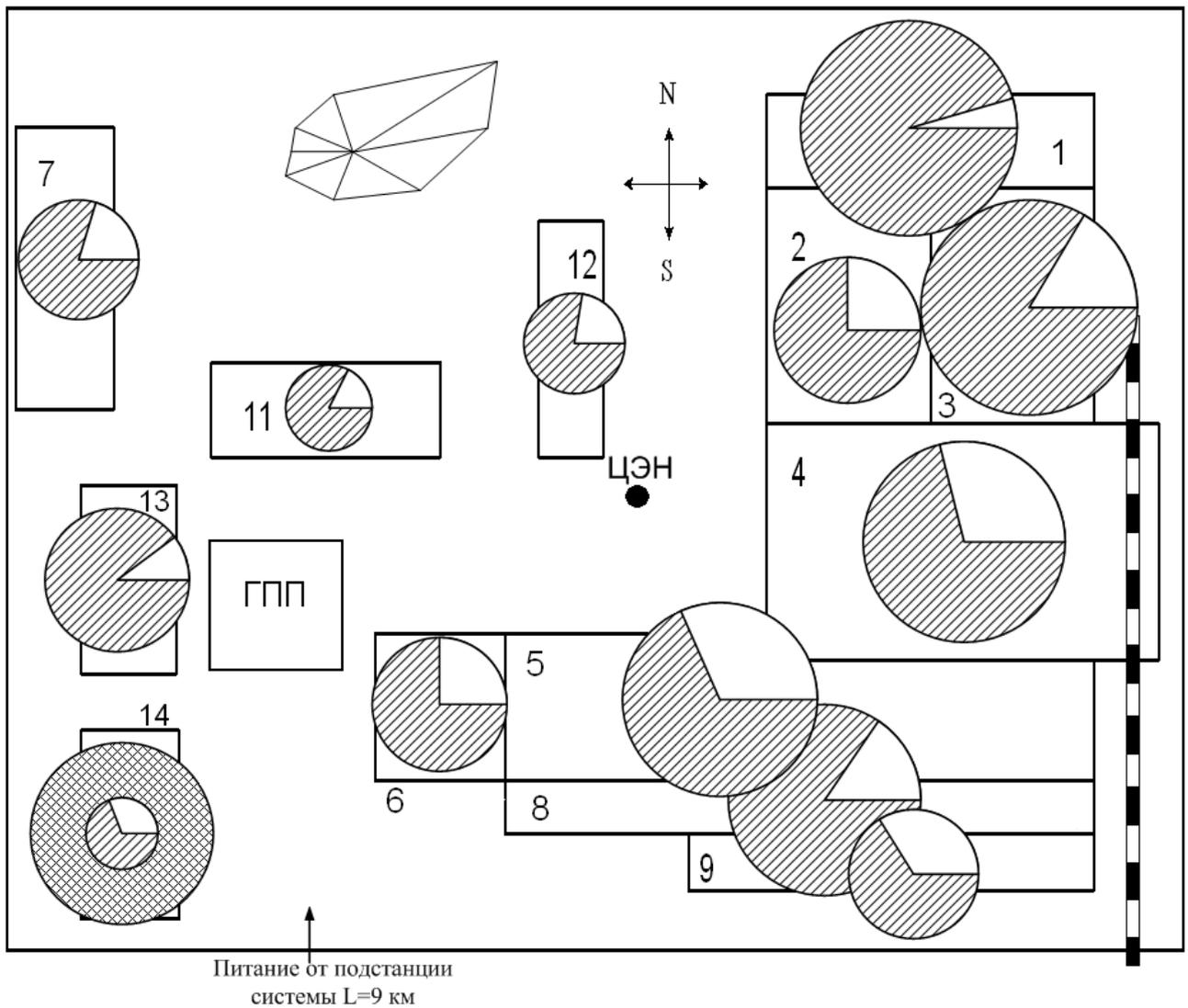
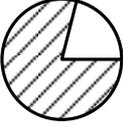
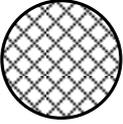


Рис.5 Картограмма электрических нагрузок

- - Центр электрических нагрузок
ЦЭН
- $\frac{80}{3,46}$ Расчетная силовая мощность цеха, кВт
 Расчетная силовая мощность освещения, кВт
-  - Электрическая нагрузка до 1000 В
(не заштрихованная часть - нагрузка освещения)
-  - Электрическая нагрузка выше 1000 В

4 ВЫБОР СХЕМЫ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

На заводе преобладают потребители II-й категории по надежности электроснабжения, по этому электроснабжение завода осуществляется по двухцепной ЛЭП с установкой на ГПП двух трансформаторов. Согласно [9], выбираем схему двух блоков трансформатор – линия, которые для большей гибкости соединены неавтоматической перемычкой из двух разъединителей. В нормальном режиме один из разъединителей перемычки должен быть разомкнут.

Основным достоинством схемы является экономичность и надежность.

В цепях силовых трансформаторов устанавливаются выключатели и короткозамыкатели с разъединителями. Таким образом, внешнее электроснабжение осуществляется от двухцепной ЛЭП – 35 кВ с установкой на ГПП двух силовых трансформаторов.

4.1 Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП

Правильный технически и экономически обоснованный выбор числа и мощности трансформаторов ГПП имеет существенное значение для рационального построения схемы электроснабжения.

Выбор мощности трансформаторов ГПП производится по расчетной мощности завода с учетом коэффициента загрузки трансформатора в нормальном и послеаварийном режиме, а также с учетом перегрузочной способности трансформатора.

При этом при выходе из работы одного трансформатора, оставшийся в работе, должен обеспечивать работу предприятия на время замены неисправного трансформатора с учетом возможного ограничения нагрузки без ущерба для основной деятельности предприятия. Основные потребители электроэнергии на предприятии относятся ко II-й категории по надежности электроснабжения, что говорит о необходимости установки на ГПП двух трансформаторов.

| | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|-------------------|----------------|-------------|--|---------------------|-------------|---------------|
| | | | | | ФЮРА.140205.006 ПЗ | | | |
| <i>Изм</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Разраб.</i> | | Коломойченко К.И. | | | ВЫБОР СХЕМЫ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Руковод.</i> | | Готман В.И. | | | | | 40 | 107 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | ТПУ ИнЭО гр. 3-9202 | | |
| <i>Н.Контр</i> | | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | Прохоров А.В. | | | | | | |

Мощность трансформаторов определяется по формуле:

$$S_{PT} = \frac{S_{P_{ГПП}}}{2 \cdot K_3}, \quad (42)$$

где: $S_{P_{ГПП}}$ – полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП;

K_3 – коэффициент загрузки трансформаторов. Для потребителей II-й категории $K_3 = 0,7$;

2 – число трансформаторов.

$$S_{PT} = \frac{S_{P_{ГПП}}}{2 \cdot K_3} = \frac{5443,4 + 875}{2 \cdot 0,7} = 4513, \text{ (кВА)}$$

Из сортамента номинальных мощностей силовых двухобмоточных трансформаторов выбираем трансформатор по условию, что $S_{HT} \geq S_{PT}$. Устанавливаем трансформатор с ближайшим большим значением номинальной мощности равной 6300 кВА. Коэффициент загрузки одного трансформатора в

нормальном режиме: $K_3 = \frac{S_{P_{ГПП}}}{2 \cdot S_{HT}} = \frac{6318,4}{2 \cdot 6300} = 0,50$;

С учетом того, что в нормальном режиме коэффициент загрузки трансформаторов ГПП принимается равным 0,7, а в аварийном режиме любой из трансформаторов с учетом допустимой перегрузки (до 40 %) должен обеспечить полностью необходимую мощность завода, то есть: $S_{P_{ГПП}} < 1,4 S_{HT}$.

$$S_{P_{ГПП}} < 1,4 S_{HT} \Rightarrow 6318,4 < 8820.$$

где: 8820 – мощность, пропускаемая одним трансформатором в послеаварийном режиме:

$1,4 \cdot 6300$ (кВА), что обеспечивает перспективу расширения производства.

Паспортные данные трансформатора ТМН-6300/35

| | |
|-----------------|----------|
| S_H | 6300кВА |
| U_{BH} | 35 кВ |
| U_{HH} | 10,5 кВ |
| ΔP_{XX} | 21,5 кВт |
| ΔP_{K3} | 65 кВт |
| i_{XX} | 4,5 % |
| U_K | 7,5 % |

Потери в трансформаторах ГПП:

$$\Delta Q_{XX} = SH_{H.TP} \cdot \frac{I_{XX}}{100} = 6300 \cdot \frac{4,5}{100} = 283,5;$$

$$\Delta Q_{K3} = S_{H.TP} \cdot \frac{U_K}{100} = 6300 \cdot \frac{7,5}{100} = 472,5;$$

$$\Delta Q_{TT} = \Delta Q_{XX} + K_3^2 \cdot \Delta Q_{K3} = 283,5 + 0,7^2 \cdot 472,5 = 483,5 \text{кВАр};$$

$$\Delta P'_{XX} = \Delta P_{XX} + K_{III} \cdot \Delta Q_{XX} = 21,5 + 0,07 \cdot 283,5 = 41,34 \text{кВт};$$

$$\Delta P'_{K3} = \Delta P_{K3} + K_{III} \cdot \Delta Q_{K3} = 65 + 0,07 \cdot 472,5 = 98,07 \text{кВт};$$

$$\Delta P'_{TT} = \Delta P'_{XX} + K_3^2 \cdot \Delta P'_{K3} = 41,34 + 0,7^2 \cdot 98,07 = 89,39 \text{кВт}.$$

Так как трансформаторов на ГПП два:

$$\Delta P'_{TP} = \Delta P'_{TT} \cdot N = 89,39 \cdot 2 = 178,78 \text{кВт};$$

$$\Delta Q'_{TP} = \Delta Q_{TT} \cdot N = 483,5 \cdot 2 = 967 \text{кВАр}.$$

Рассчитаем мощность на ГПП:

$$S_P^{ГПП} = \sqrt{(P_M + \Delta P'_{TP})^2 + (Q_M + \Delta Q'_{TP})^2} = \sqrt{(5616,1 + 178,78)^2 + (2377 + 967)^2} = \\ = 6690,5 \text{кВА}.$$

Проверим номинальную мощность трансформаторов на ГПП:

$$S_{ном}^{ГПП} = \frac{S_P^{ГПП}}{2 \cdot \beta_T} = \frac{6690,5}{2 \cdot 0,7} = 4778,9 \text{кВА}.$$

Выбранный трансформатор проходит проверку, на ГПП устанавливаем два трансформатора ТМН-6300/35.

4.2 Выбор напряжения питающей линии

Выбор напряжений питающих линий производится совместно с выбором всей схемы электроснабжения. При этом схема электроснабжения должна удовлетворять следующим требованиям:

- удобство и безопасность эксплуатации;

- надежность и качество электроэнергии в нормальном и послеаварийном режимах; -экономичность по капиталовложениям, эксплуатационным расходам и потерям электроэнергии;

- повышенная надежность при движении от внутрицеховых сетей к внутривозводским распределительным сетям и далее к питающим линиям.

Для реализации этих требований при построении СЭС исходят из следующих принципов:

- источники питания более высокого напряжения максимально приближены к потребителям электроэнергии;

- выбор элементов схемы производится исходя из условий их постоянной работы под нагрузкой, так как при этом режиме обеспечивается большая надежность электроснабжения;

- предусматривается параллельная работа цепей схемы ,что ведет к уменьшению токов КЗ, упрощению коммутации, релейной защиты и автоматики.

С учетом того, что на предприятии применяются приемники II категории, производим питание предприятия по двухцепной ВЛЭП, со сталеалюминевыми проводами АС на металлических опорах с расположением проводов фаз в виде «бочки».

Выбор напряжения производится с целью определения параметров линии электропередачи (ЛЭП) и выбираемого оборудования ГПП, а также размеров капиталовложений, расходов цветного металла, величины потерь электроэнергии и эксплуатационных расходов.

Электроснабжение завода производится непосредственно от подстанции, расположенной на расстоянии 9 км от ГПП завода.

От источника питания имеется возможность получения энергии при двух напряжениях: $U = 35$ кВ и $U = 110$ кВ. Поэтому рассмотрим возможность применения обоих вариантов путем технико–экономического сравнения этих вариантов и выберем наиболее оптимальный из них.

4.3 Техничко-экономическое сравнение вариантов

Вариант 1 Напряжение питающей линии 35 кВ.

Питающая линия выполняется проводом АС. Выбор сечения провода производится по экономической плотности тока в нормальном и послеаварийном режимах:

$$I_p = \frac{S_p^{эпн}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{6632}{2\sqrt{3} \cdot 35} = 110 \text{ А}.$$

В аварийном режиме:

$$I_{ав.р} = \frac{S_p^{эпн}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{6632}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 219 \text{ А}.$$

Так как основные узлы предприятия работают в три смены, то в соответствии с [5, табл.4.9] для $T_{\max} > 4000$ ч, а экономическая плотность тока $j_{эк} = 1 \text{ А/мм}^2$.

Экономическое сечение:

$$S_{эк} = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{110}{1} = 110 \text{ мм}^2.$$

Выбираем ближайшее стандартное сечение АС – 120/19 с максимально допустимым током $I_{доп} = 330 \text{ А}$, $r_{пр} = 13,5 \text{ мм}$ [1.табл.3.3].

Сделаем необходимые проверки выбранного сечения:

1) По перегрузочной способности (в аварийном режиме при отключении одной из питающих линий):

$$1,3 \cdot I_{доп} \geq I.,$$

$$1,3 \cdot 330 = 429 \geq 219 \text{ А}.$$

2) По допустимой потере напряжения:

$$L_{доп} \geq L_{\phi},$$

$$L_{доп} = \frac{L_{\Delta U\%} \cdot \Delta U_{доп} \cdot I_{доп}}{I_p} = \frac{1,84 \cdot 5 \cdot 330}{114} = 30,66 \text{ км} \geq 9 \text{ км},$$

где $\Delta U\%$ - допустимая потеря напряжения, 5%;

$L_{\Delta U\%}$ - длина линии на которой при протекании допустимого тока

величина потери напряжения 1%, принимаем 6,4 км для $U = 35 \text{ Кв}$ [2,стр.90];

L_{ϕ} - длина линии от подстанции энергосистемы до ГПП предприятия;

$L_{\text{доп.}}$ - допустимая длина линии.

3) По механической прочности:

$$S_{\text{эк}} \geq S_{\text{мех.мин}}$$

$$120 \text{ мм}^2 \geq 35 \text{ мм}^2.$$

4) Проверку проводов по короне проверку делать нет необходимости, так как напряжение питающей линии $U_{\text{лэп}} = 35 \text{ кВ} < 110 \text{ кВ}$.

Все проверки подтверждают правильность выбора сечения провода, принимаем окончательно провод марки АС–120/19 с максимально допустимым током $I_{\text{доп}} = 330 \text{ А}$.

Вариант 2 Напряжение питающей линии 110 кВ

Питающая линия выполняется проводом АС. Выбор сечения провода производится по нагреву расчётным током и экономической плотности тока:

$$\text{По (12): } I_p = \frac{S_p^{\text{зм}}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{6632}{2 \sqrt{3} \cdot 110} = 34,8 \text{ А}$$

В аварийном режиме:

$$\text{По (41): } I_{\text{ав.р}} = \frac{S_p^{\text{зм}}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{6632}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 69,6 \text{ А}$$

Так как основные узлы предприятия работают в три смены, то в соответствии с [1, табл.4.5] для $T_{\text{макс}} > 4000 \text{ ч}$, а экономическая плотность тока

$$j_{\text{эк}} = 1,2 \text{ А/мм}^2.$$

Экономическое сечение:

$$\text{По (42): } S_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{34,8}{1,2} = 29 \text{ мм}^2.$$

Выбираем стандартное сечение АС–70 с максимально допустимым током $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$, $r_{\text{нр}} = 5,5 \text{ мм}$ [1.табл.3.3], т.к. минимально допустимое напряжение по условию коронирования для 110 кВ – 70 мм².

Сделаем необходимые проверки выбранного сечения:

По нагреву:

$$\text{По (43): } 1,3 \cdot I_{\text{доп}} \geq I. \quad 1,3 \cdot 265 = 344,5 \geq 69,6 \text{ А}.$$

По допустимой потере напряжения:

По (44): $L_{\text{дон}} \geq L_{\phi}$,

$$L_{\text{дон}} = \frac{L_{\Delta U\%} \cdot \Delta U_{\text{дон}} \cdot I_{\text{дон}}}{I_p} = \frac{1,65 \cdot 5 \cdot 265}{34,8} = 62,8 \text{ км} \geq 9 \text{ км}$$

где $\Delta U\%$ - допустимая потеря напряжения, 5%;

$L_{\Delta U\%}$ - длина линии на которой при протекании допустимого тока величина потери напряжения 1%, принимаем:

1,65 км для $U = 110$ кВ [2.стр.90];

L_{ϕ} - длина линии от подстанции энергосистемы до ГПП предприятия;

$L_{\text{дон}}$ - допустимая длина линии, км.

По механической прочности:

По (45): $S_{\text{эк}} \geq S_{\text{мех.мин}}$, $70 \text{ мм}^2 \geq 25 \text{ мм}^2$.

По короне: $1,07 \cdot E \leq 0,9 \cdot E_0$, максимальное значение начальной критической напряженности электрического поля [1.ф.4.32]

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

где m – коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности провода ($m=0,82$);

$r_{\text{пр}}$ – радиус провода, мм.

Напряженность электрического поля около поверхности нерасщепленного провода [1]

$$E = \frac{0,354 \cdot U}{r_{\text{пр}} \cdot \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{ср}}}},$$

где $D_{\text{ср}} = 1,26 \cdot D$ - среднегеометрическое расстояние между проводами фаз;

D - расстояние между соседними фазами, $D = 400$ см [3,табл.8.2];

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

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

$$1,07 \cdot 10,38 \leq 0,9 \cdot 34,86 \text{ кВ} / \text{см};$$

$$11,1 \leq 31,37 \text{ кВ} / \text{см}.$$

Все проверки подтверждают правильность выбора сечения провода, принимаем окончательно провод марки АС - 70 с максимально допустимым током $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$, $r_{\text{пр}} = 5,5 \text{ мм}$.

Для определения оптимального варианта определим суммарные приведённые затраты. Вариант с наименьшими приведёнными затратами и будет оптимальным.

Приведённые затраты определяются по формуле:

$$Z = E \cdot K + I_{\text{э}} \quad (45)$$

где Z – суммарные приведённые затраты, тыс. у.е.;

E – суммарный коэффициент отчисления от капиталовложений:

$$E = E_H + E_A + E_{\text{т.р.}}$$

K – единовременное капиталовложение, тыс. у.е.;

$I_{\text{э}}$ – стоимость потерь электроэнергии, тыс. у.е.;

E_H – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

E_A – коэффициент отчисления на амортизацию;

$E_{\text{т.р.}}$ – коэффициент отчисления на текущий ремонт и обслуживание.

Учитывая все вышеперечисленные составляющие приведённых затрат, и то, что в нашем примере рассматривается схема, состоящая из двухцепной ВЛЭП и двух вводов с отделителями и короткозамкательями, общая формула будет выглядеть следующим образом:

$$Z = K_{\text{ВЛЭП}} \cdot (E_H + E_A + E_{\text{т.р.}}) + K_{\text{в/к.о}} \cdot (E_H + E_A + E_{\text{т.р.}}) + I_{\text{э}} \quad (46)$$

Вариант 1 Напряжение питающей линии 35 кВ

$k = 3143 \text{ тыс.руб/км}$ стоимость одного километра двухцепной ВЛЭП линии 35 кВ на железобетонных опорах с подвеской одной цепи [22,табл.7.5];

$E_H = 0,152$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для ВЛЭП;

$E_A = 0,024$ – коэффициент, учитывающий ежегодные отчисления на амортизацию для ВЛ 35 кВ и выше на железобетонных опорах;

$E_{T.P.} = 0,004$ – коэффициент, учитывающий ежегодные отчисления на текущий ремонт и обслуживание для ВЛ 35 кВ и выше на железобетонных опорах [3];

$k_{в/к.о} = 13475,5$ тыс.руб/км стоимость ОРУ 35 кВ с двумя системами шин на ж/б конструкциях;

$E_H = 0,193$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для силового оборудования;

$E_H = 0,064$ – коэффициент, учитывающий ежегодные отчисления на амортизацию для силового оборудования и распределительных устройств ;

$E_{T.P.} = 0,03$ – коэффициент, учитывающий ежегодные отчисления на текущий ремонт и обслуживание для силового оборудования и распределительных устройств [3].

Стоимость потерь определяется по формуле:

$$I_{\Sigma} = 2 \cdot \Delta P_{y\partial} \cdot k_{загр}^2 \cdot \tau_{max} \cdot \Delta C_{\Sigma} \cdot L \quad (47)$$

где $\Delta P_{y\partial} = 134 \text{ кВт} / \text{км}$ – потери мощности в линии на одну цепь, на один километр [4, табл.4.7];

$k_{загр} = I_p / I_{дон} = 110 / 330 = 0,333$ – коэффициент загрузки линии;

τ_{max} - время максимальных потерь, час;

$\Delta C_{\Sigma} = 2,4 \text{ руб} / \text{кВт} \cdot \text{ч}$ – стоимость потери энергии.

$$I_{\Sigma} = 2 \cdot 134 \cdot 0,333^2 \cdot 3123 \cdot 2,4 \cdot 9 = 825,082 \text{ тыс. у.е.}$$

$$\begin{aligned} Z_{35\text{ВЛЭП}} &= 3443 \cdot 7 \cdot (0,152 + 0,024 + 0,004) + 13475,5 \cdot (0,193 + 0,064 + 0,03) + 825,08 = \\ &= 9030,5 \text{ тыс.руб} \end{aligned}$$

Вариант 2 Напряжение питающей линии 110 кВ

$k=3143$ тыс.руб/км стоимость одного километра двухцепной ВЛЭП линии 110 кВ на железобетонных опорах [5,табл.7.5];

$E_H = 0,152$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для ВЛЭП;

$E_A = 0,024$ – коэффициент, учитывающий ежегодные отчисления на амортизацию для ВЛ 35 кВ и выше на железобетонных опорах;

$E_{T.P.} = 0,004$ – коэффициент, учитывающий ежегодные отчисления на текущий ремонт и обслуживание для ВЛ 110 кВ и выше на железобетонных опорах [3];

$k_{в/к.о}=40432$ тыс.руб/км стоимость ОРУ 110 кВ с двумя системами шин на ж/б конструкциях с двумя вводами с 4 РЛНД, 2 отделителями, 2 короткозамыкателями, 6 РВС;

$E_H = 0,193$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений для силового оборудования;

$E_A = 0,064$ – коэффициент, учитывающий ежегодные отчисления на амортизацию для силового оборудования и распределительных устройств ;

$E_{T.P.} = 0,03$ – коэффициент, учитывающий ежегодные отчисления на текущий ремонт и обслуживание для силового оборудования и распределительных устройств [3].

Стоимость потерь определяется:

$$I_{\Sigma} = 2 \cdot \Delta P_{y\partial} \cdot k_{загр}^2 \cdot \tau_{max} \cdot \Delta C_{\Sigma} \cdot L,$$

где $\Delta P_{y\partial} = 113 \text{ кВт} / \text{км}$ – потери мощности в линии на одну цепь, на один километр [4];

$$k_{загр} = I_p / I_{дон} = 34,8 / 265 = 0,132 \text{ – коэффициент загрузки линии;}$$

τ_{max} - время максимальных потерь, час;

$\Delta C_{\Sigma} = 2,4 \text{ руб} / \text{кВт} \cdot \text{ч}$ – стоимость потери энергии.

$$I_{\Sigma} = 2 \cdot 113 \cdot 0,132^2 \cdot 3123 \cdot 2,4 \cdot 9 = 109,328 \text{ тыс.руб.}$$

$$\begin{aligned} Z_{110\text{ЛЭП}} &= 3443 \cdot 7 \cdot (0,152 + 0,024 + 0,004) + 40432 \cdot (0,193 + 0,064 + 0,03) + 109,3 = \\ &= 15942,1 \text{ тыс.руб} \end{aligned}$$

Результирующие приведённые затраты по двум вариантам:

Таблица 4.1 Итоговая таблица экономического сравнения вариантов

| Суммарные приведенные затраты | U ₁ =35кВ ТМН -6300/35 | U ₂ =110кВ ТМН-6300/35 |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Воздушные линии и ОРУ (тыс.руб.) | 9030,5 | 15942 |
| Трансформаторы (тыс.руб.) | 4172,9 | 4172,9 |
| Сумма | 13203.4 | 20114,9 |

Принимаем вариант с использованием напряжения питающей линии 35 кВ и трансформаторами на ГПП ТМН – 6300/35 кВА

4.4 Выбор сечений кабельных линий распределительной сети 10 кВ

Распределительные сети 10кВ выполняются по возможности трехжильным кабелем с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией, с прокладкой в земле.

Выбор сечения кабеля линии производится по экономической плотности тока.

Экономически целесообразное сечение $F_{ЭК}$, мм², определяется из выражения:

$$F_{ЭК} = \frac{I_P}{J_{ЭК}}, \quad (48)$$

где: $J_{ЭК}$ – нормированное значение экономической плотности тока, А/мм², принимается по справочным данным; в нашем случае принимаем $J_{ЭК} = 1,4$ А/мм² Таблица 2.1[1], для кабелей с бумажной изоляцией и с алюминиевыми жилами.

ГПП – ТП 1:

Рассматривается линия, идущая с I секций ГПП до ТП-1.

Расчетный ток на линию:

$$I_P = \frac{S_{Pi}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{953}{\sqrt{3} \cdot 10} = 55 \text{ А} \quad (49)$$

где: I_P – расчетный ток линии в нормальном режиме;

S_{Pi} – полная расчетная нагрузка ТП.

Экономическое сечение:

$$F_{ЭК} = \frac{I_p}{J_{ЭК}} = \frac{55}{1,4} = 39,3 \text{ мм}^2.$$

Трехжильных кабелей с таким сечением нет, поэтому укладываем кабель:
 $S=50\text{мм}^2$, $I_{доп}=115\text{А}$.

Тогда расчетный ток на линию:

$$I'_{доп} = k_{пр} \cdot I_{доп} = 0,9 \cdot 115 = 103,5 \text{ А},$$

где $K_{пр}$ - поправочный коэффициент прокладки кабеля.

Проверка кабеля сечения по послеаварийному току:

$$I_{нав} \leq 1,3 \cdot I'_{доп};$$

$$1,3 \cdot I'_{доп} = 1,3 \cdot 103,5 = 134,6 \text{ А}$$

$$I_{PAB} = \frac{S_{Pi}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{953 \cdot 2}{\sqrt{3} \cdot 10} = 110 \text{ А}, \quad (50)$$

где I_{PAB} – расчетный ток линии в аварийном режиме;

$$110 \text{ А} < 134,6 \text{ А};$$

Следовательно, выбранное сечение проходит проверку.

Принимаем кабель марки АСБ-2 (3х50).

Сечения остальных кабельных линий рассчитываем аналогично, результаты заносим в таблицу 12.

Таблица 12 – Распределительная сеть 10 кВ

| Номер линии | Расчетная нагрузка на один кабель $I_{расч}$ | $F_{ЭК}$ мм^2 | Способ прокладки | $K_{пр}$ | Марка, сечение кабеля | Допустимая нагрузка на один кабель |
|-------------|---|---------------------------|------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| Л1(ГПП-ТП1) | 55 А | 39,3 | В земле | 0,9 | ААБ - 3х50 | 103,5 А |
| Л2(ГПП-ТП2) | 46,33 А | 33,1 | В земле | 0,9 | ААБ - 3х 35 | 81 А |
| Л3(ГПП-ТП2) | 46,33 А | 33,1 | В земле | 0,9 | ААБ - 3х 35 | 81 А |

| | | | | | | |
|-----------------|---------|-------|---------|-----|-------------|---------|
| Л4(ГПП- ТП3) | 42,6 А | 30,43 | В земле | 0,9 | ААБ - 3x 35 | 81 А |
| Л5(ГПП- ТП4) | 52,63 А | 37,59 | В земле | 0,9 | ААБ - 3x 50 | 103,5 А |
| Л6(ГПП- ТП4) | 52,63 А | 37,59 | В земле | 0,9 | ААБ - 3x 50 | 103,5 А |
| СД | 41,6 А | 29,68 | В земле | 0,9 | ААБ - 3x 35 | 81 А |

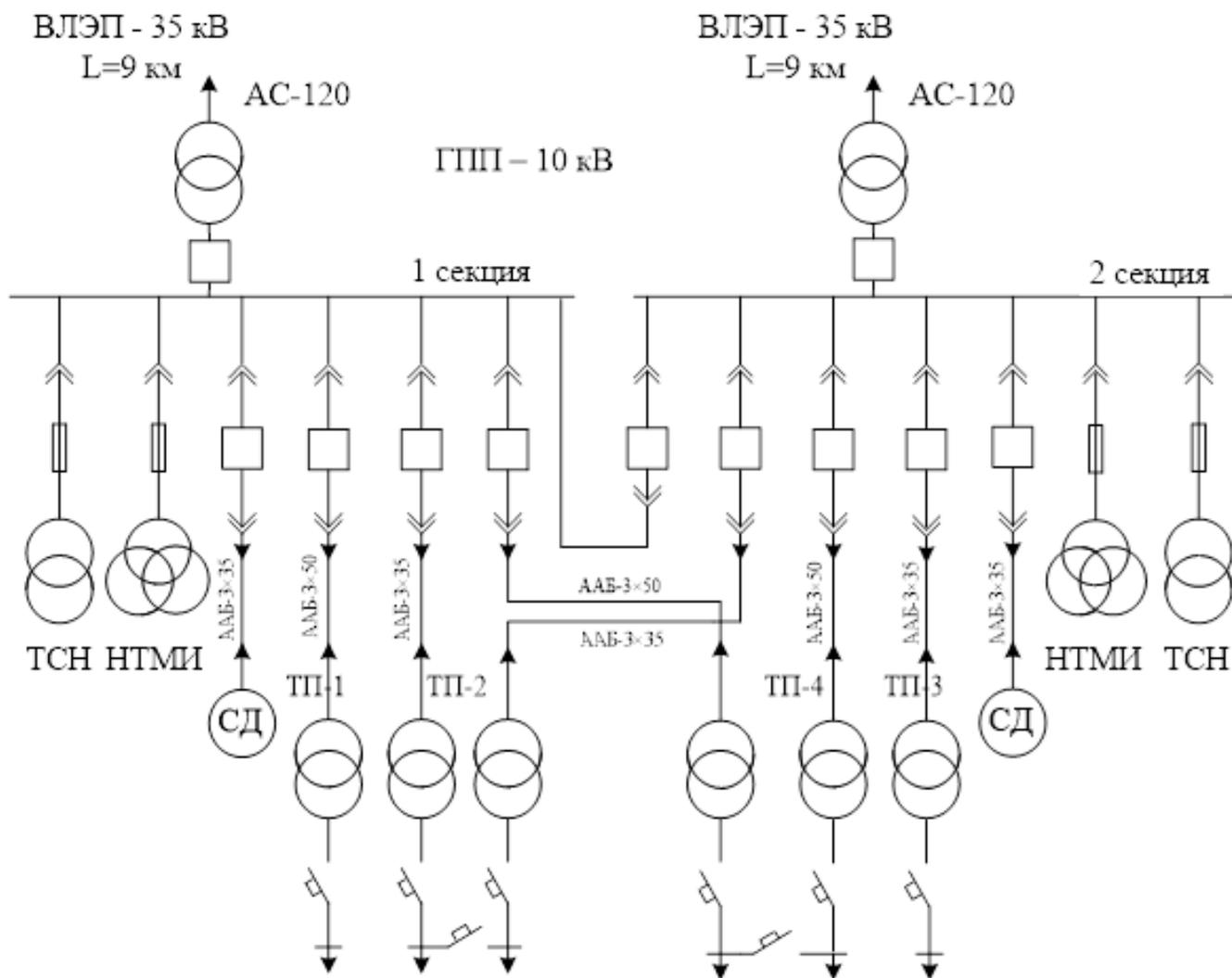


Рисунок 6 – Схема питания цеховых подстанций

5 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ СВЫШЕ

1000В

Расчёт токов КЗ в точке К-1- К-3 проводим в относительных единицах. Для точки К-4 расчёт будем проводить в именованных единицах без учёта системы, так как система большой мощности, и её можно считать источником питания с неизменной э.д.с и нулевым внутренним сопротивлением. Для точек К-2 и К-3 будем учитывать подпитку от электродвигателя.

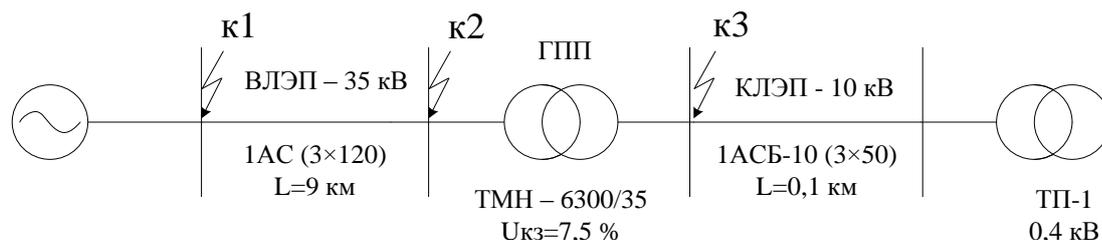


Рисунок 7 – Расчетная схема

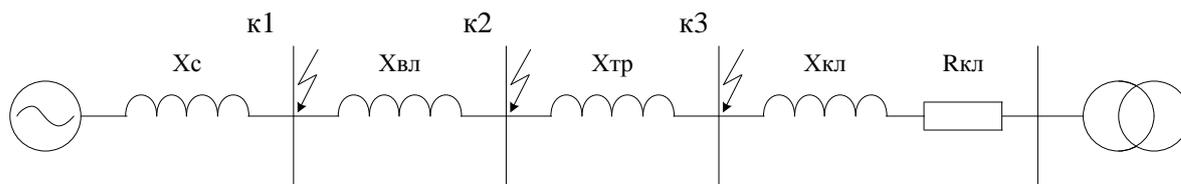


Рисунок 8 – Схема замещения

Принимаем базисную мощность $S_б = 1500 \text{ МВ}\cdot\text{А}$;

напряжение $U_{б1}=37 \text{ кВ}$, $U_{б2}=10,5 \text{ кВ}$.

Расчёт тока КЗ в точке К-1

Базисный ток:
$$I_{б1} = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_{б1}} = \frac{1500}{\sqrt{3} \cdot 37} = 23,5 \text{ кА}$$

$X_c=0,6$ т.е. согласно исходным данным;

Периодическая составляющая тока трёхфазного КЗ в точке К1:

$$I_{К=1}^{(3)} = \frac{E_c \cdot I_{б1}}{X_c} = \frac{1 \cdot 23,5}{0,6} = 39 \text{ кА}$$

| | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------|-----------------|----------------|-------------|--|----------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | ФЮРА.140205.006 ПЗ | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | Расчет токов короткого замыкания сети выше 1000 В | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Разраб.</i> | <i>Коломойченко К.И.</i> | | | | | | 54 | 107 |
| <i>Руковод.</i> | <i>В.И.Готман</i> | | | | | ТПУ ИнЭО гр. 3-9202 | | |
| <i>Реценз</i> | | | | | | | | |
| <i>Н.Контр</i> | | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | | | | | | | |

Периодическая составляющая тока двухфазного КЗ в точке К-1:

$$I_{K-1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K-1}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 39 = 33,8 \text{ кА}$$

Ударный ток в точке К-1:

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{y0} \cdot I_{K-1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 39 = 99,3 \text{ кА}$$

Расчёт тока КЗ в точке К-2

Базисный ток:

$$I_{B1} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B1}} = \frac{1500}{\sqrt{3} \cdot 37} = 23,5 \text{ кА}$$

Сопротивление линии:

$$X_{ВЛ} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_B}{U_{B1}^2} = 0,444 \cdot 9 \cdot \frac{1500}{37^2} = 4,38$$

где $X_0=0,444$ — удельное сопротивление ВЛЭП, Ом/км;

L — длина ВЛЭП, км.

Сопротивление петли КЗ в точке К-2:

$$X_{K-2} = X_C + X_{ВЛ} = 0,6 + 4,38 = 4,98$$

Периодическая составляющая тока трёхфазного КЗ в точке К2:

$$I_{K=2}^{(3)} = \frac{E_C \cdot I_{B1}}{X_{K-2}} = \frac{1 \cdot 23,5}{4,98} = 4,72 \text{ кА}$$

Периодическая составляющая тока двухфазного КЗ в точке К-2:

$$I_{K-2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K-2}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 4,72 = 4,1 \text{ кА}$$

Ударный ток в точке К-2:

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{y0} \cdot I_{K-2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 4,1 = 10,44 \text{ кА}$$

Расчёт тока КЗ в точке К-3

Базисный ток:

$$I_{B2} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B2}} = \frac{1500}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 82,59 \text{ кА}$$

Сопротивление трансформатора ТМН-6300/35:

$$X_T = \frac{U_{K.Áí \%}}{100} \cdot \frac{S_A}{S_{T.íí}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{1500}{6,3} = 17,8$$

Сопротивление петли КЗ в точке К-3:

$$X_{K-3} = X_{K-2} + X_T = 4,98 + 17,8 = 22,78$$

Периодическая составляющая тока трёхфазного КЗ в точке К-3:

$$I_{K-3} = \frac{E_C \cdot I_B}{X_{K-3}} = \frac{1 \cdot 82,59}{22,78} = 3,6 \text{ кА}$$

Периодическая составляющая тока двухфазного КЗ в точке К-3:

$$I_{K-3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K-3}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3,6 = 3,11 \text{ кА};$$

Ударный ток в точке К-3:

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{y0} \cdot I_{K-3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,92 \cdot 3,6 = 9,77 \text{ кА}.$$

Выбираем трансформаторы тока типа ТШЛП –10 У3 с $n_T = 1000/5$.

Сопротивление трансформаторов тока: $R_{та} = 0,05$ мОм; $X_{та} = 0,07$ мОм [10].

По условиям выбора:

$$U_H \geq U_{H \text{ сети}} = 0,38 \text{ кВ}, I_H \geq I_{p.max} = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot 2} = \frac{581,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 2} = 442,5 \text{ А}.$$

Выбираем автомат типа ВА 74-43, $U_H = 0,38$ кВ, $I_H = 1600$ А, $I_{H.откл} = 20$ кА.

Сопротивление автомата $R_A = 0,25$ мОм, $X_A = 0,1$ мОм [10].

Переходное сопротивление автомата $R_K = 0,08$ мОм [10].

Сопротивления алюминиевых шин 60x6 с $I_{доп} = 870$ А, $l = 3$ м, $a_{cp} = 60$ мм,

$$R_{ш} = R_0 \cdot l = 0,034 \cdot 3 = 0,102 \text{ мОм},$$

$$X_{ш} = X_0 \cdot l = 0,016 \cdot 3 = 0,048 \text{ мОм}.$$

$$R'_{\Sigma} = R_T + R_{ТА} + R_A + R_K + R_{ш} = 5,5 + 0,25 + 0,05 + 0,08 + 0,102 = 5,982 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma} = X_T + X_{ТА} + X_A + X_{ш} = 17,1 + 0,07 + 0,1 + 0,048 = 17,31 \text{ мОм}.$$

Сопротивление цепи КЗ без учёта сопротивления дуги:

$$Z' = \sqrt{R'_{\Sigma}{}^2 + X_{\Sigma}{}^2} = \sqrt{5,982^2 + 17,31^2} = 18,31 \text{ мОм};$$

Сопротивление дуги R_d в месте КЗ принимается равным:

$$R_d = \frac{U_d}{I_{KO}};$$

где $U_d = E_d \cdot l_d$

E_d – напряжённость в стволе дуги, В/мм;

l_d – длина дуги, мм;

I_{k0} – ток КЗ в месте повреждения, рассчитанный без учёта дуги, кА.

При $I_{k0} > 1000$ А $E_d = 1,6$ В/мм.

Длина дуги определяется в зависимости от расстояния 'а' между фазами проводников в месте КЗ.

Из [10] для ТП с трансформаторами мощностью 1000 кВА $a = 60$ мм.

Тогда сопротивление дуги

$$R_d = \frac{E_d \cdot l_d}{I_{k0}} = \frac{1,6 \cdot 60}{12} = 8 \text{ мОм}$$

Суммарное активное сопротивление будет равно:

$$R_{\Sigma} = R'_{\Sigma} + R_d = 5,982 + 8 = 13,982 \text{ мОм};$$

Полное сопротивление цепи КЗ:

$$Z = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2} = \sqrt{13,982^2 + 17,31^2} = 22,25 \text{ мОм}$$

Периодическая составляющая тока трёхфазного КЗ в точке К-3:

$$I_{K-3} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 22,25} = 9,86 \text{ кА};$$

Ударный ток в точке К-5 равен: $i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{K-3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,079 \cdot 9,86 = 15 \text{ кА}$.

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

Термически стойкое сечение равно:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T}, \quad (51)$$

где $B_k = I_k^2 (t_{отк} + T_a)$ – тепловой импульс тока КЗ, $A^2 \cdot c$;

T_a – постоянная затухания апериодической составляющей тока КЗ, принимаем равной 0,01 с, согласно стр.43,[9];

$t_{отк} = t_z + t_{\epsilon}$ – время отключения КЗ, с;

t_z – время действия основной защиты, принимаем равной 1,2 с, согласно стр.43,[9];

t_{ϵ} – полное время отключения выключателя; учитывая, что в ЗРУ ГПП установлены выключатели типа ВМПЭ, у которого $t_{\epsilon} = 0,12$ с;

C_T – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника; принимаем, согласно стр.42,[9] равным 141 ($A \cdot c^{1/2}/mm^2$).

Линия ГПП – ТП1:

$$(t_{отк} + T_a) = 1,2 + 0,12 + 0,01 = 1,33, \text{ с}$$

$$F_{\min} = \frac{I_{кз} \sqrt{t_{откл} + T_a}}{C_T} = \frac{3300 \cdot \sqrt{1,33}}{141} = \frac{3300 \cdot 1,153}{141} = 27 \text{ мм}^2.$$

Полученное значение минимального сечения показывает, что выбранный кабель, для данного участка распределительной сети 10 кВ ААБ – (3×50) проходит по термической стойкости к току КЗ: $F \geq F_{\min}$ (50 > 27)

6 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СЕТИ СВЫШЕ 1000В

В системах электроснабжения могут возникнуть режимы, характеризующиеся тепловыми и механическими нагрузками, значительно превышающие нагрузки нормального режима работы и представляющие поэтому опасность для элементов системы электроснабжения. Все оборудование, устанавливаемое в системах электроснабжения должно быть устойчиво к токам к.з. и выбирается с их учетом. Для обеспечения надежной безаварийной работы расчетные значения должны быть меньше допустимых.

Выбор высоковольтных выключателей производится по:

1. Напряжению электроустановки:

$$U_{\text{ном}} > U_{\text{уст}}$$

2. Длительному току

$$I_{\text{ном}} > I_{\text{р.м}} > I_{\text{max}}$$

где: $I_{\text{ном}}$ – номинальный ток при номинальном напряжении, А

$I_{\text{р.м}}$ – наибольший расчетный ток максимального режима, А

I_{max} – наибольший ток послеаварийного режима, А.

3. Электродинамической стойкости при токах КЗ

$$I_{\text{м.дин}} > i_{\text{уд}} \text{ и } I_{\text{дин}} > I_{\text{п.о}}$$

где: $I_{\text{дин}}$ – действующее значение периодической составляющей тока КЗ, кА;

$I_{\text{м.дин}}$ – амплитудное значение полного тока.

Конструктивному исполнению.

Проверка по:

1. Отключающей способности

$$I_{\text{н.о}} > I_{\text{п.т.}}$$

где: $I_{\text{н.о}}$ – ток отключения выключателя, А

| | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|-------------------------|----------------|-------------|---|-------------|-------------|---------------|
| | | | | | ФЮРА.140205.006. ПЗ | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Разраб.</i> | | <i>К.И.Коломойченко</i> | | | Выбор и проверка электрического оборудования в сети свыше 1000 В | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Руковод.</i> | | <i>В.И.Готман</i> | | | | | 59 | 107 |
| <i>Реценз</i> | | | | | ТПУ ИнЭО гр. 3-9202 | | | |
| <i>Н.Контр</i> | | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | | | | | | | |

2. Термической стойкости

$$I_{\text{терм.}}^2 \cdot t_{\text{терм}} > Вк$$

где: $I_{\text{терм.}}^2$ – допустимый ток термической стойкости выключателя

$t_{\text{терм}}$ – время протекания тока термической стойкости, с.

Разъединители выбираются по:

1. напряжению электроустановки
2. длительному току
3. электродинамической стойкости при токах КЗ
4. термической стойкости.

6.1 Выбор аппаратов ОРУ 35 кВ

Применительно к нашему предприятию, на стороне 35 кВ устанавливаем блочную комплектную трансформаторную подстанцию наружной установки типа КТПБ 35 кВ с применением телемеханики (телесигнализации, телеуправления и телеизмерения).

Распределительные устройства, расположенные на открытом воздухе, называются открытым распределительным устройством (ОРУ).

Выключатель является основным аппаратом в электрических установках, он служит для отключения и включения цепи в любых условиях: длительная нагрузка, перегрузка, короткое замыкание, холостой ход, несинхронная работа. Наиболее тяжелой и ответственной операцией является отключение токов короткого замыкания и включение на существующее короткое замыкание.

Разъединители применяют для отключения и включения цепей без тока и создания водимого разрыва цепи в воздухе. Между силовыми выключателями и разъединителями должна предусматриваться механическая и электромагнитная блокировки, не допускающая отключения разъединителя при включенном выключателе, когда в цепи протекает ток нагрузки.

Выберем выключатель 35 кВ.

Расчётные данные сети:

расчётный ток послеаварийного режима с учетом перегрузки:

$$I_p = \frac{1,4 \cdot S_{HTP}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1,4 \cdot 6300}{\sqrt{3} \cdot 35} = 145,5 \text{ А}, \quad (52)$$

действующее значение периодической составляющей начального тока короткого замыкания $I_{п0} = 3,3 \text{ кА}$

периодическая составляющая тока короткого замыкания в момент расхождения контактов выключателя $I_{п}$ вследствие неизменности во времени тока КЗ принимается равной периодической составляющей начального тока КЗ: $I_{п\tau} = I_{п0} = 3,3 \text{ кА}$;

апериодическая составляющая полного тока КЗ в момент расхождения контактов выключателя определяется по выражению:

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 3,3 \cdot e^{-\frac{0,06}{0,05}} = 1,4 \text{ кА}, \quad (53)$$

расчётное выражение для проверки выбранного выключателя по апериодической составляющей полного тока КЗ:

$$\sqrt{2} \cdot I_{п0} + i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 3,3 + 1,4 = 6,07 \text{ кА}, \quad (29)$$

расчётный импульс квадратичного тока КЗ:

$$B_K = I_{п0}^2 \cdot (\tau + T_a) = 3,3^2 \cdot (0,06 + 0,05) = 1,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

Термическая стойкость выключателя $B_K = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$.

Таблица 14 – Технические характеристики оборудования ВН

| Расчетные данные | Каталожные данные | |
|---|--|--|
| | Выключатель вакуумный ВР35НТ | Разъединитель РДЗ-2- 35/1000 |
| $U_{уст} = 35 \text{ кВ}$ | $U_H = 35 \text{ кВ}$ | $U_H = 35 \text{ кВ}$ |
| $I_{p,y} = 129,3 \text{ А}$ | $I_{ном} = 1600 \text{ А}$ | $I_{ном} = 1000 \text{ А}$ |
| $I_{п.0} = 3,3 \text{ кА}$ | $I_{н.откл} = 20 \text{ кА}$ | - |
| $i_{у.к2} = 10,44 \text{ кА}$ | $i_{у.н.} = 50 \text{ кА}$ | $i_{дин} = 64 \text{ кА}$ |
| $B_K = 1,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $B_K = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $B_K = 3969 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |

6.2 Выбор аппаратов ЗРУ 10

Расчётный ток вторичной обмотки трансформаторов ГПП:

$$I_p = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{6647,8}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 365,53 \text{ A}$$

Расчётные данные сети:

расчетный ток послеаварийного режима $I_p = 365,53 \text{ A}$;

расчётное время $\tau = t_{p3} + t_{CB} = 0,01 + 0,05 = 0,06 \text{ с}$;

Периодическая составляющая тока КЗ в точке К-3 с учётом подпитки от ЭД
 $I_{п0} = 3,3 \text{ кА}$

апериодическая составляющая полного тока КЗ в момент расхождения контактов выключателя:

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 3,3 \cdot e^{-\frac{0,06}{0,12}} = 2,83 \text{ кА}$$

расчётное выражение для проверки выбранного выключателя по апериодической составляющей полного тока КЗ:

$$\sqrt{2} \cdot I_{ит} + i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 3,3 + 2,83 = 7,5 \text{ кА};$$

расчётный импульс квадратичного тока КЗ:

$$B_K = I_{п0}^2 \cdot (\tau + T_a) = 3,3^2 + (0,06 + 0,12) = 11 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Ударный ток в точке К-2:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{К-2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,92 \cdot 3,3 = 8,96 \text{ кА}.$$

Выбираем шкафы распределительного устройства 10 кВ типа К-02-3МК с вакуумными выключателями выкатного исполнения типа ВВ/TEL с параметрами: $I_H = 1600 \text{ A}$, $I_{H.откл} = 25 \text{ кА}$, $i_D = 64 \text{ кА}$, $t_{отк} = 0,25 \text{ сек}$. (Справочник по выбору вакуумных выключателей)

Основное оборудование шкафа:

- вакуумные выключатели типа ВВ/TEL
- трансформаторы напряжения в эпоксидной изоляции типа UMZ 12-1, 6000: $\sqrt{3}$ /100: $\sqrt{3}$ /100:3В, 100ВА, кл.05 с основной изоляцией 12кВ,
- ограничители перенапряжений наружной установки типа GXD10 на рабочее напряжение 10 кВ с разрядным током 10кА,

- ограничители перенапряжений внутренней установки типа GXR8 на рабочее напряжение 10,5 кВ с разрядным током 10кА (в отходящих линиях 10 кВ),
- силовые предохранители типа WBP-6 для защиты трансформаторов напряжения,
- трансформаторы тока ТШЛ-10-УЗ.

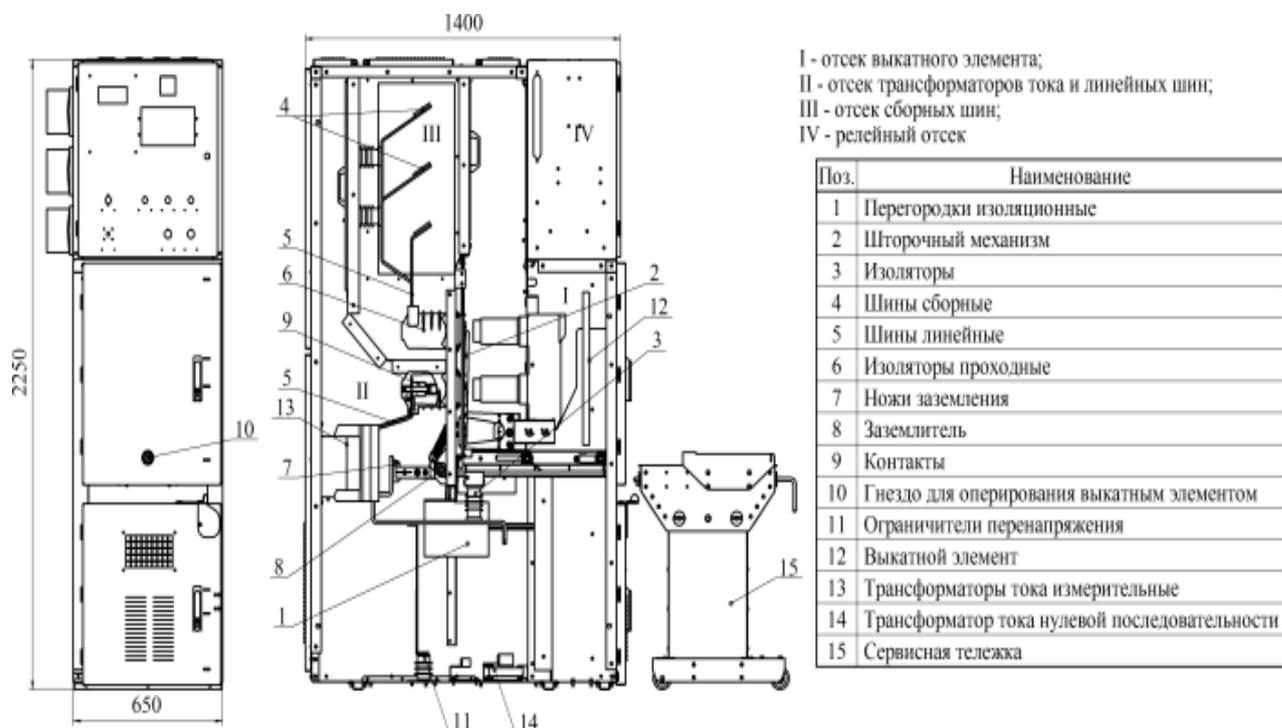


Рисунок 9 – Общий вид шкафа К-02-3МК

Таблица 15 – Технические параметры шкафа К-02-3МК

| Наименование параметра | Значение |
|---|----------|
| Номинальное напряжение при частоте 50 Гц, кВ | 10 |
| Номинальный ток главных цепей при частоте 50 Гц, А | 1600 |
| Номинальный ток сборных шин при частоте 50 Гц, А | 1600 |
| Номинальный ток отключения силовых выключателей, кА | 20 |
| Ток термической стойкости при длительности 3 с, кА | 31,5 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 51 |

6.3 Выбор трансформаторов тока

Выбираем трансформатор тока ТШЛ-10-У3 с данными:

| Расчетные данные | Каталожные данные трансформатора ТШЛ-10-У3 |
|---------------------|--|
| $U_{уст} = 10кВ$ | $U_{ном} = 10кВ$ |
| $I_{max} = 277,3А$ | $I_{ном} = 1000А$ |
| $i_y = 8,96кА$ | $i_{дин} = 64кА$ |
| $B_k = 11кА^2с$ | $I_{мер}^2 \cdot t_{мер} = 1600кА^2с$ |
| $r_2 = z_2 = 1.2Ом$ | $z_2 = 1.2Ом$ |

Таблица 16 – Проверка трансформаторов тока по вторичной нагрузке

| Прибор | Тип | Нагрузка фазы (ВА) | | |
|----------------------------|-----------|--------------------|---|-----|
| | | А | В | С |
| Счетчик активной энергии | СА3У-И680 | 2,5 | - | 2,5 |
| Счетчик реактивной энергии | СР3У-И389 | 2,5 | - | 2,5 |
| Амперметр | Э-335 | 0,5 | - | - |
| ИТОГО: | | 5,5 | | 5 |

Из таблицы видно, что наиболее загружена фаза А трансформатора тока.

Допустимое сопротивление прибора:

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22Ом. \quad (54)$$

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{пр} = z_{2ном} - r_{приб} - r_k = 1,2 - 0,22 - 0,1 = 0,88Ом, \quad (55)$$

где $r_k = 0,1Ом$ - сопротивление контактов (принимается при числе приборов, больше трех).

Зная $r_{пр}$, можно определить сечение соединительных проводов:

$$q = \frac{\rho \cdot I_{расч}}{r_{np}} = \frac{0,0283 \cdot 150}{0,88} \approx 5 \text{ мм}^2, \quad (56)$$

где $\rho = 0,0283 \text{ Ом/м}$ - удельное сопротивление проводов.

$$I_{расч} = 2 \cdot I = 2 \cdot 75 = 150 \text{ А}.$$

Принимаем контрольный кабель АКРВГ с жилами сечением 6 мм^2 .

Выбранный трансформатор тока удовлетворяет всем условиям выбора.

6.4 Выбор трансформаторов напряжения

Выбор производим по следующим условиям:

- По напряжению установки: $U_{уст} \leq U_{ном}$;
- По конструкции и схеме соединения обмоток;
- По классу точности;
- По вторичной нагрузке: $S_{2\Sigma} \leq S_{ном}$;

где $S_{ном}$ - номинальная мощность в выбранном классе точности;

$S_{2\Sigma}$ - нагрузка всех измерительных приборов.

Выбираем трансформатор напряжения НТМИ-10-71У3:

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ};$$

класс точности: 0,5.

Проверим трансформаторы напряжения по вторичной нагрузке:

$S_{ном}$ - номинальная мощность в выбранном классе точности, для трансформаторов, соединенных по схеме открытого треугольника следует взять удвоенную мощность одного трансформатора;

$S_{2\Sigma}$ - нагрузка всех измерительных приборов и реле, присоединенных к трансформатору напряжения.

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{приб}^2 + Q_{приб}^2}. \quad (57)$$

От первой секции запитаны 3 трансформатора и 1 СД, число счетчиков – 4, общая потребляемая мощность которых: $P=48 \text{ Вт}$, $Q=116 \text{ Вар}$.

Выбираем трансформатор НТМИ-10-71У3.

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения первой секции:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2} = \sqrt{48^2 + 116^2} = 125,54 \text{ ВА.}$$

Трансформаторы, соединенные по схеме открытого треугольника имеют мощность:

$$2 \cdot 75 = 150 \text{ ВА.}$$

$S_{2\Sigma} < S_{\text{ном}}$, значит, выбранный трансформатор напряжения проходит по мощности.

Выбор трансформатора напряжения второй секции шин производится аналогично.

Таблица 17 – Проверка трансформаторов напряжения по вторичной нагрузке

| Прибор | Тип | Мощность одной обмотки, ВА | Число обмоток | cos φ | sin φ | Число приборов | Общая потребляемая мощность | |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------|-------|-------|----------------|-----------------------------|--------|
| | | | | | | | P, Вт | Q, ВАр |
| Вольтметр (сборные шины) | Э-335 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | - |
| Счетчик активной энергии | Ввод 10 кВ от трансформатора | И-674 | 2 | 0,38 | 0,925 | 1 | 6 | 14,5 |
| Счетчик реактивной энергии | | И-673 | 2 | 0,38 | 0,925 | 1 | 6 | 14,5 |
| Счетчик активной энергии | Линии 10 кВ | И-674 | 2 | 0,38 | 0,925 | 7 | 42 | 102 |
| Счетчик реактивной энергии | | И-673 | 2 | 0,4 | 0,93 | 7 | 42 | 102 |
| ИТОГО: | | | | | | | 96 | 233 |

7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

7.1 Расчет капиталовложений на проект электроснабжения инструментального завода

Целью данного раздела является расчет капиталовложений на проект электроснабжения инструментального завода. В работе был рассмотрен вопрос, с помощью технико-экономического сопоставления двух вариантов, об оптимальной установке конденсаторных батарей на ТП предприятия.

Все расчеты проведены с помощью данных, полученных из проектного бюро.

Проект электроснабжения инструментального завода позволит облегчить планирование эксплуатации и ремонтов электрооборудования, увеличит надежность работы инструментального завода в целом. Для этого выбираем современное оборудование с лучшими техническими характеристиками и минимальной стоимостью.

Для технико-экономического обоснования проведения проекта электроснабжения инструментального завода проведем необходимые расчеты:

1. Расчет затрат на проектирование проекта электроснабжения инструментального завода.
2. Расчет затрат на оборудование;
3. Расчет эксплуатационных затрат;

Для того, чтобы выполнить расчет затрат на проект по проектированию электроснабжения инструментального завода в срок при наименьших затратах средств, составляется план-график, в котором рассчитывается поэтапная трудоёмкость всех работ.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------------|----------------|-------------|--|---------------------|-------------|---------------|
| | | | | | <i>ФЮРА.140205.006. ПЗ</i> | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Разраб.</i> | | <i>Коломойченко.</i> | | | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Провер.</i> | | <i>Готман В.И.</i> | | | | | 67 | 107 |
| <i>Консульт.</i> | | <i>Коришанова Л.А</i> | | | | ТПУ ИнЭО гр. 3-9202 | | |
| <i>Н.Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | | | | | | | |

При определении трудовых затрат воспользуемся опытно-статистическим методом, а именно вероятностным.

Экономический эффект может быть получен за счёт увеличения показателей надёжности и снижения затрат на проведение ремонтов коммутационных аппаратов.

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применим вариант, основанный на использовании трех оценок: t_{max} , t_{min} , t_n .

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4 \cdot t_{нв} + t_{max}}{6} \quad (58)$$

где t_{min} - кратчайшая продолжительность данной работы (оптимистическая оценка);

$t_{н.в.}$ - наиболее возможная, по мнению экспертов продолжительность работы (реалистическая оценка);

t_{max} - самая длительная продолжительность работы.

7.1.2 Состав и структура основных этапов проекта проектирования электроснабжения инструментального завода

Таблица 17 - Этапы выполнения работ .

| № п/п | Наименование работы | Потребная численность, чел. | Продолжительность работы | | | |
|-------|--|-----------------------------|--------------------------|------------|-----------|----------|
| | | | t_{min} | $t_{н.в.}$ | t_{max} | $t_{ож}$ |
| 1 | Получение задания от руководителя | Руководитель Инженер | 2 | 4 | 4 | 4 |
| 2 | Подготовка к проектированию | Руководитель Инженер | 1 | 2 | 4 | 2 |
| 3 | Обработка исходных данных | Руководитель Инженер | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 4 | Расчет электрических нагрузок | Инженер Инженер конс. | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 5 | Выбор схем внешнего электроснабжения | Инженер Инженер конс. | 3 | 4 | 5 | 4 |
| 6 | Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП,ОРУ,ЗРУ | Инженер | 7 | 7 | 7 | 7 |

Продолжение таблицы 17

| | | | | | | |
|--------|--|--|----|----|----|----|
| 7 | Выбор высоковольтной аппаратуры | Руководитель Инженер | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 8 | Расчет токов К.З. в сети 10кВ | Инженер | 6 | 8 | 8 | 8 |
| 9 | Выбор схем внутреннего электроснабжения | Руководитель Инженер конс. Инженер | 1 | 2 | 3 | 2 |
| 10 | Расчет числа и мощности цеховых трансформаторов | Руководитель Инженер | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | Построение картограммы электрических нагрузок | Руководитель Инженер конс. Инженер | 14 | 15 | 16 | 15 |
| 12 | Подготовка рабочих чертежей | Инженер | 15 | 16 | 17 | 16 |
| 13 | Утверждение проекта электроснабжения инструментального завода. | Руководитель Инженер | 2 | 3 | 4 | 3 |
| Итого: | | | 64 | 75 | 84 | 75 |

Далее производим построение линейного графика.

7.1.3 Расчет затрат на проект электроснабжения инструментального завода.

Рассчитаем себестоимость проделанной работы. Необходимые статьи затрат:

1. Материальные затраты;
2. Затраты на оплату труда;
3. Отчисления в социальные фонды;
4. Амортизация основных средств;
5. Прочие затраты;
6. Накладные расходы;

Материальные затраты

В элементе «материальные затраты» отражается стоимость приобретенных со стороны сырья и материалов, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя её основу.

Комплектующие:

- диски – 40 р. (5шт.)
- бумага – 200 р. (500 листов)
- канцтовары - 800 р.

$$И_k = (40 \cdot 5) + 200 + 800 = 1200 \text{ р.}$$

Затраты на оплату труда

В состав затрат на оплату труда включаются:

1. Выплаты заработной платы за фактически выполненную работу, исходя из сделанных расценок, тарифных ставок и должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии формами и системами оплаты труда;
2. Выплаты стимулирующего характера по системам положения;
3. Выплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда (выплаты по районным коэффициентам);
4. Оплата в соответствии с действующим законодательством очередных ежегодных и дополнительных отпусков;
5. Другие виды выплат за исключением расходов по оплате труда, финансируемых за счет прибыли предприятия. Организация заработной платы

основана на тарифной системе. Тарифный фонд для бюджетных работ рассчитывается по единой тарифной сетке. Она предусматривает 18 разрядов. Тарифная сетка применяется для установления соотношений в оплате труда в зависимости от квалификации рабочего определяемой присвоенным разрядом. Каждому разряду соответствует определенный тарифный коэффициент.

Таблица 18 – Расчет заработной платы исполнителей

| Исполнитель | Оклад, р. (ЗП _Т) | Плата за неотработанное время (0,1·ЗП _Т) | Районный коэффициент (0,3·ЗП _Т) | Премии, 70% от (п.2 + п.3 + п.4) | Месячная зарплата |
|---------------------|------------------------------|--|---|----------------------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Руководитель | 25000 | 2500 | 7500 | 24500 | 59500 |
| Инженер конструктор | 16000 | 1600 | 4800 | 15680 | 38080 |
| Инженер | 12000 | 1200 | 3600 | 11760 | 28560 |

Районный коэффициент Томской области - 0,3. Время работы исполнителей 75 дней (3,5 мес.)

Рассчитывается плановый фонд заработной платы научных, инженерно-технических работников, лаборантов, рабочих мастерских, выполняющих заказы по данной разработке, в соответствии с построенным графиком выполнения работ (п. 3). Величина планового фонда заработной платы определяется по формуле:

$$ЗП = ЗП_{Т} + ЗП_{д} + ЗП_{п}, \quad (58)$$

где ЗП_Т – тарифный фонд заработной платы (по окладам); ЗП_д – дополнительная заработная плата за неотработанное время (отпуск);

$$ЗП_{д} = (0,08 - 0,16) ЗП_{Т}, \quad (59)$$

ЗП_п – доплаты за условия работы и проживания (0,3-0,5) ЗП_Т (учитывается поясной коэффициент и доплата за вредные и опасные условия работы).

Т - количество трудовых дней - 75- 3,5 мес. (в 1 мес. -22 рабочих дня);

$$T_{рук} = 37 \text{ дней} = 1,7 \text{ мес}$$

$$T_{инж.кон.} = 24 \text{ дня} = 1,1 \text{ мес}$$

$$T_{инж} = 75 \text{ день} = 3,4 \text{ мес}$$

$$ЗП_{рук.} = 59500 \cdot 1,7 = 101150 \text{ р.}$$

$$ЗП_{инж-к.} = 38080 \cdot 1,1 = 41888 \text{ р.}$$

$$ЗП_{\text{ИНЖ}} = 28560 \cdot 3,4 = 97104 \text{ р.}$$

$$ЗП_{\text{ФОНД}} = ЗП_{\text{РУК.}} + ЗП_{\text{ИНЖ-К.}} + ЗП_{\text{ИНЖ}} = 240142 \text{ р.} \quad (60)$$

Отчисление в социальные фонды

Социальный налог включает в себя: обязательные отчисления по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования от элемента «Затрат на оплату труда».

Социальные отчисления ($I_{\text{СО}}$) составляет 26,2 от фонда заработной платы (ФПЗ).

$$I_{\text{СО}} = ЗП_{\text{ФОНД}} \cdot 0,262 = 240142 \cdot 0,262 = 62917 \text{ р.} \quad (61)$$

Амортизационные отчисления

Расчет амортизационных отчислений, на полное восстановление основных средств, производится по нормативам амортизации утвержденном в установленном действующим законодательством порядке, и определенным в зависимости от балансовой стоимости оборудования.

Стоимость оборудования:

- компьютер - 30000 р.

- принтер - 9000 р.

$$C_{\text{ОБОР.}} = 30000 + 9000 = 39000 \text{ р.} \quad (62)$$

$$H_{\text{ам}} = \frac{1}{T_{\text{сл}}} = \frac{1}{10} = 0,1\% \quad (63)$$

$$I_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.}}}{T_{\text{сл}}} \cdot H_{\text{ам}} \cdot C_{\text{обор}} = \frac{75}{1825} \cdot 0,1 \cdot 39000 = 160 \text{ р.}$$

где $T_{\text{исп.}}$ - время использования оборудования = 75 дней;

$T_{\text{Г}}$ - количество использования в год = 365 дней;

$C_{\text{ОБОР.}}$ - стоимость оборудования;

$T_{\text{сл.}}$ - срок службы оборудования = 5 лет

Прочие затраты

К ним относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные платежи по обязательному страхованию имущества, вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения, за подготовку кадров, оплата услуг связи и т.п.

Прочие расходы составляют 10 % от всех издержек.

$$Pr = 0,1 \cdot (I_K + 3П_{\text{фонд}} + I_{\text{СО}} + U_{\text{АМ}}), \quad (64)$$

$$Pr = 0,1 \cdot (1200 + 240142 + 62917 + 160) = 30442 \text{ р.}$$

Накладные расходы

Накладные расходы - это расходы, связанные с производством, управлением и хозяйственным обслуживанием организации, которые в равной степени относятся ко всем разрабатываемым темам (оплата административных расходов, расходов на содержание зданий и помещений, оплата труда административно управленческого персонала). Величина накладных расходов определяется как 200 % от фонда заработной платы. Данные для расчета получены из проектного бюро.

$$Нр = 200\% \cdot 3П_{\text{фонд}}, \quad (65)$$

$$Нр = 200\% \cdot 240142 = 480284 \text{ р.}$$

Таблица 18 – Смета затрат

| Виды затрат | Затраты, руб. |
|--------------------------------|---------------|
| Материальные затраты | 1200 |
| Затраты на оплату труда | 240142 |
| Отчисления на социальные нужды | 62917 |
| Амортизационные затраты | 160 |
| Прочие расходы | 30442 |
| Накладные расходы | 480284 |
| Себестоимость | 815145 |
| Прибыль | 163029 |
| Договорная цена | 978174 |

Договорная цена должна обеспечить получение прибыли, достаточной для отчисления средств в виде налогов и фиксированных платежей в специальные фонды и бюджеты разного уровня в соответствии с утвержденными экономическими нормативами, а также для развития предприятия-разработчика (или кафедры и т.д.) и поощрения исполнителей.

Величина договорной цены должна устанавливаться с учетом эффективности, качества и сроков исполнения разработки на уровне, отвечающем экономическим интересам заказчика (потребителя) и исполнителя.

Если разработка носит прикладной характер, то договорная цена должна рассчитываться с учетом потенциального экономического эффекта у потребителя.

Рентабельность принимаем $20\% = 0,2$:

$$C_d = C_{пл} + (C_{пл} \cdot 0,2), \quad (66)$$

$$C_d = 815145 + (815145 \cdot 0,2) = 978174 \text{ р.}$$

7.2 Расчет затрат на электрооборудование

Проведем сравнения двух вариант ТП: с установкой конденсаторных батарей (для компенсации реактивной мощности) и без установки конденсаторных батарей.

Таблица 13.4 – Расчёт капиталовложений на оборудование

| № варианта | Наименование электрооборудования | Кол-во шт. | Цена 1 ед. тыс. руб. | Дополнительные затраты тыс. руб. | Итого по варианту тыс. руб. |
|---------------------|-----------------------------------|------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Распред. устр-во ОРУ-35 кВ | 1 | 6700 | 1340 | 8040 |
| | Трансформатор ТСЗ-40кВА | 2 | 420 | 84 | 1008 |
| | Трансформатор ТМН-3600\35 | 2 | 8900 | 1780 | 21360 |
| | Распред. устройство ЗРУ-10 кВ | 1 | 5100 | 1020 | 6120 |
| | Щит управления | 3 | 3312 | 660 | 11916 |
| | Стоимость проекта | 1 | 155,4 | | 155,4 |
| Итого по варианту 1 | | | | | 48599,4 |
| 2 | Распред. устр-во ОРУ-35 кВ | 1 | 6700 | 1340 | 8040 |
| | Трансформатор ТСЗ-40кВА | 2 | 420 | 84 | 1008 |
| | Трансформатор ТМН-3600\35 | 2 | 8900 | 1780 | 21360 |
| | Распред. устр-во ЗРУ-10 кВ | 1 | 5100 | 1020 | 6120 |
| | Щит управления | 3 | 3312 | 660 | 11916 |
| | Реактивная конденсаторная батарея | 2 | 1150 | 230 | 2760 |
| | Стоимость проекта | 1 | 155,4 | | 155,4 |
| Итого по варианту 2 | | | | | 51359,9 |

7.3 Расчет эксплуатационных затрат

Эксплуатационные затраты определяются из следующей формулы:

$$C = C_a + C_{po} + C_3, \quad (67)$$

где C_a — ежегодные амортизационные отчисления, руб.

C_{po} — годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования, руб.

C_3 — стоимость годовых потерь электроэнергии, руб.

Ежегодные амортизационные отчисления

$$C_a = P_a \cdot K, \quad (68)$$

где P_a — норма амортизационных отчислений, % (для силового электрооборудования $P_a = 6,4$ %)

Вариант 1

$$C_{a1} = 6,4 \cdot 48599,9/100 = 3110 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант 2

$$C_{a2} = 6,4 \cdot 51359,9/100 = 3287 \text{ тыс. руб.}$$

Годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования C_{po} включают зарплату ремонтного и обслуживающего персонала и затраты на материалы необходимые для ремонта и обслуживания электрооборудования.

$$C_{po} = (C_{зр} + C_{зо}) \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 + C_{мр} + C_{мо}, \quad (69)$$

где $C_{зр}$ - основная зарплата ремонтного персонала за год; $C_{зо}$ - основная зарплата обслуживающего персонала за год; λ_1 - коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату; $\lambda_1 = 1,1$ λ_2 - коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование: $\lambda_2 = 1,3$

$C_{мр}$ - затраты на материалы, необходимые для ремонта;

$C_{мр} = 75$ % от основной зарплате ремонтных рабочих; $C_{мо}$ — затраты на материалы, необходимые для обслуживания.

$C_{зо} = 15$ % от основной зарплате обслуживающего персонала.

Результаты расчетов сведены в таблицу.

Таблица 13.5 — Годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт

| № варианта | $C_{зр}$ | $C_{зо}$ | $C_{мр}$ | $C_{мо}$ | $C_{ро}$ |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 234000 | 312000 | 175500 | 46800 | 932100 |
| 2 | 234000 | 312000 | 175500 | 46800 | 932100 |

Стоимость годовых потерь активной электроэнергии:

$$C_3 = \Delta P \cdot j$$

где ΔP - среднегодовые потери активной мощности, кВт; $j = C_{y3} \cdot T_2$ — стоимость 1кВт электроэнергии;

$$C_{y3} = 1,08 \text{ руб. / кВт} \cdot \text{ч}$$

T_2 - годовое время включения электроустановки $T_2 = 8760 \text{ ч/год}$. Потери активной и реактивной мощности в трансформаторах сравниваемых вариантов определяем по формулам

$$\Delta P_m = \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot \beta^2, \text{ кВт}$$

где ΔP_{xx} , $\Delta P_{кз}$ — номинальные активные потери в стали и обмотках трансформатора, кВт; β - коэффициент загрузки трансформатора.

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{xx} + \beta^2 \cdot U_k \% \cdot 1/100, \text{ квар}$$

$$\Delta Q_{xx} = S_H \cdot I_{xx} \% \cdot 1/100$$

где ΔQ_{xx} - постоянная составляющая потерь реактивной мощности, квар.

$$\Delta Q_{кз} = S_H \cdot U_k \% \cdot 1/100$$

где $\Delta Q_{кз}$ - реактивная мощность, потребляемая трансформатором при полной нагрузке, квар.

$I_{xx} \%$ - ток холостого хода, %.

$U_k \%$ - напряжение короткого замыкания, %.

Расчет потерь, технические данные сведем в таблицу 19.

Потери в трансформаторах сравниваемых вариантов значительные и кроме того различны, этим обусловлено заметное их влияние на экономичность сравниваемых вариантов, следовательно их надо учитывать путем расчета приведенных активных потерь мощности $\Delta P'$.

Таблица 19 – Потери мощности сравниваемых вариантов

| № варианта | Технические данные трансформаторов | Коэффициент загрузки β | Потери активной мощности ΔP , кВт | Потери реактивной мощности ΔQ , кВар |
|------------|--|------------------------------|---|--|
| 1 | ТМН-3600 кВА $S_H = 3600$ кВА $\Delta P_{XX} = 21,5$ кВт $\Delta P_{K3} = 65$ кВт $I_{XX} \% = 4,5$ % $U_{K3} \% = 7,5$ % | 0,68 | 74,5 | 1335,9 |
| | В 2 ^x ТМН-3600 кВА | | 149 | 2671,8 |
| 2 | ТМН-3600 кВА $S_H = 3600$ кВА $\Delta P_{XX} = 21,5$ кВт $\Delta P_{K3} = 65$ кВт $I_{XX} \% = 4,5$ % $U_{K3} \% = 7,5$ % | 0,56 | 58,9 | 732,9 |
| | В 2 ^x ТМН-3600 кВА | | 117,8 | 1465,8 |

Необходимо учесть дополнительные затраты на компенсацию собственного потребления реактивной мощности составляемых вариантов.

$$\Delta P' = \Delta P_{уп} + K_{эк} \cdot \Delta Q, \quad (70)$$

где $\Delta P_{уп}$ - удельные приведенные потери на 1 квар мощности компенсирующего устройства;

$K_{эк}$ - экономический эквивалент реактивной мощности компенсирующего устройства, кВт /квар;

P - значение суммарного коэффициента отчисления $P = 0,225$ для статических КБ; j - стоимость одного кВт / год, руб /кВт-год;

$K_{ук}$ - удельные капитальные затраты на установку компенсирующего устройства на 1 квар его мощности. $K_{ук} = 1397$ руб./квар

$\Delta P_{ук} = 0,003$ кВт/квар - удельные потери активной мощности на кВт/квар.

$$K_{эк} = \Delta P_{уп} = P \cdot K_{ук} / j + \Delta P_{ук}$$

$$K_{эк} = 0,225 \cdot 1397 / 1,08 \cdot 8760 + 0,003 = 0,036 \text{ кВт/квар}$$

Вычислим приведенные активные потери, где $\Delta Q = \Delta Q_T + \Delta Q_H$

Q_H - некомпенсированная конденсаторной установкой реактивная мощность.

$$Q_H = 2800 \text{ квар}$$

$$\Delta P'_1 = 149 + 0,036 \cdot (2671 + 2800) = 345$$

$$\Delta P'_2 = 117,8 + 0,036 \cdot 1465 = 170$$

После расчета приведенных потерь активной мощности рассчитывается их стоимость:

$$C_3 = \Delta P' \cdot j$$

Результаты расчётов приведённых затрат сводим в таблицу 20.

Таблица 20 – Результаты расчётов приведённых затрат

| № | $Z = P_H \cdot K + C$ | P_H | К | $C = C_a + C_{po} + C_3$ | | | C |
|---|-----------------------|-------|----------|--------------------------|----------|---------|---------|
| | | | | C_a | C_{po} | C_3 | |
| 1 | 14535617 | 0,15 | 48599900 | 3110000 | 932100 | 3203532 | 7245632 |
| 2 | 13633885 | 0.15 | 51359900 | 3287000 | 932100 | 1710800 | 5929900 |

Вывод: по результатам расчетов 2-ой вариант установки конденсаторных батарей имеет меньше приведенные затраты, при одинаковых параметрах, является наиболее выгодным и экономически целесообразным.

8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данном дипломном проекте ведется разработка системы электроснабжения инструментального завода, с целью улучшения её функционирования и увеличения надежности электроснабжения, отвечающий всем нормам и стандартам.

Для правильной организации работ по борьбе с травматизмом, профессиональными и общими заболеваниями необходимо проанализировать существующие состояния условий труда на рабочих местах при проектировании схемы электроснабжения инструментального завода и производстве электромонтажных работ.

8.1 Производственная безопасность

8.1.1 Анализ выявленных вредных производственных факторов

Вредный фактор — фактор среды и трудового процесса, который может вызвать профессиональную патологию, временное или стойкое снижение работоспособности, повысить частоту соматических и инфекционных заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства.

Вредные факторы при строительстве и производстве электромонтажных работ ГОСТ 12.0.002-80 [19]. Вредные факторы: вредные вещества, температура, влажность и подвижность воздуха, тепловое излучение, статическое, электрическое и магнитные поля, производственный шум, освещение, вибрация, факторы трудового процесса, характеризующие тяжесть физического труда: физическая динамическая нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза; факторы трудового процесса, характеризующие напряженность труда. Угроза для жизни и здоровья рабочего на электротехнической установке возникает при наличии значительных энергетических или материальных потоков (выбросы веществ, электромагнитного поля и т.п.).

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|--------------------------|----------------|-------------|---------------------------------------|---------------------|-------------|---------------|
| | | | | | <i>ФЮРА.140205.006 ПЗ</i> | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Разраб.</i> | | <i>Коломойченко К.И.</i> | | | СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Руковод.</i> | | <i>Готман В.И.</i> | | | | | 80 | 107 |
| <i>Консульт.</i> | | <i>Амелькович Ю.А.</i> | | | | | | |
| <i>Н.Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | | | | | | | |
| | | | | | | ТПУ ИнЭО зр. 3-9202 | | |

Влияние вредных веществ

К вредным веществам относятся вещества и соединения, которые при контакте с организмом человека могут вызывать нарушения индивидуальной чувствительности. К вредным веществам на подстанции можно отнести аммиак, свинец, кислоты, горючие вещества и топливо. Влияние вредных веществ на организм человека зависит от путей попадания в организм человека, от путей выведения веществ из организма человека, от распределения вредных веществ внутри организма человека, от окружающей среды и других метеорологических условий. Также влияние вредных веществ зависит от рабочей зоны. На электрической станции или подстанции зона влияния ограничена размерами помещения, а также наличием естественной или искусственной вентиляции помещения.

Вредные вещества, их классификация и требования безопасности заявлены в [18].

Вредным веществом, содержащимся в воздухе инструментального завода является CO₂. Предельно допустимая норма содержания CO₂ в воздухе - 20 мг/м³. Для решения этой проблемы рекомендуется озеленить лабораторию, поместив в нее комнатные растения в местах, свободных от производственных процессов.

Система отопления должна обеспечить достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха в помещениях в холодный период года, а также безопасность в отношении пожара и взрыва. Также необходимо обеспечить приток воздуха на рабочие места. Минимальный расход воздуха определяется из расчета 50-60 м³/ч на одного человека.

На инструментальном заводе используется водная система отопления. Эта система отопления гигиенична, надежна в эксплуатации и обеспечивает возможность регулирования температуры в желаемых пределах.

Влияние вибрации

Вибрация – это малые механические колебания, возникающие в упругих телах[26]. Влияние вибрации зависит от способа передачи колебаний человеку. Общая вибрация воздействует на организм человека через опорные поверхности

(пол, стул и т.п.). Локальная вибрация воздействует на организм человека через отдельные части тела (руки, ноги, предплечья).

Воздействие ручных механизмов на организм человека зависит от типа машин, направления вибрации, силы обхвата механизма. Вредное воздействие усугубляется при неблагоприятном микроклимате.

Основным документом, регламентирующим уровень вибрации на рабочих местах, является СН 2.2.4/2.1.8.566-96 “Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий”.

К основным методам борьбы с вибрацией можно отнести[25]:

звукопоглощение и виброизоляция;

уменьшение шума и вибрации в источнике их возникновения: совершенствование конструкции (расчёт фундамента, системы амортизаторов или виброизоляторов);

рациональное размещение работающего оборудования и цехов;

установка глушителей шума и вибрации, экранов, виброизоляторов;

вынесение шумящих агрегатов и устройств от мест работы и проживания людей, зонирование;

применение средств индивидуальной защиты (для защиты от шума: беруши, наушники).

Шум

Шум наносит большой ущерб, вредно действует на организм человека и снижает производительность труда. Утомление рабочих из-за сильного шума увеличивает число ошибок при работе, способствует возникновению травм.

Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей. Продолжительность действия сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха, а иногда и к глухоте. Таким образом шум вызывает нежелательную реакцию всего организма человека.

При нормирование шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума, нормирование уровня звука в дБ. Таким образом, шум на рабочих местах не должен превышать допустимых уровней, значение которых приведены в ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» [20].

Поэтому для работе на данном объекте допустимый уровень звукового давления в активной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц есть 80 дБА, а допустимый уровень звука 85 дБА.

Одним из основных методов уменьшение шума на производственных объектах является снижение шума в основных его источниках – в электрических машинах, автотранспорте и т. д.

В механических устройствах часто причинами не допустимого шума являются износ подшипников, неточна сборка деталей при ремонтах и т.п. Поэтому в процессе эксплуатации всех видов машин и механизмов следует точно выполнять все требования Правил технической эксплуатации.

Строительные нормы и правила СНиП 23-03-2003 предусматривают защиту от шума строительно-акустическими методами, при этом для снижения уровня шума предусматриваются следующие меры:

- установка в помещениях звукопоглощающих конструкций и экранов;
- звукоизоляция ограждающих конструкций;
- уплотнение по периметру притворов окон, дверей;
- звукоизоляция мест пересечения ограждающих конструкций с инженерными конструкциями;
- устройство звукоизолированных кабин наблюдения и дистанционного управления технологическим процессом;
- укрытия в кожухи источников шума.

В качестве индивидуальных средств защиты от шума на данном объекте используют специальные наушники, вкладыши (беруши) в ушную раковину, противозумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

Защита от электромагнитных полей

На подстанциях инструментального завода множество источников электромагнитных полей (высоко- и низковольтные кабели, шины, катушки магнитных пускателей, трансформаторы тока и напряжения, а также силовые и т. д.).

Вредное воздействие на работников подстанции инструментального завода оказывают электрические поля промышленной частоты (50 Гц). На инструментальном заводе в ОРУ 35 кВ токоведущими частями создается переменное электромагнитное поле. Предельно-допустимые уровни (далее ПДУ) напряженности согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» представлены в таблице 21

Таблица ПДУ напряженности магнитного поля, кА/м

| Время воздействия за рабочий день, минуты | ПДУ напряженности, кА/м | |
|---|-------------------------|-----------|
| | Общее | Локальное |
| 0-10 | 24 000 | 40 000 |
| 11-60 | 16 000 | 24 000 |
| 61-480 | 8 000 | 12 000 |

Электрическое поле неблагоприятно влияет на центральную нервную систему человека, вызывает учащенное сердцебиение, повышенное кровяное давление и температуру тела. Работоспособность человека падает. Он быстро утомляется. Воздействие на человека электрического поля зависит от его напряженности и длительности пребывания в зоне влияния.

Нормирование электромагнитных полей осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируется СанПиН 2.2.4.1191-03, ГОСТ 12.1.002-84, а для электромагнитных полей радиочастот - в ГОСТ 12.1.006-84.

Нормы для электрической напряженности (без применения защитных средств), согласно ГОСТ 12.1.002-84 приведены в таблице

Таблица 22 - Допустимое время пребывания в электромагнитном поле

| Напряженность поля E, кВ/м | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
|--|-----|----|------|--------|-------|
| Допустимое время пребывания в электрическом поле | 8 ч | 3ч | 1,5ч | 10 мин | 5 мин |

Защита от воздействия электромагнитных полей промышленной частоты осуществляется экранированием источников.

Трансформаторы (активная часть) - помещена в металлический маслонаполненный бак, вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлических шкафах. Шинопроводы прокладываются в металлических коробах, кабели прокладываются в полу.

Микроклимат

Оптимальные условия микроклимата

Холодный и летний период года - (t ниже $+10^{\circ}\text{C}$) на постоянных рабочих местах

Характеристика производственных помещений:

-помещения, характеризуемые незначительными избытками явной теплоты (23 Вт/м^2 и менее)

Категория работ: средней тяжести- Пб (233-290) Вт

Температура воздуха- $17,0-19,0^{\circ}\text{C}$

Относительная влажность воздуха – 60-40%

Скорость движения воздуха: Не более $0,2 \text{ м/с}$,

Температура воздуха вне постоянных рабочих мест: $13-20^{\circ}\text{C}$,

Тёплый период года - (t $+10^{\circ}\text{C}$ и выше) на постоянных рабочих местах

Характеристика производственных помещений:

-помещения, характеризуемые незначительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м^2)

Категория работ: средней тяжести -Пб (233-290) Вт

Температура воздуха- $19,0-21,0^{\circ}\text{C}$

Относительная влажность воздуха – 60-40%

Скорость движения воздуха: $0,2\text{м/с}$,

Температура воздуха вне постоянных рабочих мест: не более чем на 3°C выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч. самого жаркого месяца.

Допустимые условия микроклимата

Холодный и летний период года - (t ниже $+10^{\circ}\text{C}$) на постоянных рабочих местах.

Характеристика производственных помещений:

-помещения, характеризуемые незначительными избытками явной теплоты (23 Вт/м² и менее)

Категория работ: средней тяжести- Пб (233-290) Вт

Температура воздуха- 15,0-22,0 °С

Относительная влажность воздуха – 15-75%

Скорость движения воздуха: 0,2-0,4 м/с,

Температура воздуха вне постоянных рабочих мест: 14-23 °С,

Тёплый период года - (t $+10^{\circ}\text{C}$ и выше) на постоянных рабочих местах

Характеристика производственных помещений:

-помещения, характеризуемые незначительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м²)

Категория работ: средней тяжести -Пб (233-290) Вт

Температура воздуха- 16,0-27,0 °С

Относительная влажность воздуха – 15-75%

Скорость движения воздуха: 0,2-0,5 м/с,

Температура воздуха вне постоянных рабочих мест: не более чем на 5 °С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч. самого жаркого месяца.

В холодные и теплые периоды параметры микроклимата обеспечиваются:

- отоплением;
- естественная и искусственная вентиляция;
- системой кондиционирования воздуха;

Подвижность воздуха

Важным фактором, влияющим на организм человека, являются скорость движения воздуха. Этот фактор может оказать как положительный, так и отрицательный эффект:

- небольшие скорости движения воздуха способствуют испарению влаги с поверхности тела, улучшают теплообмен между организмом и окружающей средой;

- при движении воздуха с большими скоростями возникают сквозняки приводящие к увеличению числа простудных заболеваний работающих.

Для оценки метеоусловий в основных и производственных помещениях производят измерения температуры, влажности, запыленности, скорости движения воздуха, интенсивности теплового и электромагнитного излучения.

Освещение на рабочем месте.

Для обеспечения нормативной освещённости необходимо использовать совмещённое освещение, при котором естественное дополняется искусственным. Причём естественное освещение является боковым (осуществляется через световые проёмы в наружных стенах), а искусственное - общим. В условиях недостаточной освещённости в утреннее и вечернее время используется искусственное освещение. Роль искусственного освещения выполняют люминесцентные лампы. Они обладают высокой световой отдачей и имеют более продолжительный срок службы в отличие от обычных ламп накаливания. Согласно, действующим ГОСТ Р 50948; ГОСТ Р50949; СП 52.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП 23-05-95) [17], по назначению помещений предусмотрены следующие уровни освещённости в помещениях:

- коридоры/коммуникации - 300 Лк;
- канцелярии - 500 Лк;
- производственные помещения – 500 Лк.

Для определения обеспечения уровня освещённости произведём расчёт системы искусственного освещения для помещения лаборатории: имеется сеть 36 В для подключения переносных светильников, которые необходимы при техническом обслуживании и текущем ремонте оборудования. Светильники общего освещения расположены на высоте 4 метра от уровня пола.

Расчет системы искусственного освещения в помещении инструментального завода[28] :

- Данные для расчета:

$$S = A \cdot B = 10 \cdot 18 = 180 \text{ м}^2$$

Где: S - площадь помещения;

$A = 10\text{ м}$ - ширина помещения;

$B = 18\text{ м}$ - длина помещения.

- Высота подвеса светильников:

$$H = B - H_c - H_p = 4 - 0,5 - 0,8 = 2,7 \text{ м.}$$

Где: $B = 4 \text{ м}$ - высота помещения, $H_c = 0,5 \text{ м}$ - принимаемая высота светильника из диапазона $0,5 - 0,7 \text{ м}$, $H_p = 0,8\text{ м}$ - высота рабочей поверхности.

К установке принимаем 12 светильников ЛПО 2x80 мощностью 160 Вт и световым потоком каждой лампы $F = 5200 \text{ лм}$. (справочные данные).

- Световой поток каждого светильника:

$$F = \frac{E_H \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 180 \cdot 1}{24 \cdot 0,43} = 5232,5 \text{ лм}$$

Где: F - световой поток от ламп светильника;

$E_H = 200 \text{ лк}$ - минимальная освещенность рабочего места;

$K_3 = 1,5$ - коэффициент запаса, учитывающий запыленность светильников и их износ для помещения при нормальной эксплуатации светильников с люминесцентными лампами.

Z - коэффициент неравномерности освещения;

η - коэффициент использования светового потока;

N - количество светильников.

Для определения Z нужно знать отношения между высотой подвеса светильников над рабочей поверхностью H и расстоянием между светильниками L .

При: $\frac{L}{H} = 1,2 \quad Z = 1,$

где: $L = 2,8\text{ м}$ - расстояние между светильниками;

$L/2$ - расстояние от стен до светильников;

Для определения коэффициента использования η необходимо знать значения коэффициентов отражения светового потока от стен P_1 , потолка P_2 , пола P_3 , а также геометрические размеры помещения и H - высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью, что учитывается индексом помещения.

- Индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{H(A + B)} = \frac{10 \cdot 18}{2,7 \cdot (10 + 18)} = 2,3;$$

Определяем коэффициенты Р из таблиц: $P_1 = 50\%$, $P_2 = 30\%$, $P_3 = 10\%$.

Тогда коэффициент использования равен $\eta = 43\%$;

Минимальная освещенность рабочего места:

$$E_H = \frac{F \cdot N \cdot \eta}{K_z \cdot S \cdot Z} = \frac{10420,1 \cdot 12 \cdot 0,43}{1,5 \cdot 180 \cdot 1} = 199,39 \approx 200 \text{лк}.$$

Из расчетов видно, что данная система освещения обеспечивает нормальную освещенность рабочих мест.

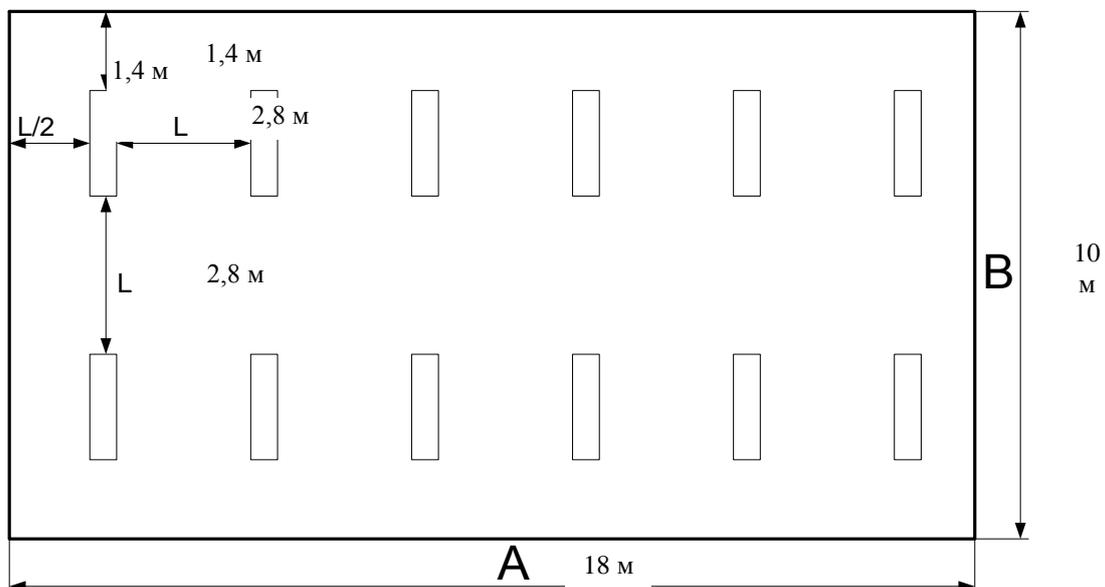


Рисунок 10 – Схема расположения светильников

Где: $L = 2,8\text{м}$ - расстояние между светильниками;

$L/2$ - расстояние от стен до светильников;

Люминесцентные лампы являются самыми распространёнными газоразрядными лампами, имеющие форму цилиндрической трубки. Тщательный и регулярный уход за установками естественного и искусственного освещения имеет важное значение для создания рациональных условий освещения, в частности, обеспечения требуемых величин освещённости без дополнительных затрат электроэнергии. В установках с люминесцентными лампами необходимо следить за исправностью схем включения, своевременно нужно заменять перегоревшие лампы. Следует проверять уровень освещённости в контрольных точках производственного помещения не реже 1 раза в год.

8.1.2 Анализ выявленных опасных производственных факторов.

Опасный фактор – фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, смерти.

Опасные факторы (ГОСТ 12.0.002 - 80) [19]: электрический ток; статическое электричество, пожар, получение механических травм.

Опасными производственными факторами на подстанции являются:

- поражения человека электрическим током;
- пожар;
- механические травмы;

Перед началом работ в условиях производственного риска необходимо выделить опасные для людей зоны, в которых постоянно действуют или могут действовать опасные факторы, связанные или не связанные с характером выполняемых работ.

К зонам постоянно действующих опасных факторов относятся: места вблизи от незаземленных токоведущих частей электроустановок; места вблизи не огражденных перепадов по высоте 1,3 и более.

К зонам потенциально опасных производственных факторов следует относить: участки территории вблизи строящегося сооружения; зоны перемещения машин, оборудования или их частей, рабочих органов.

Места временного или постоянного нахождения работников должны располагаться за пределами опасных зон.

На границах зон постоянно действующих производственных факторов должны быть установлены защитные ограждения, а зон потенциально опасных производственных факторов - сигнальные ограждения и знаки безопасности.

Электробезопасность

Электроустановки и их части должны быть выполнены таким образом, чтобы работники не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Согласно ПУЭ (см.п.1.1.13) в отношении опасности поражения людей электрическим током территория подстанции приравнивается к особо опасным помещениям.

При производстве работ на действующей подстанции необходимо соблюдать требования к защите людей от опасного и вредного воздействия электрического тока в соответствии со следующими нормативными документами:

- Правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок;
- СНиП 12-03-99 «Безопасность труда в строительстве».

Персонал строительных организаций, выполняющий работы в действующих электроустановках относится к командированному персоналу.

Допуск к работе этого персонала производится в соответствии с требованиями глав XLVI и XLVII - Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Строительно-монтажные работы с применением машин в охранной зоне действующей линии электропередачи и на ОРУ подстанции следует производить под непосредственным руководством лица, ответственного за безопасность производства работ, при наличии письменного разрешения организации владельца линии и наряда-допуска, определяющего безопасные условия работ и выдаваемого в соответствии с требованиями п.4.12 СНиП12-03-99 при выполнении требуемых мер безопасности [22].

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и механических средств, обеспечивающих защиту людей от воздействия электрического тока, электрической дуги электромагнитного поля и статического электричества [14].

Электробезопасность должна обеспечиваться:

- конструкцией электроустановок;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям применяются следующие способы и средства:

- защитные оболочки (трубы, лотки, броня кабелей);
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную);
- изоляцию рабочего места;
- защитное отключение;
- предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности
- средства индивидуальной защиты.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы :

- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциала;
- малое напряжение;
- контроль изоляции.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Для защиты обслуживающего персонала от поражений электрическим током выше 1000 В в распоряжении персонала имеются следующие защитные средства:

- а) основные:
- изолирующие штанги;
 - изолирующие и электроизмерительные клещи;
 - указатели напряжения;

– указатели напряжения для фазировки.

б) дополнительные:

– диэлектрические перчатки, боты, коврики;

– изолированные подставки, накладки;

– диэлектрические колпаки;

– переносные заземления;

– оградительные устройства;

К работе в электроустановках допускаются лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе с присвоением соответствующей квалификационной группы по технике безопасности и не имеющие медицинских противопоказаний. Для обеспечения безопасности работ в электроустановках выполняется:

- отключение установки (части установки) от источника питания;

- проверка отсутствия напряжения;

- механическое запираание приводов коммутационных аппаратов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий и другие меры, исключающие возможность ошибочной подачи напряжения к месту работы;

- заземление отключенных токоведущих частей (наложение переносных заземлителей, включение заземляющих ножей);

- ограждение рабочего места или остающихся под напряжением токоведущих частей, к которым в процессе работы можно прикоснуться или приблизиться на недопустимое расстояние.

При проведении работ на токоведущих частях, находящихся под напряжением проводится выполнение работ по наряду не менее чем двумя лицами, с применением электробезопасных средств, с обеспечением безопасного расположения работающих и используемых механизмов и приспособлений.

Мероприятия на ТП инструментального завода:

- ОРУ ограждается забором, аппараты устанавливаются на металлических конструкциях высотой до токоведущих частей 3,2 м, ввод в ЗРУ выполняется на высоте 3,2 м;

- к обслуживанию электрооборудования допускается персонал с группой допуска не ниже IV группы;
- для аварийного слива масла предусмотрен бетонированный маслоприемник;
- в тёмное время суток на ТП предусматривается освещение двумя мачтовыми прожекторами и светильниками, установленными на здании закрытого распределительного устройства (ЗРУ) и на площадке молниеотвода;
- защитное заземление ТП выполняется искусственными заземлителями, соединёнными стальной полосой; сопротивление заземления не более 0,5 Ом ;
- для молниезащиты на ТП устанавливаются три стержневых молниеотвода, обеспечивающие надёжную защиту от прямых ударов молнии и грозозащитные тросы на вводах ВЛ 35 кВ на расстоянии 0,5 км перед ТП, для защиты от перенапряжения оборудование защищено ограничителями перенапряжения нелинейными типа ОПН.;
- освещение запитывается от трансформаторов собственных нужд, предусматривается АВР;
- предусматриваются пожарный щит, ящики с песком, углекислотные огнетушители;
- для исключения ошибочных действий персонала при производстве оперативных переключений в распределительных устройствах подстанции предусмотрена электромагнитная блокировка;
- для работы под напряжением рабочие обеспечиваются средствами защиты (резиновыми перчатками, изолирующими штангами, диэлектрическими ботами, резиновыми ковриками, инструментом с изолирующими рукоятками).

При авариях, связанных с утечкой масла из трансформаторов, для сбора масла под каждым трансформатором устроен маслоприёмник, выступающий за габариты на 1,5 м. Маслоприёмник выполнен на полный объём масла содержащегося в трансформаторе – 13 тонн.

Опасные механические факторы

Источниками опасных механических производственных факторов могут быть:

1. движущиеся машины и механизмы;
2. незащищенные подвижные элементы производственного оборудования;
3. заготовки, острые кромки, заусенцы;
4. подъемное оборудование;
5. падение предметов с высоты;
6. действие сосудов, работающих под давлением;
7. падение на скользящих поверхностях;
8. действие нагрузок при подъеме тяжестей и т.д.
9. ручной инструмент (отвертки, ножи, напильники, зубила, молотки, пилы, рубанки);
10. механический инструмент (дрели, перфораторы, электропилы, слесарный, столярный и монтажные инструменты);
11. подъемно-транспортное оборудование (падение груза с высоты).

Широкое разнообразие видов механического движения и действий, которые могут представлять опасность для рабочих, включая в себя: движение вращающихся деталей, возвратно-поступающих плечей, движущихся ремней, шестерней, режущихся зубьев и частей, которые могут толкнуть, ударить или оказать другое динамическое воздействие.

Защита человека от опасностей механического травмирования

Методы и средства защиты от механического травмирования при работе с технологическим оборудованием и инструментами

Для защиты от механического травмирования применяют следующие способы:

1. недоступность для человека опасных объектов;
2. применение устройств, защищающих человека от опасного объекта;
3. применение СИЗ.

Защитные устройства должны удовлетворять следующим требованиям:

1. предотвращать контакт оборудования с человеком;
2. обеспечивать безопасность;
3. закрывать от падающих предметов;
4. не создавать новых опасностей;

5. не создавать помех.

Наибольшее применение для защиты от механического травмирования машин, механизмов, инструмента применяют ограждающие, предохранительные, тормозящие устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления.

1. Ограждающие устройства предназначены для предотвращения случайного попадания человека в опасную зону. Они применяются для изоляции движущихся частей машин, зон обработки станков, прессов, ударных элементов машин. Ограждающие устройства могут быть стационарными, подвижными и переносными. Они выполняются в виде защитных: кожухов, козырьков, барьеров, экранов, дверц. Их изготавливают из металлов, пластмасс, дерева. Они могут быть как сплошными, так и сетчатыми.

2. Предохранительные (блокирующие) устройства предназначены для автоматического отключения машин и оборудования, при отклонении от нормального режима работы, или попадания человека в опасную зону. Предохранительные устройства могут останавливать оборудование или машины, если рука или другая часть тела непредумышленно попала в опасную зону

8.2 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды на инструментальном заводе должна осуществляться в соответствии с федеральным законом "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 №7-ФЗ, а так же в соответствии с территориальными законами и правилами, иными другими правилами и законами России «Об охране окружающей среды», так же территориальных органов контроля и Комитета по охране окружающей среды.

В период реконструкции схемы энергоснабжения инструментального завода:

- уровень загрязнения атмосферного воздуха от источника предприятия не превысит санитарных нормативов, даже с учетом существующего фона;
- строительство объекта не сопряжено с каким-либо существенным воздействием на геологическую среду и подземные воды, и таким образом, не приведет к отрицательным изменениям данных компонентов ОС;

- строительство проектируемого объекта не окажет негативного воздействия на состояние природных вод;

- строительство объекта не приведет к негативному воздействию на растительный и животный мир прилегающих к участку отвода территорий;

- основным источником шума в период строительства объекта будет являться работа строительной техники. Вклад в общий уровень шума будет крайне незначительным;

- при проведении строительных работ возведение и использование крупных источников загрязняющих веществ, могущих повлиять на ОС и здоровье населения - не планируется;

- основными источниками отходов, образующихся в данный период, будут являться строительные материалы. Преобладающим видом отходов будет – отходы битума, демонтированный песок. Остальные виды представлены только небольшим количеством. Все, образующиеся в результате реконструкции объекта, отходы запланировано временно хранить и утилизировать (по мере накопления) в соответствии с действующими санитарно – экологическими требованиями;

Для исключения влияния на окружающую среду возможных сбросов трансформаторного масла при авариях с маслonaполненным оборудованием на подстанциях завода предусматриваются маслоприемники, аварийные маслостоки и закрытые маслосборники, в которые также могут поступать воды из маслоприемников содержащие следы масла. Вместе с тем необходимо отметить, что по своему устройству и режимам работы ВЛ и подстанций инструментального завода не могут привести к катастрофическим авариям, связанным с массовым поражением людей. Повреждения и аварии на подстанции, как правило, не распространяются за пределы их внешней ограды. Некоторую опасность могут представлять только пожары на подстанциях завода, связанные с авариями трансформаторов большой мощности. На подстанциях твердые отходы являются обрезки кабелей, а также вышедшие из строя оборудование, которое направляется на заводы для переработки, оставшееся отходы вывозятся на полигон твердых отходов

Также для поддержания экологического равновесия в природе, проводятся мероприятия по озеленению территории предприятия близ прилегающих районов.

8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

1. По сфере возникновения (технологические, природные, экологические, социально-политические и т.д.).
2. По ведомственной принадлежности (в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, на транспорте и т.д.).
3. По масштабу возможных последствий (глобальные, региональные, местные).
4. По масштабу и уровням привлекаемых для ликвидации последствий сил, средств и органов управления.
5. По сложности обстановки и тяжести последствий.
6. По характеру лежащих в ее основе явлений и процессов.

Основные потенциальные опасности, которые могут возникнуть на ТП инструментального завода:

1. Результат стихийных бедствий.
2. Воздействие внешних природных факторов, приводящих к старению или коррозии металлов, конструкций, сооружений и снижение их физико-механических показателей.
3. Проектно-производственные дефекты сооружений.
4. воздействие технологических процессов промышленного производства на материалы сооружений (нагрузки, высокие температуры, скорость, вибрация).
5. Нарушение правил эксплуатации сооружений и технических процессов.

6. Нарушение правил техники безопасности при ведении работ и технологических процессов.

7. Ошибки, связанные с системой отбора руководящих кадров, низким уровнем профессиональной подготовки рабочих и их некомпетентностью и безответственностью.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в мирное время в результате производственных аварий, катастроф, стихийных бедствий, сопровождаются разрушением зданий, сооружений, инженерных коммуникаций, промышленных и энергетических объектов, гибелью и поражением людей, оборудования, материальных ценностей. Уменьшить потери, спасти пострадавших, восстановить нормальные условия жизнедеятельности людей, предприятий, учреждений можно только принятием экстренных мер.

Для минимизации вероятности возникновения и последствий ЧС на данном объекте сделано следующее:

- Разработаны технические и организационные мероприятия, уменьшающие вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем (ТП завода снабжены защитными устройствами: средствами электро- и пожарозащиты оборудования, локализации и тушения пожаров).
- Подготовка обслуживающего персонала, служб гражданской обороны к действиям в условиях ЧС (сформированы планы действий при ЧС).

В разных ЧС оборудование и сооружения могут получить различные повреждения, в том числе и полное разрушение. В данной схеме электроснабжения инструментального завода применяются автоматические устройства, способные практически мгновенно отключить повреждённое электрооборудование, сохраняя работоспособность в целом.

Пожарная безопасность

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

Всевозможные лаки, компаунды, масла, битумы, канифоль, сера 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 маслonaполненные аппараты: трансформаторы, кабели с бумажной изоляцией пропитанные маслоканифолевым составом.

В электроснабжении инструментального завода последние не применяются, а используются кабели с полихлорвиниловой изоляцией. В силовых трансформаторах с масляным охлаждением имеется возможность межвиткового К.З, в результате которого в витке возникает настолько большой ток, что изоляция быстро разлагается с выделением горючих газов.

Учитывая пожарную опасность электроустановок, ПУЭ устанавливает ряд специальных требований к электрооборудованию при проектировании и монтаже. Кроме того, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» по пожарной, и взрывопожарной опасностям делятся на различные категории. Поскольку на ТП инструментального завода установлены трансформаторы с масляным охлаждением, то помещение ТП можно отнести к категории „В” - пожароопасные, в которых применяются жидкости с температурой вспышки выше 1⁰С способны только гореть, но не взрываться при контакте к воздухом, водой или друг с другом.

Ответственность за соблюдения необходимого противопожарного режима и современное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителя предприятия и начальников цехов. Руководители предприятия обязаны обеспечить полное своевременное выполнение правил пожарной безопасности и противопожарных требования строительных норм при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов; организовать на предприятии пожарную охрану, добровольную пожарную дружину и пожарно-техническую комиссию и руководить ими.

Причины возникновения пожара и их устранение

К основным причинам относятся:

- электрический характер (короткое замыкание, ненадежность контактной системы, перегрев проводов);
- наличие открытого огня (сварные работы, костры курения, искры от автотранспорта и при работе с необмедненным инструментом);
- удар молнии;
- разряды статического электричества.

Для устранения вышеуказанных причин осуществляют следующие мероприятия:

1. Для предотвращения коротких замыканий проводят: измерения сопротивлений изоляции, при условии $R_{из} > 0,5 \text{ МОм}$; защиту от механических повреждений – прокладка проводов в трубах; используют коммутирующую аппаратуру для быстрого отключения места повреждения.

2. Все сварочные работы производить на сварочном участке или сварочном посту, иначе необходимо получить разрешение для ведения работ в других местах; обязательное выделение мест курения; снабжение автотранспорта искрогасителями, использование омедненного инструмента;

3. Защита всех производственных объектов молниеотводами.

Защита от статических разрядов с помощью заземления.

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.

Поэтому устанавливается в помещении завода с РУ-35 кВ пожарный инвентарь, в который входит:

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

Профилактические мероприятия, предупреждающие возникновение пожаров

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные. Организационные мероприятия предусматривают: правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, организацию добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий, издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности и т. д.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил и норм при проектировании зданий, при обустройстве электропроводки и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

Мероприятия режимного характера - это запрещение курения в не установленных местах, производство огневых работ в пожароопасных помещениях.

Эксплуатационными мероприятиями являются своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования.

В пожарную профилактику при проектировании и строительстве промышленных предприятий и строительстве промышленных предприятий входят такие мероприятия:

- группирования в отдельные комплексы объектов, родственных, по фундаментальному назначению и признаку пожарной опасности с учётом рельефа местности.

- устройство противопожарных резервуаров и преград;

- предусмотрение пути эвакуации людей на случай пожара;

- удаление дыма с помещений при пожаре;
- повышение огнестойкости зданий и сооружений путем облицовки или оштукатуривании металлических конструкции.

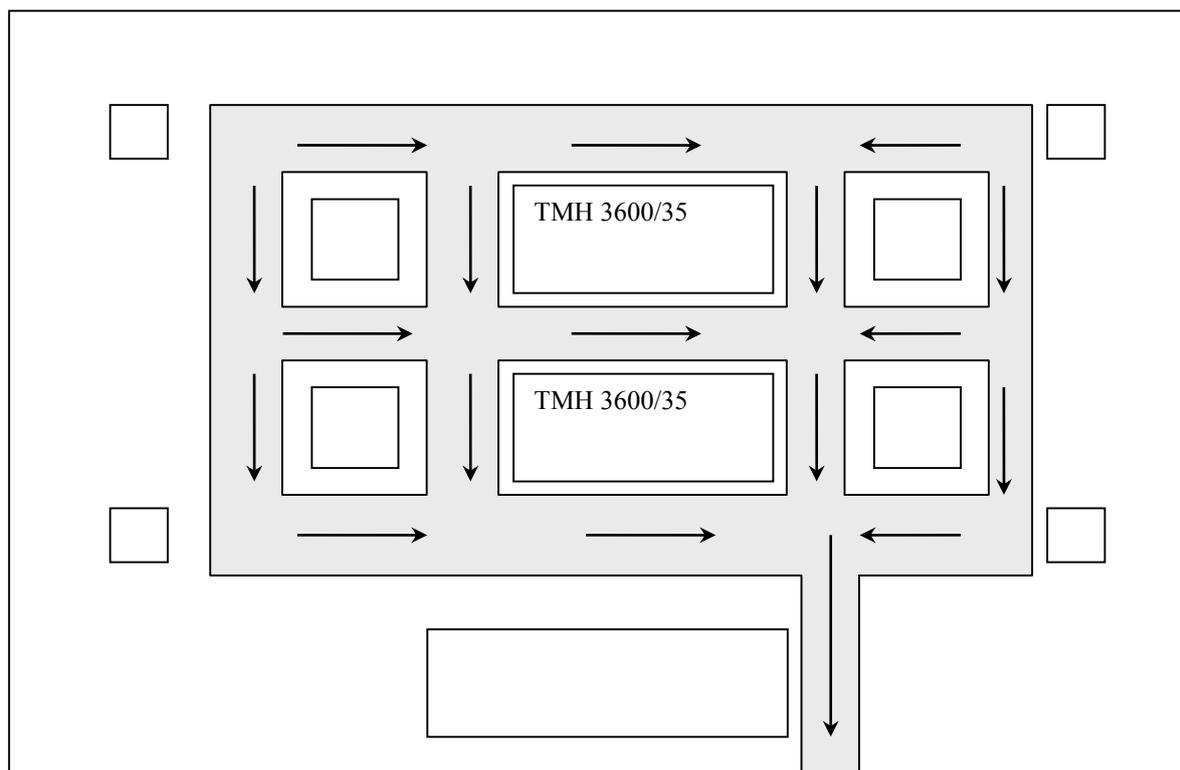


Рисунок 11 - План эвакуации ГПП инструментального завода

8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Рассмотрим требования, которые приводят к обеспечению мер по охране труда, таких как организация рабочего места, требования к аппаратуре и ее безопасности, помещению, микроклимату, освещению.

Рабочее место - это зона рабочей площади, которая отводится инженеру для его трудовой деятельности. Рабочим местом служат: стул, стол, шкаф и т. д. На каждого инженера-разработчика должно приходиться 5.4 - 7.2 м рабочей площади. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с ГОСТ 12.2.023-78 "Рабочее место при выполнении работ сидя".

Помещения, их размеры должны соответствовать количеству работающих и размещенному в них оборудованию и комплексу технических средств

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью дипломного проекта было спроектировать систему электроснабжения предприятия, начиная от внешнего электроснабжения и заканчивая подведением электропитания до отдельно взятого электроприемника. В работе был рассмотрен вопрос, с помощью технико-экономического сопоставления двух вариантов, об оптимальной системе подачи напряжения на ГПП предприятия. Разработаны схемы электроснабжения и распределительных сетей завода. В расчетной части проекта были произведены расчеты электрических нагрузок завода - по коэффициенту спроса; расчет трансформаторов, компенсирующих устройств, трансформаторных подстанций, коммутационной аппаратуры, и т.д. Рассчитаны токи короткого замыкания в сетях выше 1000В.

В разделе безопасности труда описано влияние вредных производственных факторов и методы их устранения, мероприятия по повышению устойчивости объекта в условиях чрезвычайных ситуаций, рассмотрены вопросы электробезопасности и пожаробезопасности, а также производственной санитарии.

В экономической части проекта произведено технико-экономическое обоснование электроснабжения инструментального завода.

| | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|---------------------|----------------|-------------|---------------------------|-----------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | <i>ФЮРА.140205.006 ПЗ</i> | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | ЗАКЛЮЧЕНИЕ | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Разраб.</i> | | <i>Коломойченко</i> | | | | | | |
| <i>Руковод.</i> | | <i>В.И.Готман</i> | | | | | 104 | 107 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | <i>ТПУ ИнЭО, гр. 3-9202</i> | | |
| <i>Н.Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | | | | | | | |

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Т.Н. Барченко, Р.И. Закиров. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. Томск. 1988 .
- 2 М.А. Мельников. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2000.
- 3 А.А. Федоров. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию, в двух томах. Том I. Электроснабжение. Москва. Энергоатомиздат, 1986.
- 4 А.А. Федоров. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию, в двух томах. Том II. Электрооборудование. Москва. Энергоатомиздат, 1987.
- 5 А.П. Кабышев, Н.Н. Обухов. Расчёт и проектирование систем электроснабжения объектов и установок. – М.: Энергоатомиздат, 2006.
- 6 В.П. Шеховцов. Расчет и проектирование схем электроснабжения. М.: Форум-цифра, 2007.
- 7 Ф.Ф. Карпов. Как выбрать сечение проводов и кабелей. Изд. 3-е, перераб. Москва, Энергия, 1973.
- 8 С.Д. Лизунова, А.К. Лоханина. Силовые трансформаторы. Справочная книга. Москва, Энергоиздат, 2004.
- 9 А.А. Гаврилин, С.Г. Обухов. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебно-методическое пособие. Томск. 1999.
- 10 Н.П. Постников, Г.М. Рубашов. Электроснабжение промышленных предприятий. Ленинград. 1998 .
- 11 Правила Устройства Электроустановок (ПУЭ). (ШЕСТОЕ ИЗДАНИЕ, переработанное и дополненное, с изменениями), 2002 г.

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------|-----------------|----------------|-------------|---------------------------|--|--|-----------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | <i>ФЮРА.140205.006 ПЗ</i> | | | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | ЛИТЕРАТУРА | | | | | |
| <i>Разраб.</i> | <i>Коломойченко</i> | | | | | | | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Руковод.</i> | <i>В.И.Готман</i> | | | | | | | | 105 | 107 |
| <i>Рееценз.</i> | | | | | | | | <i>ТПУ ИнЭО, гр. 3-9202</i> | | |
| <i>Н.Контр.</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Утвердил</i> | | | | | | | | | | |

- 12 Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды. Учебник / С.В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М: Издательство Юрайт, 2011. – 680 с.
- 13 Правила устройства электроустановок ПУЭ. – 7-е изд. – М.: НЦ ЭНАС, 1999. – 640 с.
- 14 Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов. /Под ред. Б. А. Князевского. 3-е изд., М.: Энергоатомиздат, 1983, 336 с.
- 15 Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов/С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В.Белова. -М.: Высш. шк., 1999. - 448 с.
- 16 Безопасность жизнедеятельности / Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: ЛТА, 1996.- 231 с.
- 17 СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»
Актуализированная редакция СНиП 23-05-95, -35 с.
- 18 ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- 19 ГОСТ 12.0.002-80. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.
- 20 ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.
- 21 ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 22 СНиП12-03-99 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования»
- 23 НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
- 24 1 Справочная книга энергетика. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
- 25 СН 2.2.4/2.1.8.566-96 “Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий”
- 26 ГОСТ 12.2.023-78 "Рабочее место при выполнении работ сидя".

27 СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»

28 Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г.М. Кнорринга. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.