

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Электроснабжение завода по производству сухих строительных смесей ООО «ВЕС»

Студент(ка)	В.О. Медведь	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	С.В. Шлыков	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	_____	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	_____	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина _____

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Аннотация

В бакалаврской работе представлено электроснабжение завода по производству сухих строительных смесей ООО «ВЕС». Все расчёты и выбор оборудования выполнен согласно нормам и государственным стандартам (ПУЭ, НТП и т.д.). В бакалаврской работе представлена краткая характеристика объекта, произведен расчёт и выбор типа, количества и мощности трансформаторов, расчёт токов КЗ, а так же произведен выбор электрических аппаратов.

Выпускная квалификационная работа содержит расчёт электрического освещения, заземления и молниезащиты здания.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объёмом 66 страниц, графической части на 6 листах формата А1, также содержит 17 таблиц и 4 рисунков.

Содержание

Введение.....	5
1 Характеристика объекта проектирования.....	7
2 Расчет нагрузок предприятия.....	12
2.1 Расчет силовой части.....	12
2.2 Расчет нагрузок освещения.....	16
3. Выбор трансформаторов ТП.....	23
4. Расчет токов короткого замыкания.....	31
5. Выбор основного оборудования 10 кВ.....	40
6 Выбор основного оборудования 0,4 кВ.....	47
7 Расчет контура заземления.....	53
8. Расчет грозозащиты.....	60
Заключение.....	62
Список использованных источников.....	63

Введение

Электроснабжение обеспечивает электроэнергией области всех отраслей хозяйства: производство, сельское хозяйство, транспорт, городское хозяйство и т.д. В систему электроснабжения включают источники питания, повышающие и понижающие подстанции, питающие распределительные электрические сети, различные вспомогательные устройства и сооружения. Системы электроснабжения являются одним из важнейших компонентов систем жизнеобеспечения.

Промышленные предприятия являются самыми масштабными потребителями электроэнергии, их расход составляет до 67% всей вырабатываемой в нашей стране электроэнергии.

Система электроснабжения промышленного предприятия является подсистемой энергосистемы, обеспечивающей комплексное электроснабжение промышленных, транспортных, коммунальных и сельскохозяйственных потребителей данного района. Энергосистема в свою очередь рассматривается как подсистема ЕЭС страны. Система электроснабжения предприятия является подсистемой технологической системы производства данного предприятия, которая предъявляет определенные требования к электроснабжению.

Требования к надежности электроснабжения в настоящий момент является одним из важных аспектов работы потребителей. От существующего уровня надежности энергоснабжения электроприемников потребителя зависит количество брака на производстве, качество изготавливаемой продукции, количество выпущенной продукции и, как следствие, конкурентоспособность компании в целом.

Надежность электроснабжения — это совокупность системы электроснабжения обеспечивать все электроприемники объекта бесперебойным питанием электроэнергией при заданном напряжении. Надежность питания зависит от выбранной схемы электроснабжения и качества ее работы, степени резервирования отдельных групп электроприемников, а также от надежной

работы отдельных элементов системы электроснабжения (линий, трансформаторов, электрических аппаратов) и качества работы обслуживающего персонала.

Целью бакалаврской работы является электроснабжение завода по производству сухих строительных смесей ООО «Вес» в Ульяновская обл., Новоспасский р-н., р.п. Новоспасское, ул. Заводская д.63.

В задачи бакалаврской работы входит расчёт электрических нагрузок, выбор типа, числа и мощности трансформаторов. Также необходимо произвести расчёт токов короткого замыкания, высоковольтные выключатели, ограничители перенапряжения, трансформаторы тока и трансформаторы напряжения.

Электроснабжение должно отвечать всем нормам безопасности и обеспечивать комфортные условия работы персоналу. Для этого необходимо выделить вредные и опасные производственные факторы, которым может быть подвергнут рабочий персонал завода. Необходимо разработать меры по борьбе с данными факторами, а также произвести расчёт электрического освещения, защитного заземления и молниезащиты подстанции.

1 Краткая характеристика объекта проектирования

Сухие строительные смеси предназначены для производства современных строительных материалов с помощью которых создаются сложные конструкций зданий и сооружений.

Основным направлением предприятия является выпуск сухих смесей. Цех имеет производственные, служебные и бытовые помещения.

Адрес объекта: Ульяновская обл., Новоспасский р-н., р.п. Новоспасское, ул. Заводская д.63. Максимально потребляемая мощность предприятия 720 кВт. Требуемый уровень напряжения 10 кВ, 0,4 кВ. Потребителей относят ко 2 категории надёжности электроснабжения.

Электроснабжение осуществляется от собственной ТП. Здание расположено на расстоянии 1 км, от трансформаторной подстанции. Источником питания предприятия является подстанция «Новоспаская» 35/10 кВ, ВЛ – 10 кВ. Номера ячеек на подстанции (№1, №16) Расстояние от энергосистемы 12 км.

Количество рабочих смен – 2

Размеры здания А х В х Н= 14 х 16 х 37 м. Конструкция здания выполнена из двутавровых железных балок, облицовка и стены из сендвичных панелей. Четырёх этажное здание, высота каждого этажа 4 м.

Перечень оборудования завода представлен в таблице 1. Мощность электропотребления ($P_{насм}$) указана для одного электроприёмника.

Расположение основного оборудования показано на чертеже №3.

Таблица 1 - Перечень электрооборудования завода сухих строительных смесей

Позиция на плане	Кол-во штук	Наименование электрооборудования	($P_{наст}$) кВт	Примечания
B3.0	8	Фильтр рукавный ФК-В-Н-20	0,12	Располагается на крыше силоса. Служит для очистки запыленного воздуха при пневматическом заполнении силоса. Регенерация – вибратор, включение – с пульта оператора.
B4.0	6	Устройство аэрации УА-25-02	0,01	В конической части силоса. Включает клапан с электропневматическим управлением, редуктор, манометр
B5.2 E2-5.2	21 1	Сигнализатор уровня ИЛТСО	0,003	Лопастного типа с эл. приводом. Оснащается удлинительной штангой. Служит для сигнализации при переполнении силоса.
B5.4	3	Сигнализатор уровня ИЛВ/В/0/1/Е/А/3/1/0/003		Вибрационного типа.
D1-1.1 D2-1.1	1 3	Конвейер винтовой КВ325*0,6-77-40-4,65-7,5-0	7,5	Для горизонтальной подачи песка и вяжущих из силоса к весам бункерным.
D2-1.1 J2-1.1	3 1	Конвейер винтовой КВ325*0,6-77-40-2,45-5,5-0	5,5	Для горизонтальной подачи песка и вяжущих из силоса к весам бункерным.
D1-2.0 D2-(2.0-2.1) E2-2.0	1 6 3	Затвор дисковый V2FS300SN		Для прерывания подачи продуктов в весы.
B6.0 E2-5.1	9 1	Затвор шиберный ЗШ-400*400-Р-01		На выпускном отверстии силоса. Оснащен ручным винтовым приводом.
D2-3.0	1	Питатель ячейковый ПЯ-300*300-20-25-01	2,2	Для контролируемой подачи свободно текущего сыпучего материала из расходного бункера в технологическое оборудование (в составе комплекса).
D2-4.0	2	Весы бункерные ВБН-1500-2000-ЗД-300-01	0,1	Весы бункерные предназначены для взвешивания сыпучих материалов.
D2-4.1	2	Пневмомолоток PS063EB3		Предназначен для активации истечения продукта из бункеров и воронок.
D2-5.0 E2-6.0	7 3	Привод пневматический СР101		Для дискового затвора

D2-5.1 E2-6.1	7 3	Микропереключатель MIC23		Для дискового затвора
D2-5.2 E2-6.2	7 3	Пневмораспределитель V5V80		Для дискового затвора
D2-5.3 E2-6.3	9 4	Катушка соленойдная ВОВ024СС		Для дискового затвора и пневмомолотков, 24В постоянный ток
E2-1.0	1	Смеситель «Торнадо КК-1200»	22	Предназначен для интенсивного перемешивания в дискретном режиме сухих порошкообразных компонентов.
E2-1.1	2	Деагломератор «Торнадо Пр/Д-02»	5,5	Для интенсивного разрушения комков (деагломерации) и эффективного распределения в смеси малых добавок.
E2-1.2	1	Пробоотборник «Торнадо Пр/П-02»		Предназначен для отбора проб в процессе работы смесителя. Расположен в торцевой стенке корпуса с противоположной стороны от главного привода.
E2-4.0	1	Воронка добавок «Торнадо Пр/В-150»	0,01	Для загрузки добавок. Оснащена крышкой с датчиком положения и кнопочным постом.
E2-4.1	1	Пневмомолоток «ПМ-40-01»	0,001	Предназначен для побуждения истекания компонентов из воронки добавок.
E2-5.0	1	Бункер «Торнадо Пр/Б-2,5»		Предназначен, для хранения сухих сыпучих материалов.
J2-2.0	1	Сито барабанное СБ-1,0	0,75	Сито предназначено для очистки свободнотекущего сыпучего материала от посторонних включений при подаче материала в технологическое оборудование.
H2-1.0	1	Фильтр тонкой очистки ФР-Г-И-90/В	0,02	Фильтр предназначен для тонкой очистки воздуха (газа) от мелкодисперсной, не являющейся токсичной, пожаро или взрывоопасной пыли в системах аспирации.
H2-1.1	1	Вентилятор ФР-И-105/Пр/В	15	Вентилятор служит для создания разрежения в рукавном фильтре

Процесс производства сухих строительных смесей.

Сухие строительные смеси представляют собой готовые к применению составы, произведенные методом перемешивания в гравитационном смесителе (в данной области чаще всего применяются барабанные, шнековые и вибрационные смесители). Производство сухих строительных смесей состоит из 5 этапов:

- Доставка компонентов в производственный цех
- Подготовка компонентов
- Дозирование компонентов
- Смешивание компонентов
- Фасовка готовой сухой смеси

Компонентами сухих строительных смесей выступают:

- Вяжущее
- Заполнитель
- Модифицирующие добавки

В качестве вяжущего в большинстве случаев применяется цемент. Кроме него можно использовать гипс, известь, а также целый ряд полимерных материалов, активируемых водой. Самым распространенным заполнителем является песок.

Технология изготовления сухих строительных смесей.

Принцип работы оборудования, представленного на графическом чертеже №4; основан на тщательном смешивании компонентов с последующим дозированием, упаковкой и фасовкой готовой продукции.

Первый этап, песок загружается на виброконвейер, после подъема попадает в сушилку барабанную. Сушка песка осуществляется нагреванием при температуре 550.. 600 °С. Охлаждение песка происходит при помощи воздуха их окружающей среды. После печи песок с помощью перегружателя, подается на вибросито, далее через перекидную заслонку попадает в бункер промежуточный, из бункера вертикальный подъемник, загружает его в бункер весовой, Туда же с бункера промежуточного при помощи второго

вертикального подъемника, подается второй компонент - цемент. Известняк поступает на вибросито, когда перегружатель песка отключен, откуда через перекидную заслонку происходит перекачка в промежуточный бункер известняка, откуда вертикальный подъемник, загружает его в бункер весовой.

Загрузка компонентов, определяющих характеристики получаемой смеси, в соответствии с технологией производства осуществляется с рабочей площадки. Отдозированные компоненты поступают в смеситель, где происходит смешивание 2...4 минуты. Затем готовая сухая смесь автоматически подается в бункер приемный, из бункера попадает в дозатор весовой, который производит её подачу в клапанные мешки заданного веса.

Оригинальная система электронного управления обеспечивает точную дозировку исходных компонентов и конечного продукта.

2. Расчет нагрузок предприятия

2.1 Расчет силовой части

Определение ожидаемых нагрузок на элементах рассчитываемой сети – одно из основных частей проекта электроснабжения промышленного предприятия в любой отрасли народного хозяйства, поскольку нагрузки определяют параметры и характеристики элементов сети (сечение проводов, мощность трансформаторов и т. д.). Электрические нагрузки необходимо знать при расчете потерь энергии, отклонений и колебаний напряжения, при выборе защитных, компенсирующих устройств.

1.) Исходя из технологических особенностей и состава электрооборудования цехов, определяем по справочникам коэффициенты использования K_u и мощности $\cos\varphi$ электроприемников цеха.

2.) Для каждого цеха вычисляем средние активные P_c и реактивные Q_c нагрузки:

$$\begin{aligned} P_c &= K_u \cdot P_n, \\ Q_c &= K_u \cdot P_n \cdot \operatorname{tg}\varphi. \end{aligned} \quad (1)$$

3.) Используя значения n_s и K_w , по таблицам находим коэффициент максимума K_m и определяем расчетные активные P_p и реактивные Q_p нагрузки:

$$\begin{aligned} P_p &= K_m \cdot P_c, \\ Q_p &= 1.1Q_c \quad \text{при } n_s \leq 10, \\ Q_p &= Q_c \quad \text{при } n_s > 10. \end{aligned} \quad (2)$$

Рассчитываем суммарную активную мощность каждого электроприемника:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{ном}} \cdot n \quad (3)$$

Фильтр рукавный ФК-В-Н-20:

$$P_{\text{H}\Sigma} = 0,12 \cdot 8 = 0,96 \text{ кВт}$$

Устройство аэрации УА-25-02

$$P_{\text{H}\Sigma} = 0,01 \cdot 6 = 0,06 \text{ кВт}$$

Сигнализатор уровня ИЛТСО:

$$P_{\text{H}\Sigma} = 0,003 \cdot 22 = 0,066 \text{ кВт}$$

Конвейер винтовой КВ325*0,6-77-40-4,65-7,5-0:

$$P_{\text{H}\Sigma} = 7,5 \cdot 4 = 30 \text{ кВт}$$

Конвейер винтовой КВ325*0,6-77-40-2,45-5,5-0

$$P_{\text{H}\Sigma} = 5,5 \cdot 4 = 22 \text{ кВт}$$

Питатель ячейковый ПЯ-300*300-20-25-01

$$P_{\text{H}\Sigma} = 2,2 \cdot 1 = 2,2 \text{ кВт}$$

Весы бункерные ВБН-1500-2000-3Д-300-01

$$P_{\text{H}\Sigma} = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ кВт}$$

Смеситель «Торнадо КК-1200»

$$P_{\text{H}\Sigma} = 22 \cdot 1 = 22 \text{ кВт}$$

Деагломератор «Торнадо Пр/Д-02»

$$P_{\text{H}\Sigma} = 5,5 \cdot 2 = 11 \text{ кВт}$$

Воронка добавок «Торнадо Пр/В-150»

$$P_{\text{H}\Sigma} = 0,01 \cdot 1 = 0,01 \text{ кВт}$$

Пневмомолоток «ПМ-40-01»

$$P_{\text{H}\Sigma} = 0,001 \cdot 1 = 0,001 \text{ кВт}$$

Сито барабанное СБ-1,0

$$P_{\text{H}\Sigma} = 0,75 \cdot 1 = 0,75 \text{ кВт}$$

Фильтр тонкой очистки ФР-Г-И-90/В

$$P_{\text{H}\Sigma} = 0,02 \cdot 1 = 0,02 \text{ кВт}$$

Вентилятор ФР-И-105/Пр/В

$$P_{\text{H}\Sigma} = 15 \cdot 1 = 15 \text{ кВт}$$

Определяем коэффициент силовой сборки:

$$m = \frac{P_{H \max}}{P_{H \min}} \quad (4)$$

$$m = \frac{22}{0,001} = 22000 > 3$$

Определяем среднюю активную и реактивную нагрузку для каждой подгруппы электроприемников:

$$P_{CM} = P_{НОМ} \cdot K_{и} \quad (5)$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \tan \varphi \quad (6)$$

Фильтр рукавный ФК-В-Н-20:

$$P_{CM} = 0,12 \cdot 0,65 = 0,078 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM} = 0,078 \cdot 0,75 = 0,0585 \text{ квар}$$

Устройство аэрации УА-25-02

$$P_{CM} = 0,01 \cdot 0,2 = 0,002 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM} = 0,002 \cdot 1,17 = 0,00234 \text{ квар}$$

Сигнализатор уровня ИТСО:

$$P_{CM} = 0,003 \cdot 0,5 = 0,0015 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM} = 0,0015 \cdot 1,71 = 0,002565 \text{ квар}$$

Конвейер винтовой КВ325*0,6-77-40-4,65-7,5-0:

$$P_{CM} = 7,5 \cdot 0,55 = 4,125 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM} = 4,125 \cdot 0,88 = 5,005 \text{ квар}$$

Конвейер винтовой КВ325*0,6-77-40-2,45-5,5-0

$$P_{CM} = 5,5 \cdot 0,55 = 3,025 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM} = 3,025 \cdot 0,88 = 2,662 \text{ квар}$$

Питатель ячеиковый ПЯ-300*300-20-25-01

$$P_{CM} = 2,2 \cdot 0,55 = 1,21 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM} = 1,21 \cdot 0,88 = 1,0648 \text{ квар}$$

Весы бункерные ВБН-1500-2000-3Д-300-01

$$P_{CM} = 0,1 \cdot 0,12 = 0,012 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM} = 0,012 \cdot 1,73 = 0,02076 \text{ квар}$$

Смеситель «Торнадо КК-1200»

$$P_{см} = 22 \cdot 0,2 = 4,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = 4,4 \cdot 1,17 = 5,148 \text{ квар}$$

Деагломератор «Торнадо Пр/Д-02»

$$P_{см} = 5,5 \cdot 0,7 = 3,85 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = 3,85 \cdot 0,75 = 2,8875 \text{ квар}$$

Воронка добавок «Торнадо Пр/В-150»

$$P_{см} = 0,01 \cdot 0,7 = 0,007 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = 0,007 \cdot 0,75 = 0,00525 \text{ квар}$$

Пневмомолоток «ПМ-40-01»

$$P_{см} = 0,001 \cdot 0,17 = 0,00017 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = 0,00017 \cdot 1,17 = 0,0001989 \text{ квар}$$

Сито барабанное СБ-1,0

$$P_{см} = 0,75 \cdot 0,2 = 0,15 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = 0,15 \cdot 1,17 = 0,1755 \text{ квар}$$

Фильтр тонкой очистки ФР-Г-И-90/В

$$P_{см} = 0,02 \cdot 0,65 = 0,013 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = 0,013 \cdot 0,75 = 0,00975 \text{ квар}$$

Вентилятор ФР-И-105/Пр/В

$$P_{см} = 15 \cdot 0,65 = 9,75 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = 9,75 \cdot 0,85 = 8,2875 \text{ квар}$$

Определение среднего коэффициента использования и среднего $\tan \varphi$:

$$K_{и.ср} = \frac{\Sigma P_{см\Sigma}}{\Sigma P_{н\Sigma}} \quad (7)$$

$$K_{и.ср} = \frac{26,63}{104,477} = 0,25$$

$$\tan \varphi = \frac{P_{см}}{Q_{см}} \quad (8)$$

$$\tan \varphi = \frac{26,63}{25,34} = 1,05$$

Определяем эффективное число электроприемников:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \Sigma P_{\text{н}\Sigma}}{P_{\text{н max}}} \quad (8)$$
$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot 104,477}{55} = 5 \text{ шт}$$

$$K_m = 2,44$$

Определение активных и реактивных нагрузок трехфазных электроприемников:

$$P_p = P_{\text{см}} \cdot K_m \quad (9)$$

$$P_p = 26,63 \cdot 2,44 = 64,9772 \text{ кВт}$$

т.к. $n_{\text{э}} < 10$, то $Q_{\text{см}} = 1,1 \cdot Q_p$

$$Q_p = 1,1 \cdot 25,34 = 27,874 \text{ квар}$$

Расчет нагрузки

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (10)$$

$$S_p = \sqrt{64,9772^2 + 27,874^2} = 70,70 \text{ кВа}$$

Расчетный ток

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (11)$$

$$I_p = \frac{70,7035}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 107,42 \text{ А}$$

2.2 Расчёт электрического освещения

Расчёт электрического освещения завода сухих строительных смесей производится по методу коэффициента использования светового потока. Произведём расчёт помещения 1 этажа, где производится загрузка сырья и выгрузка готовой продукции. Помещение оборудовано лестничными клетками, освещение для которых мы рассчитываем отдельно.

Помещение 1 этажа имеет площадь $87,5 \text{ м}^2$, ширина комнаты 7 м, длина 12,5 метров, высота - 4 м. Лестничная клетка имеет площадь $10,5 \text{ м}^2$, ширина лестницы 3 м, длинна 3,5 метра, высота 4 м.

Расчёт будем производить используя метод светового потока.

Индекс помещения 1 этажа равен:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A + B)} \quad (12)$$

где $S = 87,5$ – площадь освещаемого помещения, m^2 ;

$h = 4$ – расчетная высота подвеса, м;

$A = 7$ – ширина помещения, м;

$B = 12,5$ – длина помещения, м.

$$I = \frac{87,5}{4 \cdot (7 + 12,5)} = 1,12$$

Индекс помещения лестничной клетки равен:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{10,5}{4 \cdot (3 + 3,5)} = 0,41$$

где $S = 10,5$ – площадь освещаемого помещения, m^2 ;

$h = 4$ – расчетная высота подвеса, м;

$A = 3$ – ширина помещения, м;

$B = 3,5$ – длина помещения, м.

Значение коэффициента использования n определяется отношением светового потока, падающего на рабочую расчетную поверхность, к общему количеству всех ламп, исчисляется в долях единицы и зависит от технических данных светильника, размеров помещения, цвета окраски стен и потолка, характеризующих коэффициентами отражения от стен P_c и потолка P_n .

Значения коэффициентов P_c и P_n определили по таблице зависимостей коэффициентов отражения от характера поверхности: $P_c=30\%$, $P_n=50\%$.

Зная индекс помещения I , P_c и P_n , по таблице нашли $n = 0,29$.

Для нахождения количества светильников нашли световой поток, падающий на поверхность

Помещения 1 этажа:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n} \quad (13)$$

где $E=200$ - нормированная минимальная освещенность, (определили по таблице). Переключение режимов работы электрооборудования, снятие показаний приборов и т.д, в соответствии с этой таблицей, помещение можно отнести к разряду средних работ, тогда минимальная освещенность будет $E = 200$ Лк при газоразрядных лампы;

$K= 1,5$ - коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (его значение определили по таблице коэффициентов запаса для различных помещений);

$Z= 1,1$ - отношение средней освещенности к минимальной приняли равным 1,1.

$$F = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 87,5 \cdot 1,1}{0,29} = 99568,97 \text{ Лм}$$

Лестничная клетка:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n} \quad (14)$$

Для освещения выбрали люминесцентные лампы типа ЛБ65, световой поток которых $F_{л} = 4530$ Лк.

Рассчитали необходимое количество для помещения 1 этажа ламп по формуле

$$F = \frac{F}{F_{л}} = \frac{99568,97}{4530} = 22 \text{ шт}$$

Для лестничной клетки

$$F = \frac{F}{F_{л}} = \frac{11948,28}{4530} = 2 \text{ шт}$$

Окончательно к установке принимаем светильники серии ПВЛМ-2х65-102 и ЛСП02-2х65-001, с люминесцентными лампами типа ЛБ - 65. Каждый светильник комплектуется двумя лампами. Для освещения 1 этажа требуется 13 светильников. В каждом светильнике по 2 лампы серии ЛБ - 65. Для освещения основной рабочей площади светильники крепятся на потолке в 3 ряда, по 3 светильника, а так же по одному светильнику над каждым дверным проемом. Над входом в здание и зоной погрузки устанавливаем светодиодные прожекторы марки ИЕК СДОО1-30Д. На каждом этаже лестничного пролета устанавливаем по 2 светильника. Аналогично производим расчет для других помещений, и результат сводим в таблице 3.

Таблица 3 - Освещение внутренних помещений

Наименование	Тип ламп (серия светильников)	Количество светильников, шт.
1 этаж	ЛБ-65 (ПВЛМ-2х65-102)	11
2 этаж	ЛБ-65 (ПВЛМ-2х65-102)	11
3 этаж	ЛБ-65 (ПВЛМ-2х65-102)	9
4 этаж	ЛБ-65 (ПВЛМ-2х65-102)	11
Комната оператора	ЛБ-65 (ЛСП02-2х65-001)	3
Лестничная клетка 1 этажа	ЛБ-65 (ЛСП02-2х65-001)	2
Лестничная клетка 2 этажа	ЛБ-65 (ЛСП02-2х65-001)	2
Лестничная клетка 3 этажа	ЛБ-65 (ЛСП02-2х65-001)	2
Лестничная клетка 4 этажа	ЛБ - 65 (ЛСП02-2х65-001)	2

Определяем расчетные активные и реактивные нагрузки освещения:

$$P_{\text{осв}} = N \cdot n \cdot P_{\text{л}} \quad (15)$$

где $P_{\text{л}}$ – мощность одной лампы, кВт

$$P_{\text{осв}} = 52 \cdot 2 \cdot 0,065 = 6,75 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot \tan \varphi \quad (16)$$

$$Q_{\text{осв}} = 6,75 \cdot 0,63 = 4,25 \text{ квар}$$

Определение суммарных электрических нагрузок по цеху:

Определяем суммарную активную и реактивную мощности:

$$P_{\Sigma} = P_p + P_{\text{осв}} \quad (17)$$

$$P_{\Sigma} = 67,97 + 6,75 = 74,72 \text{ кВт}$$

$$Q_{\Sigma} = Q_p + Q_{\text{осв}} \quad (18)$$

$$Q_{\Sigma} = 28,87 + 4,25 = 33,12 \text{ квар}$$

Определяем полную суммарную нагрузку по цеху:

$$S_p = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} \quad (19)$$

$$S_p = \sqrt{74,12^2 + 33,12^2} = 81,18 \text{ кВа}$$

Определяем суммарный расчетный ток:

$$I_{p\Sigma} = \frac{S_{p\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (20)$$

$$I_{p\Sigma} = \frac{81,18}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 123,48 \text{ А}$$

Таблица 2 – Электрические нагрузки

№ п/п	Наименование ЭП	кол-во, шт	Установленная мощность		m	K _н	cosφ/tgφ	Средняя нагрузка		n _э	K _м	Расчетная нагрузка			I _{max} , А
			P _{н. одн}	P _{н. общ}				P _{см} , кВт	Q _{см} , кВАр			P _{max} , кВт	Q _{max} кВАр	S _{max} кВА	
1	Фильтр рукавный ФК-В-Н-20	8	0,12	0,63		0,65	0,8/0,75	0,078	0,0585						
2	Устройство аэрации УА-25-02	6	0,01	0,6		0,2	0,65/1,17	0,002	0,00234						
3	Сигнализатор уровня ИТСО	22	0,003	0,066		0,35	0,5/1,71	0,0015	0,002565						
5	Конвейер винтовой КВ325*0,6-77-40-4,65-7,5-0	4	7,5	30		0,55	0,75/0,88	4,125	5,005						
6	Конвейер винтовой КВ325*0,6-77-40-2,45-5,5-0	4	5,5	22		0,55	0,75/0,88	3,025	2662						
9	Питатель ячейковый ПЯ-300*300-20-25-01	1	2,2	2,2		0,55	0,75/0,88	1,21	1,0648						
	Весы бункерные ВБН-1500-2000-3Д-300-01	2	0,1	0,2		0,12	0,5/1,73	0,012	0,0276						
	Смеситель «Торнадо КК-1200»	1	22	22		0,2	0,65/1,17	4,4	5,148						
	Деагломератор «Торнадо Пр/Д-02»	2	5,5	11		0,7	0,85/0,75	3,85	2,8875						
	Воронка добавок «Торнадо Пр/В-150»	1	0,01	0,01		0,7	0,85/0,75	0,007	0,00525						
	Пневмомолоток «ПМ-40-01»	1	0,001	0,001		0,17	0,65/1,17	0,00017	0,0001989						

Продолжение таблицы 2

	Сито барабанное СБ-1,0	1	0,75	0,75		0,2	0,65/1,17	0,15	0,1755						
	Фильтр тонкой очистки ФР-Г-И-90/В	1	0,02	0,02		0,65	0,8/0,75	0,013	0,0097 5						
	Вентилятор ФР-И-105/Пр/В	1	15	15		0,65	0,8/0,85	9,75	8,2875						
	Итого по цеху без освещения	55	58,70 4	104,47 7	>3	0,25	0,4/1,05	26,63	25,34	5	2,4 4	64,977	28,87 4	70,70	107,42
	Освещение											6,75	4,25		
	Итого по цеху с учетом освещения											74,72	33,12	81,18	123,48

3 Расчет мощности и числа трансформаторов

3.1 Предварительный расчет мощности и числа трансформаторов

Предварительный выбор трансформаторов осуществляется по суммарной расчетной мощности цеха:

$$P_{p\Sigma} = 74,72 \text{ кВт}$$

Потребители относятся ко II и III категории надежности электроснабжения. Установка одного трансформатора возможна только при наличии резервной линии питания. Исходя из данных условий принимаем два варианта установки цеховых трансформаторов:

1 Вариант: Один трансформатор $K_3 = 0,9$

Определяем мощность трансформатора по формуле :

$$S_H = \frac{P_{p\Sigma}}{K_3 \cdot N_T} \quad (21)$$
$$S_H = \frac{74,72}{0,9 \cdot 1} = 83,2 \text{ кВа.}$$

По расчетным данным выбираем трансформатор ТМ – 100/10/0,4

2 Вариант: Два трансформатора $K_3 = 0,8$

Определяем мощность трансформатора по формуле :

$$S_H = \frac{74,72}{0,8 \cdot 2} = 46,7 \text{ кВа.}$$

По расчетным данным выбираем трансформатор ТМ – 63/10/0,4

Вариант 1:

Рассмотрим вариант с одним трансформатором ТМ – 100/10/0,4

$P_{xx} = 0,36 \text{ кВт}; P_{кз} = 1,97; U_{K=4,5 \%}; I_{xx} = 2,6 \%; S_H = 100 \text{ кВа}; K_3 = 0,9$

Определяем потери в трансформаторе:

$$\Delta P_m = N_T \cdot P_{xx} \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{кз} \quad (21)$$
$$\Delta P_m = 1 \cdot 0,36 \cdot 0,9^2 \cdot 1,97 = 0,58 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_m = N_T \cdot I_{xx} \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{кз} \cdot \frac{S_H}{100} \quad (22)$$

$$\Delta Q_m = 1 \cdot 2,6 \cdot 0,9^2 \cdot 1,97 \cdot \frac{100}{100} = 4,15 \text{ кВар}$$

Определяем расчетные нагрузки с учетом всех потерь:

$$P_p = P_{p\Sigma} + \Delta P_m \quad (23)$$

$$P_p = 74,72 + 0,58 = 75,3 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = Q_{p\Sigma} + \Delta Q_m \quad (24)$$

$$Q_p = 33,12 + 4,15 = 37,27 \text{ кВар.}$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки для предприятия:

$$Q_{\text{мин}} = Q_p \cdot 0,5 \quad (25)$$

$$Q_{\text{мин}} = 37,27 \cdot 0,5 = 18,64 \text{ кВар.}$$

Значения реактивной мощности в часы максимума нагрузки энергосистемы:

$$Q_{\text{э1}}^I = Q_p - 0,7 \cdot Q_{\text{сд}} \quad (26)$$

$$Q_{\text{э1}}^{II} = a \cdot P_p$$

$$a = 0,28; Q_{\text{сд}} = 0;$$

$$Q_{\text{э1}}^I = 18,64 \text{ кВар}$$

$$Q_{\text{э1}}^{II} = 0,28 \cdot 75,3 = 21,1 \text{ кВар.}$$

Из – за сниженного напряжения в часы максимальных нагрузок принимаем меньшее из значений.

$$Q_{\text{э1}} = 21,1 \text{ кВар}$$

Значения реактивной мощности в часы максимума нагрузки энергосистемы:

$$Q_{\text{э2}}^I = Q_{\text{мин}} + Q_K \quad (27)$$

$$Q_{\text{э2}}^{II} = Q_{\text{мин}} - Q_{\text{КД}} = Q_{\text{мин}} - (Q_p - Q_{\text{э1}})$$

$$Q_K = 0$$

$$Q_{\text{э2}}^I = 18,64 \text{ кВар}$$

$$Q_{\text{э2}}^{II} = 18,64 - 37,27 - 21,1 = 2,47$$

Из–за повышенного напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем большее из значений.

$$Q_{\varepsilon 2} = 18,64 \text{ кВар}$$

Определяем суммарную мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{\text{КУмакс}} = 1,1 \cdot Q_p - Q_{\varepsilon 1} \quad (28)$$

$$Q_{\text{КУмин}} = Q_{\text{мин}} - Q_{\varepsilon 2} \quad (29)$$

$$Q_{\text{КУмакс}} = 1,1 \cdot 37,27 - 21,1 = 16,17 \text{ кВар}$$

$$Q_{\text{КУмин}} = 21,1 - 21,1 = 0 \text{ кВар}$$

Все компенсирующие установки должны быть регулируемы.

Реактивная мощность, которых должна быть отдана из сети 10 кВ, в сеть напряжением до 1 кВ и не должна компенсироваться:

$$Q_{\varepsilon \text{Н}} = Q_{\varepsilon 1} - (Q_p - Q_{p\Sigma}) \quad (23)$$

$$Q_{\varepsilon \text{Н}} = 21,1 - 37,27 - 33,12 = 16,95 \text{ кВар}$$

Реактивная мощность, которая должна быть отдана из сети 10 кВ в сеть, напряжением до 1 кВ:

$$Q_T = \frac{N_T \cdot K_3 \cdot S_{HT}^2 - Q_{p\Sigma}^2}{2} \quad (24)$$

$$Q_T = \frac{1 \cdot 0,9 \cdot 100^2 - 37,27^2}{2} = 81,92 \text{ кВар}$$

Мощность КУ устанавливаемых на стороне до 1 кВ:

$$Q_{\text{КУН}} = Q_{p\Sigma} - Q_T \quad (25)$$

$$Q_{\text{КУН}} = 33,12 - 81,92 = -48,8 \text{ кВар}$$

Так как $Q_{\text{КУН}} < 100$ кВар, установка компенсирующих устройств на стороне до 1 кВ не целесообразна.

Мощность компенсирующих устройств, которые могут быть установлены на стороне 10 кВ:

$$Q_{\text{КУВ}} = Q_{\text{макс}} - Q_{\text{КУН}} \quad (26)$$

$$Q_{\text{КУВ}} = 16,17 - (-48,8) = 64,97 \text{ кВар}$$

Так как $Q_{\text{КУВ}} < 800$ кВар, установка компенсирующего устройства на стороне 10 кВ не целесообразна.

Затраты:

Затраты на установку КТП с трансформатором ТМ 100/10/0,4

$$Z_{\text{КТП}} = E \cdot K_{\text{ТП}} \cdot N + C \cdot \Delta P_{\text{T}} \cdot N \quad (27)$$

E – суммарный коэффициент отчисления от капиталовложения в КТП;

$K_{\text{ТП}}$ – стоимость одного трансформатора

$K_{\text{ТП}} = 139,95$ тыс.руб.

$$C \cdot \Delta P_{\text{T}} = C_0 \cdot \Delta P_{\text{xx}} + C \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}} \quad (28)$$

C – удельная стоимость максимально активных нагрузочных потерь;

C_0 – удельная стоимость потерь холостого хода трансформатора;

$$C_0 = \left(\frac{a}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_P \quad (29)$$

$$C = \left(\frac{a}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau \quad (30)$$

a – основная ставка двухставочного тарифа

$a = 36$ руб кВт;

β – дополнительная плата за один кВт в час потребляемой электроэнергии;

$\beta = 0,9$ руб кВт;

T_P – время работы трансформатора в году

$T_P = 8760$ ч;

T_M – время использования максимальной нагрузки предприятием в год

$T_M = 4500$ ч;

τ – время максимальных потерь

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{1000} \right)^2 \cdot T_P;$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{4500}{1000} \right)^2 \cdot 8760 = 2,866 \cdot 10^3 \text{ ч};$$

$$C_0 = \frac{36}{4500} + 0,9 \cdot 10^{-2} \cdot 8760 = 148,92 \text{ руб кВт год};$$

$$C = \frac{36}{4500} + 0,9 \cdot 10^{-2} \cdot 2,866 \cdot 10^3 = 49,066 \text{ руб кВт год};$$

$$C \cdot \Delta P_{\text{T}} = 148,92 \cdot 0,58 + 49,066 \cdot 0,9^2 \cdot 3,7 = 206,61 \text{ тыс.руб.}$$

$$Z_{\text{КТП}} = 0,223 \cdot 139,95 \cdot 1 + 0,206 \cdot 1 = 31,42 \text{руб.}$$

Затраты на КУ в данном случае не считаем.

Вариант 2:

Рассмотрим вариант с одним трансформатором ТМ – 63/10/0,4

$P_{xx} = 0,26$ кВт; $P_{кз} = 1,28$; $U_K = 4,5$ %; $I_{xx} = 2,8$ %; $S_H = 63$ кВа; $K_3 = 0,8$

Определяем потери в трансформаторе:

$$\Delta P_m = N_T \cdot P_{xx} \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{кз} \quad (31)$$

$$\Delta P_m = 2 \cdot 0,26 \cdot 0,8^2 \cdot 1,28 = 0,43 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = N_T \cdot I_{xx} \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{кз} \cdot \frac{S_H}{100} \quad (32)$$

$$\Delta Q_m = 2 \cdot 2,8 \cdot 0,8^2 \cdot 1,28 \cdot \frac{63}{100} = 2,9 \text{ кВар}$$

Определяем расчетные нагрузки с учетом всех потерь:

$$P_p = P_{p\Sigma} + \Delta P_T \quad (33)$$

$$P_p = 74,72 + 0,43 = 75,15 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = Q_{p\Sigma} + \Delta Q_T \quad (34)$$

$$Q_p = 33,12 + 2,9 = 36,02 \text{ кВар.}$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки для предприятия:

$$Q_{\text{мин}} = Q_p \cdot 0,5 \quad (35)$$

$$Q_{\text{мин}} = 36,02 \cdot 0,5 = 18,01 \text{ кВар.}$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы:

$$Q_{\text{э1}}^I = Q_p - 0,7 \cdot Q_{\text{сд}} \quad (36)$$

$$Q_{\text{э1}}^{II} = a \cdot P_p \quad (37)$$

$$a = 0,28; Q_{\text{сд}} = 0;$$

$$Q_{\text{э1}}^I = 36,02 \text{ кВар}$$

$$Q_{\text{э1}}^{II} = 0,28 \cdot 75,15 = 21,1 \text{ кВар.}$$

Из – за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок принимаем меньшее из значений.

$$Q_{\varepsilon 1} = 21,1 \text{ кВар}$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$Q_{\varepsilon 2}^I = Q_{\text{мин}} + Q_K \quad (38)$$

$$Q_{\varepsilon 2}^{II} = Q_{\text{мин}} - Q_{\text{КД}} = Q_{\text{мин}} - (Q_p - Q_{\varepsilon 1})$$

$$Q_K = 0$$

$$Q_{\varepsilon 2}^I = 13,01 \text{ кВар}$$

$$Q_{\varepsilon 2}^{II} = 13,01 - 36,02 - 21,1 = -1,91$$

Из-за повышенного напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем большее из значений.

$$Q_{\varepsilon 2} = 13,01 \text{ кВар}$$

Определяем суммарную мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{\text{КУмакс}} = 1,1 \cdot Q_p - Q_{\varepsilon 1} \quad (38)$$

$$Q_{\text{КУмин}} = Q_{\text{мин}} - Q_{\varepsilon 2} \quad (39)$$

$$Q_{\text{КУмакс}} = 1,1 \cdot 36,02 - 21,1 = 16,42 \text{ кВар}$$

$$Q_{\text{КУмин}} = 21,1 - 21,1 = 0 \text{ кВар}$$

Все КУ должны быть регулируемы.

Реактивная мощность, которая должна быть передана из сети 10 кВ в сеть, напряжением до 1 кВ и не должна компенсироваться:

$$Q_{\text{ЭН}} = Q_{\varepsilon 1} - (Q_p - Q_{\text{р}\Sigma}) \quad (40)$$

$$Q_{\text{ЭН}} = 21,1 - 36,02 - 33,12 = 18,2 \text{ кВар}$$

Реактивная мощность, которая должна быть передана из сети 10 кВ в сеть, напряжением до 1 кВ:

$$Q_T = \sqrt{N_T \cdot K_3 \cdot S_{HT}^2 - Q_{\text{р}\Sigma}^2} \quad (41)$$

$$Q_T = \sqrt{2 \cdot 0,8 \cdot 63^2 - 33,12^2} = 95,21 \text{ кВар}$$

Мощность КУ устанавливаемых на стороне до 1 кВ:

$$Q_{\text{КУН}} = Q_{\text{р}\Sigma} - Q_T \quad (42)$$

$$Q_{\text{КУН}} = 33,12 - 95,21 = -62,09 \text{ кВар}$$

Так как $Q_{\text{КУН}} < 100 \text{ кВар}$, установка компенсирующих устройств на стороне до 1 кВ не целесообразна.

Мощность КУ, которые могут быть установлены на стороне 10 кВ:

$$Q_{\text{КУВ}} = Q_{\text{макс}} - Q_{\text{КУН}} \quad (43)$$

$$Q_{\text{КУВ}} = 16,42 - (-62,09) = 78,51 \text{ кВар}$$

Так как $Q_{\text{КУВ}} < 800 \text{ кВар}$, установка компенсирующего устройства на стороне 10 кВ не целесообразна.

Затраты:

Затраты на установку КТП с трансформатором ТМ 63/10/0,4

$$Z_{\text{КТП}} = E \cdot K_{\text{ТП}} \cdot N + C \cdot \Delta P_{\text{T}} \cdot N \quad (44)$$

E – суммарный коэффициент отчисления от капиталовложения в КТП;

$K_{\text{ТП}}$ – стоимость одного трансформатора

$K_{\text{ТП}} = 110,26 \text{ тыс.руб.}$

$$C \cdot \Delta P_{\text{T}} = C_0 \cdot \Delta P_{\text{xx}} + C \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}} \quad (45)$$

C – удельная стоимость максимально активных нагрузочных потерь;

C_0 – удельная стоимость потерь холостого хода трансформатора;

$$C_0 = \left(\frac{a}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_P \quad (46)$$

$$C = \left(\frac{a}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau \quad (47)$$

a – основная ставка двухставочного тарифа

$a = 36 \text{ руб кВт};$

β – дополнительная плата за один кВт в час потребляемой электроэнергии;

$\beta = 0,9 \text{ руб кВт};$

T_P – время работы трансформатора в году

$T_P = 8760 \text{ ч};$

T_M – время использования максимальной нагрузки предприятием в год

$$T_M = 4500 \text{ ч};$$

τ – время максимальных потерь

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{1000} \right)^2 \cdot T_P;$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{4500}{1000} \right)^2 \cdot 8760 = 2,866 \cdot 10^3 \text{ ч};$$

$$C_0 = \frac{36}{4500} + 0,9 \cdot 10^{-2} \cdot 8760 = 148,92 \text{ руб кВТ год};$$

$$C = \frac{36}{4500} + 0,9 \cdot 10^{-2} \cdot 2,866 \cdot 10^3 = 49,066 \text{ руб кВТ год};$$

$$C \cdot \Delta P_T = 148,92 \cdot 0,56 \cdot + 49,066 \cdot 0,8^2 \cdot 3,3 = 185,6 \text{ тыс.руб.}$$

$$Z_{\text{КТП}} = 0,223 \cdot 110,26 \cdot 2 + 0,185 \cdot 2 = 49,6 \text{ тыс.руб.}$$

Затраты на КУ в данном случае не считаем.

По приведенным общим затратам выбираем Вариант 2 с двумя трансформаторами ТМ – 63/10/0,4. Принимаем двухтрансформаторную КТП с трансформаторами типа ТМ – 63/10/0,4, так как потребители относятся ко 2 и 3 группе. Компенсация реактивной мощности не осуществляется.

4 Расчёт токов короткого замыкания

В электроустановках при эксплуатации возникают различные виды короткого замыкания, сопровождающиеся резким скачком тока. Поэтому оборудование, устанавливаемое в СЭС должно быть устойчиво к токам короткого замыкания, и выбираться с учетом расчетных величин этих токов.

Основными причинами возникновения КЗ могут быть: при дефекте изоляции от частых электрических установок, не правильное действие персонала, перекрытия токоведущих частей установок.

Короткие замыкания могут сопровождаться прекращением питания потребителей, присоединенных к точке, где пошло КЗ, нарушением нормальной работы других потребителей, нарушением нормальной работы энергосистемы.

Для предотвращения КЗ и уменьшения его последствий необходимо:

Устранить причины вызывающие КЗ, применять современные выключатели, АРН для быстрого восстановления напряжения генераторов, правильно произвести расчет величины токов КЗ и по ним выбрать необходимое оборудование, защиту и сортировать средства для ограничения токов КЗ.

В современных установках ударные токи КЗ достигают очень больших величин. Возникающие при этом механические усилия между отдельными токоведущими частями машин способны вызывать большие повреждения.

Для устойчивой работы электроустановки все ее элементы должны обладать достаточной динамикой, устойчивостью против механических усилий при возникновении ударного тока

Расчеты выполняются в соответствии с методикой, рекомендованной ГОСТом 28249 – 93 на расчеты токов КЗ в сетях до 1 кВ. КЗ рассчитываются в трех точках согласно схеме, изображенной на рис. 4.

К1 – непосредственно в РУ 0,4 кВ;

К2 – на вводных контактах ШМА1

КЗ – расчёт для самого мощного и самого близкого к ТП электроприёмника.

1. Составляется схема замещения (Рисунок 1) и нумеруются точки КЗ в соответствии с расчетной схемой.

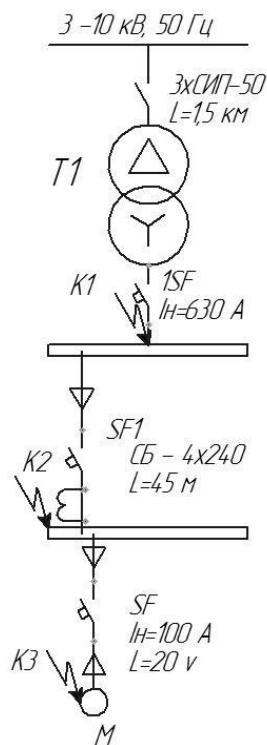


Рисунок 1 – Схема ЭСН расчетная

2. Вычисляются сопротивления элементов и наносятся на схему замещения (рисунок 2).

- Для системы

$$I_c = \frac{S_T}{3 \cdot V_c} \quad (48)$$

$$I_c = \frac{63}{1,73 \cdot 10} = 3,64 \text{ A}$$

По наружная ВЛ 3 х СИП – 50;

$$X'_c = x_0 L_c \quad (49)$$

где $x_0 = 0,641 \text{ Ом/км}$

$$X'_c = 0,641 \cdot 1,5 = 0,96 \text{ Ом}$$

$$r_0 = \frac{10^3}{\gamma S} \quad (50)$$

$$r_0 = \frac{10^3}{30 \cdot 50} = 0,66 \text{ Ом/км}$$

$$R'_c = r_0 L_c$$

$$R'_c = 0,66 \cdot 1,5 = 0,99 \text{ Ом}$$
(51)

Сопротивления приводятся к НН:

$$R_c = R'_c \frac{V_{HH}^2}{V_{BH}^2}$$
(52)

$$R_c = 0,99 \cdot \frac{0,4^2}{10^2} = 1,6 \text{ мОм}$$

$$X_c = X'_c \frac{V_{HH}^2}{V_{BH}^2}$$
(53)

$$X_c = 0,96 \cdot \frac{0,4^2}{10^2} = 1,53 \text{ мОм}$$

- Для трансформатора по справочнику:

$$R_T = 52 \text{ Ом},$$

$$X_T = 102 \text{ мОм},$$

$$Z_T^{(1)} = 1237 \text{ мОм}.$$

- Для автоматов по справочнику:

$$1SF R_{1SF} = 0,1 \text{ мОм}, \quad R_{п1SF} = 1,3 \text{ мОм};$$

$$SF1 R_{SF1} = 0,12 \text{ мОм}, \quad x_{SF1} = 0,13 \text{ мОм}, \quad R_{пSF1} = 0,25 \text{ мОм};$$

$$SF R_{SF} = 1,3 \text{ мОм}, \quad x_{SF} = 1,2 \text{ мОм}, \quad R_{пSF} = 0,9 \text{ мОм};$$

- Для кабельных линий по справочнику:

$$\text{КЛ1: } r'_0 = 0,33, \quad x_0 = 0,07 \text{ мОм/м}.$$

Так как в схеме 3 параллельных кабеля, то

$$r_0 = \frac{1}{3} r'_0$$

$$r_0 = \frac{1}{3} \cdot 0,33 = 0,11 \text{ мОм/м};$$

$$\text{КЛ1: } r'_0 = 0,11; \quad x_0 = 0,07 \text{ мОм/м}.$$

$$R_{KЛ1} = r_0 L_{KЛ1} = 0,11 \cdot 45 = 4,95 \text{ мОм};$$

$$X_{KЛ1} = x_0 L_{KЛ1} = 0,07 \cdot 45 = 0,0315 \text{ мОм}.$$

$$\text{КЛ2: } r'_0 = 0,63; \quad x_0 = 0,09 \text{ мОм/м}.$$

$$R_{KЛ2} = r_0 L_{KЛ2} = 0,63 \cdot 20 = 12,6 \text{ мОм};$$

$$X_{KЛ2} = x_0 L_{KЛ2} = 0,09 \cdot 20 = 1,8 \text{ мОм}.$$

- Для шинопровода ШРА 630 по справочнику

$$R_{Ш} = r_0 L_{ш} = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ мОм};$$

$$X_{Ш} = x_0 L_{ш} = 0,13 \cdot 2 = 0,26 \text{ мОм}.$$

- Для степеней распределения по справочнику:

$$R_{c1} = 15 \text{ мОм}; \quad R_{c2} = 20 \text{ мОм}.$$

- Для трансформаторов тока из справочника:

$$x_{ТТ} = 0,5 \text{ мОм};$$

$$r_{ТТ} = 0,2 \text{ мОм};$$

$$R_{ТТ} = 0,2 \cdot 3 = 0,6 \text{ мОм}; \quad X_{ТТ} = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ мОм}.$$

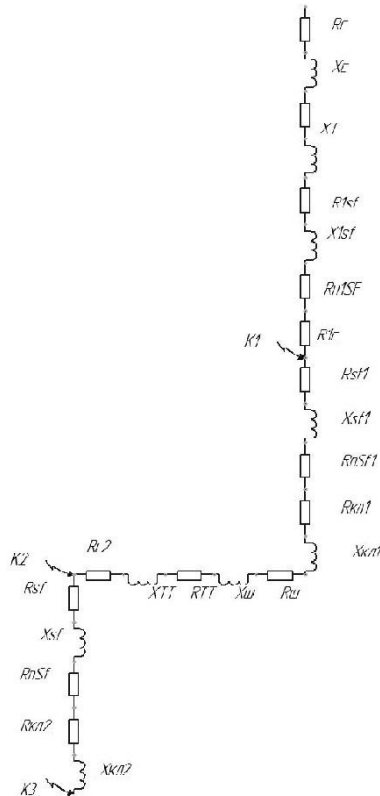


Рисунок 2 – Схема замещения

3. Схема замещения упрощается, вычисляются эквивалентные сопротивления на участках между точками КЗ и наносятся на схему (Рисунок 3):

$$R_{\varepsilon 1} = R_c + R_T + R_{1SF} + R_{n1SF} + R_{c1} = 1,6 + 52 + 0,1 + 1,3 + 15 = 70 \text{ мОм};$$

$$X_{\varepsilon 1} = X_c + X_T + X_{1SF} = 1,53 + 102 + 0,1 = 103,63 \text{ мОм};$$

$$R_{\varepsilon 2} = R_{SF1} + R_{n1SF} + R_{КЛ1} + R_{ш} + R_{c2} + R_{тт};$$

$$R_{\varepsilon 2} = 0,12 + 0,25 + 4,95 + 0,2 + 20 + 0,6 = 26,12 \text{ мОм};$$

$$X_{\varepsilon 2} = X_{SF1} + X_{КЛ1} + X_{ш} + X_{тт} = 0,13 + 0,0315 + 0,25 + 1,5 = 1,91 \text{ мОм};$$

$$R_{\varepsilon 3} = R_{SF1} + R_{nSF} + R_{КЛ1} = 1,3 + 0,75 + 12,6 = 14,8 \text{ мОм};$$

$$X_{\varepsilon 2} = X_{SF} + X_{КЛ2} = 1,3 + 1,8 = 3,1 \text{ мОм}.$$

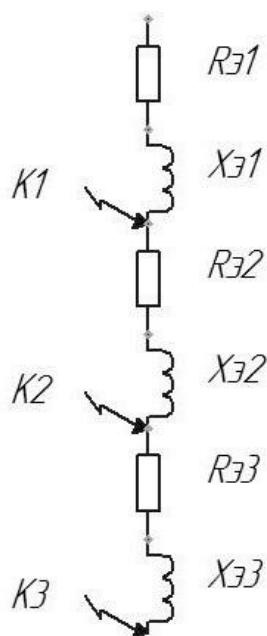


Рисунок 3 Схема замещения упрощенная

4. Вычисляются сопротивления до каждой точки КЗ и заносятся в таблицу 3:

$$R_{к1} = R_{\varepsilon 1} = 70 \text{ мОм};$$

$$X_{к1} = X_{\varepsilon 1} = 103,63 \text{ мОм};$$

$$Z_{к1} = \sqrt{R_{к1}^2 + X_{к1}^2} \quad (54)$$

$$Z_{к1} = \sqrt{70^2 + 103,63^2} = 125,05 \text{ мОм};$$

$$R_{к2} = R_{\varepsilon 1} + R_{\varepsilon 2} \quad (55)$$

$$R_{\kappa 2} = 70 + 26,12 = 96,12 \text{ мОм}$$

$$X_{\kappa 2} = X_{\vartheta 1} + X_{\vartheta 2} \quad 56$$

$$X_{\kappa 2} = 103,63 + 1,91 = 105,54 \text{ мОм};$$

$$Z_{\kappa 2} = \sqrt{R_{\kappa 2}^2 + X_{\kappa 2}^2} \quad (57)$$

$$Z_{\kappa 2} = \sqrt{96,2^2 + 105,54^2} = 142,8 \text{ мОм}$$

$$R_{\kappa 3} = R_{\kappa 2} + R_{\vartheta 3} \quad (58)$$

$$R_{\kappa 3} = 96,2 + 14,8 = 111 \text{ мОм}$$

$$X_{\kappa 3} = X_{\kappa 2} + X_{\vartheta 3} \quad (59)$$

$$R_{\kappa 3} = 96,2 + 14,8 = 111 \text{ мОм};$$

$$Z_{\kappa 3} = \sqrt{R_{\kappa 3}^2 + X_{\kappa 3}^2} \quad (60)$$

$$Z_{\kappa 3} = \sqrt{111^2 + 108,64^2} = 155,34 \text{ мОм};$$

$$\frac{R_{\kappa 1}}{X_{\kappa 1}} = \frac{70}{103,63} = 0,67;$$

$$\frac{R_{\kappa 2}}{X_{\kappa 2}} = \frac{96,12}{105,54} = 0,91;$$

$$\frac{R_{\kappa 3}}{X_{\kappa 3}} = \frac{111}{108,64} = 1,02.$$

5. Определяются коэффициенты K_y и q :

$$q_n = \frac{1}{1 + 2 K_{y1} - 1}^2 \quad (61)$$

$$K_{y1} = F \frac{R_{\kappa 1}}{X_{\kappa 1}} = F 0,67 = 1,0$$

$$K_{y2} = F \frac{R_{\kappa 2}}{X_{\kappa 2}} = F 0,91 = 1,0$$

$$K_{y3} = F \frac{R_{\kappa 3}}{X_{\kappa 3}} = F 1,02 = 1,0$$

$$q_1 = \frac{1}{1 + 2(1,0 - 1)^2} = 1$$

$$q_1 = q_2 = q_3$$

6. Определяются 3 – фазные и 2 – фазные токи КЗ и заносятся в таблицу

3:

$$I_{кн}^3 = \frac{V_{к1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{к1}} \quad (62)$$

$$I_{к1}^3 = \frac{0,4 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 125,05} = 1,84 \text{ кА};$$

$$I_{к2}^{(3)} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 142,8} = 1,54 \text{ кА};$$

$$I_{к3}^{(3)} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 155,34} = 1,41 \text{ к.}$$

$$I_{38К} = q_1 \cdot I_{к1}^3 \quad (63)$$

$$I_{ук1} = 1 \cdot 1,84 = 1,84 \text{ кА};$$

$$I_{ук2} = 1 \cdot 1,54 = 1,54 \text{ кА};$$

$$I_{ук3} = 1 \cdot 1,41 = 1,41 \text{ кА};$$

$$i_{38К} = \sqrt{2} K_{y1} I_{к1}^3 \quad (64)$$

$$i_{ук1} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 1,84 = 2,6 \text{ кА};$$

$$i_{ук2} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 1,54 = 2,17 \text{ кА};$$

$$i_{ук3} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 1,41 = 1,98 \text{ кА};$$

$$I_{кн}^2 = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{к1}^3 \quad (65)$$

$$I_{к1}^2 = 0,87 \cdot 1,84 = 1,6 \text{ кА};$$

$$I_{к1}^{(2)} = 0,87 \cdot 1,54 = 1,33;$$

$$I_{к1}^{(2)} = 0,87 \cdot 1,41 = 1,22.$$

Таблица 3: Сводная ведомость токов КЗ

Точка КЗ	$R_k, \text{МОм}$	$X_k, \text{МОм}$	$Z_k, \text{МОм}$	R_{k2} / X_{k2}	K_y	q	$I_k^{(3)}$ кА	$i_{ук1}$ кА	$I_k^{(2)}$ кА	Z_n	$I_{k1}^{(1)}$ кА
К1	70	103,63	105,05	0,67	1,0	1	1,84	2,6	1,6	15	0,53
К2	96,12	105,54	142,8	0,91	1,0	1	1,54	2,17	1,33	45,8	0,48
К3	111	108,64	155,34	1,02	1,0	1	1,41	1,98	1,22	72,5	0,45

7. Для расчета токов 1 – фазных КЗ, составляется схема, и определяются сопротивления.

Для кабельных линий:

$$X_{\text{плк1}} = x_{0\text{п}} L_{\text{кл1}} = 0,15 \cdot 45 = 6,75 \text{ МОм};$$

$$R_{\text{плк1}} = 2r_0 L_{\text{кл1}} = 2 \cdot 0,11 \cdot 45 = 9,9 \text{ МОм};$$

$$R_{\text{пш}} = r_{0\text{пш}} L_{\text{ш}} = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ МОм};$$

$$X_{\text{пш}} = x_{0\text{пш}} L_{\text{ш}} = 0,26 \cdot 2 = 0,52 \text{ МОм};$$

$$R_{\text{плк2}} = 2r_0 L_{\text{кл2}} = 2 \cdot 0,63 \cdot 20 = 25,2 \text{ МОм};$$

$$X_{\text{плк2}} = x_{0\text{п}} L_{\text{кл2}} = 0,07 \cdot 20 = 1,4 \text{ МОм};$$

$$Z_{\text{п1}} = 15 \text{ МОм};$$

$$R_{\text{п2}} = R_{\text{с1}} + R_{\text{плк1}} + R_{\text{пш}} \quad (66)$$

$$R_{\text{п2}} = 15 + 9,9 + 0,4 + 20 = 45,3 \text{ МОм};$$

$$X_{\text{п2}} = X_{\text{нкл1}} + X_{\text{пш}} \quad (67)$$

$$X_{\text{п2}} = 6,75 + 0,52 = 7,3 \text{ МОм};$$

$$Z_{\text{п2}} = \sqrt{R_{\text{п2}}^2 + X_{\text{п2}}^2} \quad (68)$$

$$Z_{\text{п2}} = \sqrt{45,3^2 + 7,3^2} = 45,88 \text{ МОм};$$

$$R_{\text{п3}} = R_{\text{п2}} + R_{\text{плк2}} \quad (69)$$

$$R_{\text{п3}} = 45,88 + 25,2 = 71,08 \text{ МОм};$$

$$X_{n3} = X_{n2} + X_{nlk2} \quad (70)$$

$$X_{n3} = 7,3 + 3 = 10,3 \text{ мОМ}$$

$$Z_{n3} = \sqrt{R_{n3}^2 + X_{n3}^2} \quad (71)$$

$$Z_{n3} = \sqrt{71,8^2 + 10,3^2} = 72,53 \text{ мОМ};$$

$$I_{kn}^{(1)} = \frac{V_{кф}}{Z_{n2} + \frac{Z_m^{(1)}}{3}} \quad (72)$$

$$I_{к1}^{(1)} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{15 + \frac{1237}{3}} = 0,53 \text{ кА};$$

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{0,22 \cdot 10^3}{45,88 + \frac{1237}{3}} = 0,48 \text{ кА};$$

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{0,22 \cdot 10^3}{72,53 + \frac{1237}{3}} = 0,45 \text{ кА}.$$

Результаты расчетов 1 – фазных токов КЗ заносим в сводную ведомость
таблица 3.

5 Выбор основного оборудования 10 кВ

Все электрооборудование должно выбираться таким образом, чтобы не оказывать вредного влияния на другое оборудование и питающую сеть в нормальных рабочих условиях, включая коммутацию. При этом необходимо учитывать следующее:

- коэффициент мощности;
- характеристику оборудования;
- напряжение;
- ток;
- рабочую частоту;
- мощность;
- условия монтажа.

5.1 Выбор разъединителей

Рабочий ток:

$$I_{\text{раб}} = \frac{K_{\text{пвр}} \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (73)$$

$$I_{\text{раб}} = \frac{1,4 \cdot 63}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,1 \text{ A}$$

Результаты выбора сведены в таблице 4.

Таблица 4 – Выбор и проверка разъединителей

Параметр	Условие	Расчётные данные	Паспортные данные
По напряжению	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$, кВ	10	10
По ном. длит. току	$I_{\text{раб}} \leq I_{\text{ном}}$, А	5,1	200
По эл-дин. стойк-ти	$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр.с}}$, кА	1,6	20

К установке принимаем разъединитель: РЛДН-1-10/200-У1

5.2 Выбор измерительного трансформатора тока

Выбирается по следующим параметрам

1) номинальному напряжению

$$U_{уст} \leq U_{ном} ; \quad (74)$$

$$U_{уст} = 10 \leq U_{ном} = 10 \text{ (кВ)}.$$

2) номинальному длительному рабочему току:

$$I_p \leq I_{ном}; \quad (75)$$

$$I_{раб} = \frac{K_{нсп} \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1,4 \cdot 63}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,1 \text{ А} \quad (76)$$

$$I = 5,1 \text{ А} \leq I_{ном} = 200 \text{ А}.$$

Результаты выбора сведены в таблице 5.

Таблица 5 – Выбор и проверка трансформатора тока

Параметр	Условие	Расчётные данные	Паспортные данные
По напряжению	$U_{уст} \leq U_{ном}, \text{ кВ}$	10	6
По ном. току	$I_{ном} \leq I_{ном}, \text{ А}$	5,1	200
По эл-дин. стойк-ти	$i_y \leq i_{пр.с}, \text{ кА}$	1,6	-

Для расчёта выбираем приборы, устанавливаемые на ТП на стороне 10 кВ, которые сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Расчёт суммарной нагрузки приборов

Тип приборов	Число	Нагрузка $S_{пр}, \text{ ВА}$		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр Э-42702	3	0,1	0,1	0,1
Меркурий 230 AR	1	0,1		
Итого:		0,4		

Сопротивление приборов:

$$R_{\text{приб.}} = \frac{S_{\text{приб.}}}{I_T^2}, \quad (77)$$

где $I_2 = 5 \text{ А}$.

$$R_{\text{приб.}} = \frac{0,4}{5^2} = 0,016 \text{ Ом.}$$

Полное вторичное сопротивление:

$$R_{\text{пров}} = Z_{2\text{ном}} - R_{\text{приб}} - R_{\text{конт}}, \quad (78)$$

$$R_{\text{пров}} = 1,2 - 0,016 - 0,1 = 1,084 \text{ Ом.}$$

где сопротивление контактов принимаем $R_k = 0,1 \text{ Ом}$.

Сечение проводов:

$$s = \frac{\rho \cdot l_p}{R_{\text{пр}}} \quad (79)$$

$$s = \frac{0,0175 \cdot \sqrt{3} \cdot 40}{1,084} = 1,12 \text{ мм}^2$$

Принимаем медные жилы сечением $S = 1,5 \text{ мм}^2$.

К установке принимаем трансформатор тока ТОЛ-10-200/5.

5.3 Выбор ошиновки на стороне:

Выбор ошиновки на стороне 10 кВ производится, по экономической плотности тока, проверка выбранной ошиновки производится по условиям:

- нагрева в продолжительном режиме;
- термической стойкости;
- электродинамической прочности.

Определяем расчётные токи продолжительных режимов

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (80)$$

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 3,46 \text{ A}$$

$$I_{\text{max}} = 1,4 \cdot \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (81)$$

$$I_{\text{max}} = 1,4 \cdot \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,1 \text{ A}$$

Выбираем сечение алюминиевых шин по экономической плотности тока

$$q_{\text{э}} = \frac{I_{\text{НОМ}}}{J_{\text{ЭК}}} \quad (82)$$

$$q_{\text{э}} = \frac{5,1}{1} = 5,1 \text{ мм}^2$$

Выбираем алюминиевые шины прямоугольного сечения 50x5 мм, расположенные горизонтально, допустимый ток $I_{\text{доп}} = 670 \text{ A}$. Расстояние между осями соседних фаз 0,3 м.

5.4 Выбор высоковольтных выключателей:

Выбор выключателей производят исходя из номинальных значений, напряжения и тока, роду установки и условиям работы, конструктивному выполнению и коммутационной способности. Все выбранные в работу выключатели проверяют на стойкость при токах КЗ.

$$I_B = \frac{K_{\text{пвр}} \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (83)$$

$$I_B = \frac{1,4 \cdot 63}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,1 \text{ A}$$

Выбор и проверку выключателей, устанавливаемых на ТП, оформим в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Выбор и проверка выключателей

Параметр	Условие	Расчётные данные	Паспортные данные
По напряжению	$U_{уст} \leq U_{ном}, \text{кВ}$	10	10
По ном. току	$I \leq I_{ном}, \text{А}$	5,1	630
По отключ. способности	$I_{п.т} \leq I_{ном.откл}, \text{кА}$	3,19	12,5
По эл-дин. стойк-ти	$i_{уд} \leq i_{пр.с}, \text{кА}$	7,74	32

Выбираем вакуумный выключатель типа ВВ/TEL-10-12,5/630 в качестве секционного и вводного выключателей. На отходящие линии выбираем выключатели, рассчитанные на номинальный ток 400 А.

5.5 Выбор ограничителей перенапряжения

Для защиты от атмосферных и внутренних перенапряжений изоляции оборудования переменного тока промышленной частоты в сетях с любой системой заземления используются разрядник (РВО):

Преимущества РВО:

- высокая эффективность защитных действий;
- большая энергетическая прочность при ограничении перенапряжений;
- стойкость к динамическим перенапряжениям;
- высокая эксплуатационная устойчивость и надежность;
- приспособленность к работе в условиях загрязнения;
- простой монтаж и эксплуатация.

Выбран Разрядник РВО-10 У1, характеристики которых представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики разрядника РВО-10 У1

Наименование	Единица изм.	Значение
Класс напряжения сети	кВ	10
Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение, $U_{нр}$	кВдейств.	12,7
Пробивное напряжение в сухом состоянии и под дождем, min/max	кВ	26/30,5
Импульсное пробивное напряжение при предразрядном времени от 2 до 20 мкс, не более	кВ	48
Остающееся напряжение, при грозовом импульсе тока 8/20 мкс с амплитудой, не более:		
3000	А	43
5000	А	45
Токовая пропускная способность (количество воздействий):		
при импульсе тока длительностью 16/40 мкс амплитудой 5 кА	раз	20
при импульсе тока длительностью 2000 мкс амплитудой 75 А	раз	20
Длина пути утечки внешней изоляции разрядника, не менее	см	36
Ток утечки	мкА	6
Допустимое тяжение проводов, не менее	Н	300
Высота разрядника, не более	мм	411
Масса разрядника, не более	кг	4,2

5.6 Выбор силового провода:

$$I_{\text{раб}} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot 2} \quad (84)$$

$$I_{\text{раб}} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 1,81 \text{ А}$$

Результаты выбора сведены в таблице 9.

Таблица 9 – Характеристика кабеля

Количество и сечение жил, шт х кв. мм	Масса кг/км	Диаметр, мм	Токовая нагрузка, А	Ток короткого замыкания, кА
1х50	239,00	12,6	245	4,3

Выбираем самонесущей изолированный провод СИП 3х50 мм²

6 Выбор основного оборудования 0,4 кВ

6.1 Выбор разъединителей

Рабочий ток:

$$I_{\text{раб}} = \frac{K_{\text{пвр}} \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (85)$$

$$I_{\text{раб}} = \frac{1,4 \cdot 63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 127 \text{ A}$$

Результаты выбора сведены в таблице 10.

Таблица 10 – Выбор и проверка разъединителей

Параметр	Условие	Расчётные данные	Паспортные данные
По напряжению	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$, кВ	0,4	0,4
По ном. длит. току	$I_{\text{раб}} \leq I_{\text{ном}}$, А	127	2500
По эл-дин. стойк-ти	$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр.с}}$, кА	1,33	20

К установке принимаем разъединитель: РЕ19-45

6.2 Выбор выключателей 0,4 кВ

Рабочий ток:

$$I_{\text{раб}} = \frac{K_{\text{пвр}} \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (86)$$

$$I_{\text{раб}} = \frac{1,4 \cdot 63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 127,3 \text{ A}$$

Результаты выбора сведены в таблице 11.

Таблица 11 – Выбор и проверка выключателей

Параметр	Условие	Расчётные данные	Паспортные данные
По напряжению	$U_{уст} \leq U_{ном}, \text{кВ}$	0,4	0,4
По ном. току	$I \leq I_{ном}, \text{А}$	5,1	400
По отключ. способности	$I_{п.т} \leq I_{ном.откл}, \text{кА}$	3,19	12,5
По эл-дин. стойк-ти	$i_{уд} \leq i_{пр.с}, \text{кА}$	7,74	32

Выбираем элегазовый выключатель типа ВВ/TEL-10-12,5/400

6.2 Выбор трансформаторов тока

Выбирается по следующим параметрам

1) номинальному напряжению

$$U_{уст} \leq U_{ном} ; \quad (87)$$

$$U_{уст} = 0,4 \leq U_{ном} = 0,4 \text{ (кВ)}.$$

2) номинальному длительному рабочему току:

$$I_p \leq I_{ном}; \quad (88)$$

$$I_{раб} = \frac{K_{пер} \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1,4 \cdot 63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 127,3 \text{ А} \quad (89)$$

$$I = 127 \text{ А} \leq I_{ном} = 500 \text{ А}.$$

Результаты выбора сведены в таблице 12.

Таблица 12 – Выбор и проверка трансформатора тока

Параметр	Условие	Расчётные данные	Паспортные данные
По напряжению	$U_{уст} \leq U_{ном}, \text{кВ}$	10	6
По ном. току	$I_{ном} \leq I_{ном}, \text{А}$	5,1	200
По эл-дин. стойк-ти	$i_y \leq i_{пр.с}, \text{кА}$	1,33	-

Для расчёта выбираем приборы, устанавливаемые на ТП на стороне 0,4 кВ, которые сведены в таблицу 13.

Таблица 13 – Расчёт суммарной нагрузки приборов

Тип приборов	Число	Нагрузка $S_{пр}$, ВА		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр Э-42702	3	0,1	0,1	0,1
Меркурий 230 AR	1	0,1		
Итого:		0,4		

Сопротивление приборов:

$$R_{приб.} = \frac{S_{приб.}}{I_T^2}, \quad (90)$$

где $I_2 = 5$ А.

$$R_{приб.} = \frac{0,4}{5^2} = 0,016 \text{ Ом.}$$

Полное вторичное сопротивление:

$$R_{пров} = Z_{2ном} - R_{приб} - R_{конт}, \quad (91)$$

$$R_{пров} = 1,2 - 0,016 - 0,1 = 1,084 \text{ Ом.}$$

где сопротивление контактов принимаем $R_k = 0,1$ Ом.

Сечение проводов:

$$s = \frac{\rho \cdot l_p}{R_{пр}} \quad (92)$$

$$s = \frac{0,0175 \cdot \sqrt{3} \cdot 40}{1,084} = 1,12 \text{ мм}^2$$

Принимаем медные жилы сечением $S = 1,5 \text{ мм}^2$.

К установке принимаем трансформатор тока ТЛ-0,66-800/5.

6.3 Выбор трансформаторов напряжения

Выбор приборов для трансформаторов напряжения приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Выбор приборов для трансформаторов напряжения

Прибор	Тип	Потребляемая мощность ВА	Кол-во, шт	Общая потребляемая мощность, ВА
Вольтметр	Э-42702	2	2	4
Ваттметр	Д-365	1,5	1	1,5
Варметр	Д-365	1,5	1	1,5
Ртутный 230 АR		0,65	1	0,65
Итого:				$S_{\Sigma}=7,65$

Мощность подключаемых приборов: $S_{\text{приб}} = 7,65$ ВА.

Проверку трансформатора напряжения оформим в виде таблицы 15.

Таблица 15 – Проверка трансформатора напряжения

Параметр	Условие	Расчётные данные	Паспортные данные
По напряжению установки	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$, кВ	0,4	0,4
По вторичной нагрузке	$S_{2\Sigma} \leq S_{\text{ном}}$, ВА	7,65	250

К установке принимаем трансформатор напряжения НОСК-0,5 УХЛ2, соответствующий классу точности 0,5.

6.4 Выбор ошиновки на стороне

Определяем расчётные токи продолжительных режимов

$$I_{\text{ном}} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (93)$$

$$I_{\text{ном}} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 90,93 \text{ А}$$

$$I_{max} = 1,4 \cdot \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (94)$$

$$I_{max} = 1,4 \cdot \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 127,3 \text{ A}$$

Выбираем сечение алюминиевых шин по экономической плотности тока

$$q_{э} = \frac{I_{ном}}{J_{эк}} \quad (95)$$

$$q_{э} = \frac{127,3}{1} = 127,3 \text{ мм}^2$$

Выбираем алюминиевые шины прямоугольного сечения 50x5 мм, расположенные горизонтально, допустимый ток $I_{доп} = 670 \text{ A}$. Расстояние между осями соседних фаз 0,3 м.

6.5 Выбор силового провода

$$I_{раб} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot 2} \quad (96)$$

$$I_{раб} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 37,88 \text{ A}$$

Результаты выбора сведены в таблице 16.

Таблица 16 – Характеристика кабеля

Количество и сечение жил, шт х кв. мм	Масса кг/км	Диаметр, мм	Токовая нагрузка, А	Ток короткого замыкания, кА
1x50	239,00	12,6	245	4,3

Выбираем самонесущей изолированный провод СИП 3x50 мм²

6.6 Выбор промежуточных секционных выключателей :

$$I_{\text{В.секц.}} = \frac{K_{\text{пвр}} \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (97)$$

$$I_{\text{В.секц.}} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 90,93 \text{ A}$$

Результаты выбора сведены в таблице 17

Таблица 17 – Выбор и проверка выключателей

Параметр	Условие	Расчётные данные	Паспортные данные
По напряжению	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$, кВ	0,4	0,4
По ном. току	$I \leq I_{\text{ном}}$, А	90,93	400
По отключ. способности	$I_{\text{п.т}} \leq I_{\text{ном.откл}}$, кА	3,19	12,5
По эл-дин. стойк-ти	$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр.с}}$, кА	7,74	32

Выбираем выключатель типа ВА-СЭЦ TS-400

7 Расчет защитного заземления

При расчете защитного заземления определяются основные параметры заземления – число, размеры и размещение одиночных заземлителей и заземляющих проводников, при которых опасное напряжения прикосновения и шага в момент замыкания фазы на заземленный корпус не превышают опасных значений.

В выпускной квалификационной работе расчет заземлителей производится по допустимому сопротивлению заземлителя.

1. Для расчета заземления необходимы следующие сведения:

- Характеристика электроустановки – тип установки, виды основного оборудования, рабочее напряжение, способы заземления нейтралей трансформаторов.

- План электроустановки с указанием положения размещения электрооборудования.

- Формы и габариты электродов, а так же предполагаемая глубина погружения в землю.

- Измерения удельного сопротивления грунта на участке, где предполагается сооружение заземлителя в пригодных (климатических) условиях, при которых производились измерения, а так же характеристика климатической зоны.

2. Определяется расчетный ток замыкания на землю.

Электроустановки по значению тока замыкания на землю делятся на две группы:

- Установки с большими токами замыкания на землю, в которых однофазный ток замыкания на землю больше 500 А. К таким видам относятся электроустановки трехфазного тока напряжением 110 кВ и выше с глухозаземленной нейтралью.

- Установки с малыми токами замыкания на землю, в которых однофазный ток замыкания на землю не превышает 500 А. К таким видам

электроустановок, относятся установки трехфазного тока напряжением до 35 кВ включительно с изолированной нейтралью.

3. Определяется допустимое сопротивление R_d растекания тока заземляющего устройства.

Допустимые значения сопротивления защитного заземления R_d установленные Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) для любого времени года, составляют:

- Для установок напряжением до 1000 В:

10 Ом – при суммарной мощности генераторов или трансформаторов, питающих данную сеть, не более 100 кВА;

4 Ом – во всех остальных случаях.

- Для установок напряжением выше 1000 В:

0,5 Ом – при больших токах замыкания на землю (I . Более 500 А);

$250/I_3 \leq 10$ Ом – при малых токах замыкания на землю и при условии, что заземлитель используется только для электроустановок напряжением выше 1000 В;

$125/I_3 \leq 10$ Ом – при малых замыкания на землю и при условии, что заземлитель используется одновременно для установок напряжением до 1000 В.

4. Выбирается тип заземлителя и составляется схема заземляющего устройства.

При наличии данных выбирается тип заземляющего устройства – выносной или контурный.

Далее после выбора формы электродов (обычно стержневые и полосовые) их ориентировочно размещают на плане участка.

5. Рассчитываются параметры заземлителя.

На основании схемы заземлителя и имеющихся данных об удельном сопротивлении грунта вычисляется расчетное сопротивление R_3 этого заземлителя в следующем порядке:

5.1 По схеме заземлителя определяется суммарная длина горизонтального электрода l_T и количество вертикальных электродов n .

5.2 Для заземлителей, расположенных ниже уровня земли ($h = 0,7$ м) по формуле (98) определяется расчетное значение удельного сопротивления грунта ρ для вертикального и горизонтального заземлителей соответственно:

$$\rho = \rho_{гр} \cdot K_{п} \quad (98)$$

где - $\rho_{гр}$ удельное электрическое сопротивление грунта

$K_{п}$ – повышающие коэффициенты, учитывающие изменения сопротивления грунта в зависимости от климатических зон РФ, для вертикального и горизонтального заземлителей соответственно.

6. По формуле (99) вычитается расчетное сопротивление одиночно вертикального заземлителя R_B (стержня или трубы диаметром d) заглубленного в землю верхний край которого находится на поверхности земли. Если вертикальный заземлитель имеет форму уголка с шириной полки b то следует считать $d = 0,95b$.

7. Для стержней или труб диаметром d , заглубленных в землю $h = 0,7$ м сопротивление одиночного вертикально заземлителя R_B определяется по формуле:

$$R_B = 0,366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{2l}{d} + 0,51 \lg \frac{4h_1 + l}{4h_1 - l} \quad (99)$$

Для уголка с шириной полки b следует считать $d = 0,95b$.

8. Расчетное сопротивление горизонтального электрода R_T , расположено на поверхности земли и имеющего форму стержня, либо трубы, определяется по формуле:

$$R_T = 0,183 \frac{\rho}{l_T} \lg \frac{2l_T}{d} \quad (100)$$

9. Для горизонтально расположенного электрода в виде стержня или трубы, заглубленного в землю на $h = 0,7$ м сопротивление R_T определяется по формуле

$$R_{\Gamma} = 0,366 \frac{\rho}{l_{\Gamma}} \lg \frac{l_{\Gamma}^2}{dh} \quad (100)$$

10. По справочным данным находятся коэффициенты использования для вертикальных $\eta_{\text{в}}$ и горизонтали η_{Γ} электродов и по формуле вычитается расчетное сопротивление заземлителя R_3 :

$$R_3 = \frac{R_{\text{в}} R_{\Gamma}}{R_{\text{в}} \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \eta_{\text{в}} n} \quad (101)$$

где n – количество вертикальных электродов.

Если расчетное сопротивление заземлителя R_3 совпадает или меньше допустимого значения $R_{\text{д}}$, это свидетельствует о том, что все основные параметры принятого нами заземлителя (форма, замеры, размещение электродов в земле и относительно друг друга) выбраны правильно и, следовательно, напряжение прикосновения и шага находятся в допустимых пределах.

При значительных расхождениях в значениях R_3 и $R_{\text{д}}$ необходимо внести поправки в предварительную схему заземлителя – изменить количество и размещение электродов, а иногда их размеры. Площадь, занимаемую заземлителем и т. п., и вновь произвести вычисление R_3 .

Выполняем расчет защитного заземлителя. Расчет выполняется в соответствии с порядком расчета защитного заземления настоящего руководства в следующем порядке:

1. Определяем исходные данные и значения для расчета:

- напряжение электроустановки- 380В;
- мощность источника питания сети - до 100 кВА;
- сеть с изолированной нейтралью;
- форма вертикальных электродов - уголок с шириной полки $b = 4$ см;
- длина вертикального электрода $l = 2$ м;
- глубина размещения вертикальных электродов $h = 0,7$ м;
- отношение расстояний между заземлителями к их длине

составляет $a/l = 2$;

- размеры контура заземления $L_1 = 24$ м, $L_2 = 8$ м;

- форма горизонтального электрода - полоса шириной $b=12$ мм;

- грунт торф,

- характеристика климатической зоны: Средняя многолетняя высшая температура $+ 15$ °С.

2. По значению электроустановки принимаем ток замыкания на землю $I_3 = 500$ А.

3. В соответствии с п.3.3 настоящего руководства для установок с напряжением до 1000В и мощностью источника питания сети не более 100 кВА допустимое сопротивление растеканию тока $R_d = 10$ Ом.

4. Тип заземляющего устройства - контурный (размер контура 24x8).

5. Рассчитаем параметры заземлителя:

5.1 Суммарная длина горизонтального электрода $l_r = 2(16+18) = 64$ м. Исходя из рекомендаций настоящего пособия (расстояние между вертикальными электродами принимают не менее 2,5 – 3,0 м.), примем количество вертикальных электродов $n = 20$ шт.

5.2 Расчетное значение удельного сопротивление грунта для вертикального заземлителя:

$$\rho = 2 \cdot 20 = 40 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

для горизонтального заземлителя:

$$\rho = 2 \cdot 70 = 140 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

5.3 Сопротивление одиночного вертикального заземлителя R_B определяется по формуле (99):

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{40}{2} \lg \frac{2 \cdot 2}{0,95 \cdot 0,04} + 0,51 I_g \frac{4(1 + 0,7)}{4(1 + 0,7)} = 17 \text{ Ом}$$

5.4 Сопротивление вертикального заземлителя R_r определяется по формуле (100):

$$R_r = 0,366 \cdot \frac{140}{64} \cdot \lg \frac{64^2}{17 \cdot 0,4 + 4,7 \cdot 0,68 \cdot 10} = 4,7 \text{ Ом}$$

5.5 Расчетное сопротивление заземлителя $R_з$ вычисляется по формуле (101):

$$R_з = \frac{R_B R_\Gamma}{R_B \eta_\Gamma + R_\Gamma \eta_B n} = \frac{17 \cdot 4,7}{17 \cdot 0,4 + 4,7 \cdot 0,68 \cdot 10} = 2,06 \text{ Ом}$$

Поскольку выполняется условие $R_з \leq R_д$, расчет защитного заземления выполнен верно.

План защитного контура заземления завода сухих строительных смесей выполнен по типу контурного заземление (Рисунок 4).

Безопасность при контурном заземляющем устройстве может быть обеспечена не за счет уменьшения потенциала заземлителя до безопасных значений, а за счет выравнивания потенциалов на защищаемой территории до такого значения, чтобы максимальные напряжения прикосновения и шага не превышали допустимых значений. Это достигается путем равномерного распределения электродов по площадке.

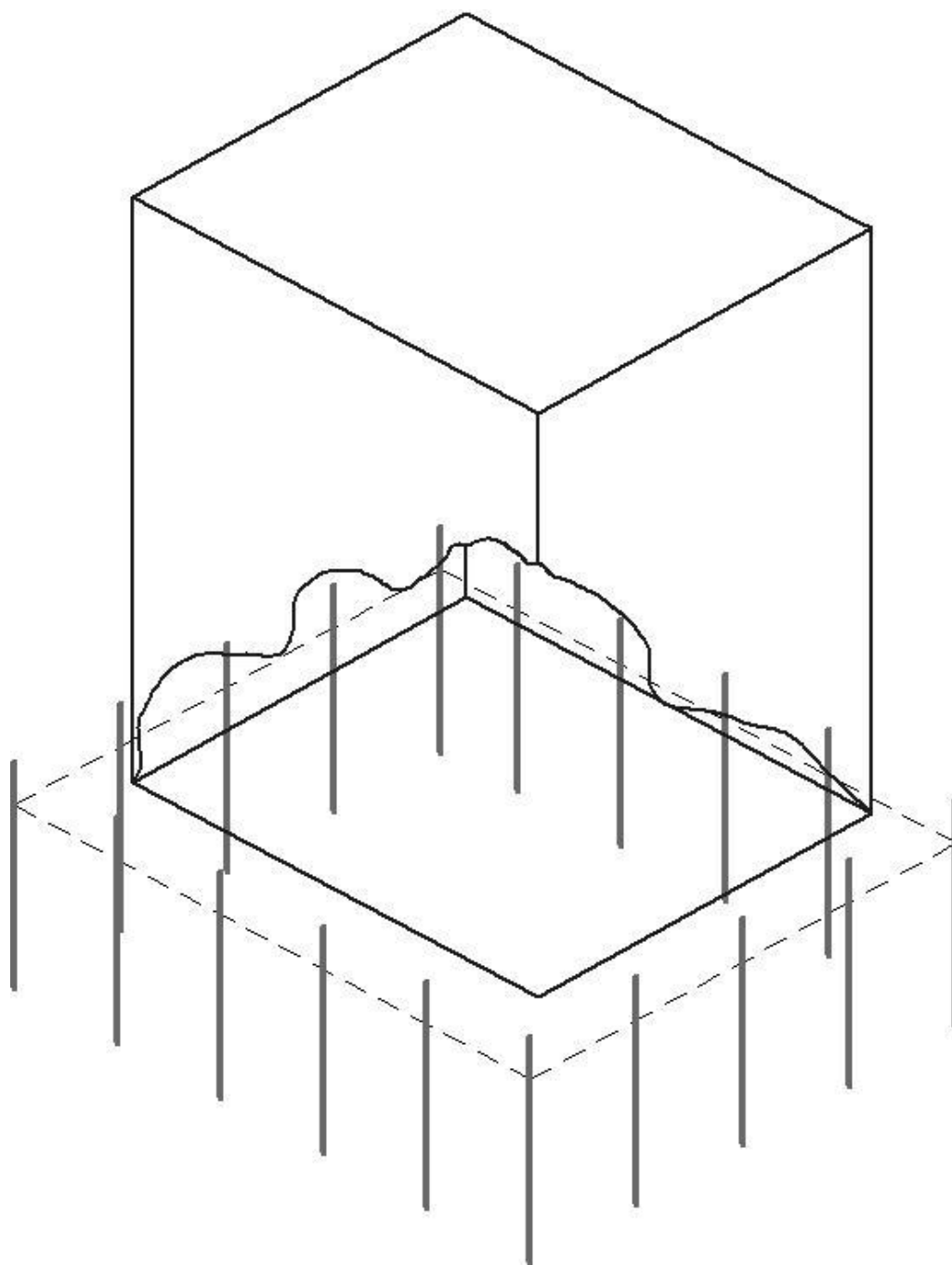


Рисунок 4 – Защитный контур заземление завода сухих строительных смесей.

8 Молниезащита

Молниезащита – это обширный комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий и сооружений, оборудования и материалов от возможных взрывов, возгораний и разрушений, возникающих при воздействии молнии.

Самыми распространенными видами молниеотводов являются стержневой, тросовой, сетка.

Защищаемый объект, завод сухих строительных смесей ООО «Вес» принадлежит к III категории зданий по устройству молниезащиты, последствия при поражения которых связаны с небольшим материальным ущербом, чем при наличии взрывоопасной среды. К данной категории относятся здания и сооружения с пожароопасными помещениями или строительные конструкции низкой огнестойкости, большие общественные здания, высокие сооружения типа труб, башен, монументов.

Защита здания завода от поражения разрядом молнии выполняется в виде молниеприемной сеткой расположенной на крыше.

Все основные требования по проектированию и монтажу систем молниезащиты прописаны в двух нормативных документах:

- СО153-34.21.122-2003;
- РД34.21.122-87.

Молниезащита устроена из следующих элементов:

1. Молниеприемник (в нашем случае это молниеприемная сетка);
2. Токоотводы;
3. заземляющее устройство.

В качестве молниеприемной сетки используется стальная катанка сечением 50 мм². Материалом сетки служит сталь марки Ст09Г2С (холоднокатаная). Сетка монтируется на плоской кровле при помощи специальных держателей. Все соединения выполняются сваркой или специальными болтовыми зажимами. Молнее приемная сетка соединяется с

токоотводами. Токоотводами служат несущая металлическая конструкция здания (швеллер, двутавр). Такой вариант очень удобен, так как все стены здания выполнены из сэндвич панелей, что не дает возможности крепить токоотводы к стенам здания. Соединения токоотводов и молниеприемников между собой должны быть жестко закреплены, что бы не было риска ослабления а в дальнейшем и разрыва крепления. Количество соединений от молниеприемника до заземлителя должно быть минимальным. Места соединения токоотводов с защитным контуром заземления, выполняются по соответствующим нормативным требованиям. Все места сварки токоотводов с заземляющим устройством покрываются битумом, во избежание коррозии.

По завершению всех монтажных работ производится проверка на электрическую непрерывность (металлосвязь) всех элементов молниезащиты.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе рассчитали общую потребляемую мощность и ток цеха, $S_p = 70,70$ кВА и $I_{\max} = 107,42$ А. Выбрали светильники для освещения помещений цеха. Для завода сухих строительных смесей выбрали светильники ПВЛМ-2х65-102 и ЛСП02-2х65-001, с люминесцентными лампами типа ЛБ - 65. Активная мощность освещения составила 6,75 кВт, а реактивная – 4,25 кВАр.

Потребители завода относятся ко 2 и 3 категории надёжности электроснабжения. Принимаем двухтрансформаторную ТП с двумя трансформатором типа ТМ 63/10/0,4.

Для работы был рассчитан потребляемый ток. По этому току было определено сечение кабеля, через который будет проведен ток от понижающего ТП к потребляемому току ШР. Также по потребляемому току ШР было определено сечение кабеля, через который будет проведен ток от ШР к данному ГРЩ. В работе используется кабель СИП 3х50 мм².

Также были выбраны выключатели серии ВВ/TEL-10 с номинальным током 630 А, 400 А. Данные выключатели пригодны к работе.

Для безопасности и комфортной работы рабочего персонала было рассчитано защитное заземление, и молниезащита.

Завод полностью отвечает требованиям руководящих документов (ПУЭ, СНиП, НТП), безопасности и надёжности электроснабжения, оснащена современным электрооборудованием и полностью готова к эксплуатации.

Список использованных источников

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) – М. : КРОНУС, 2007. – 488 с.
2. Вахнина, В.В. Проектирование систем электроснабжения машиностроительных предприятий: учеб. пособие / В.В. Вахнина, В.Л. Горячева, Ю.В. Степкина. – Тольятти : ТГУ, 2004. – 67 с.
3. Вахнина, В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие / В.В. Вахнина. – Тольятти : ТГУ, 2006. – 69 с.
4. Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учеб. - метод. пособие / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 54 с.
5. Степкина, Ю.В. Проектирование электрической части понизительной подстанции: учеб. - метод. пособие по выполнению курсового и дипломного проектирования / Ю.В. Степкина, В.М. Салтыков. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 124 с.
6. Вахнина, В.В. Проектирование осветительных установок: учеб пособие / В.В. Вахнина, О.В. Самолина, А.Н. Черненко. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 91 с.
7. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие / Л.Н. Горина. – Тольятти : ТГУ, 2000. – 68 с.
8. Кнорринг, Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кнорринг. – М. : «Госэнергоиздат», 2008.
9. Electrical Power / R. Pooler - М.: «Watkins Books», 2003.
10. Техника высоких напряжений: учеб. пособ. для вузов / под ред. М.В. Костенко. – М. : «Высшая школа», 2003.
11. Мукосеев, Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий / Ю.Л. Мукосеев. – М. : «Энергия», 2003.

12. Basic Electricity: Complete Course/Van Valkenburgh – М.: «Prompt», 2004.
13. Дорошев, К.И. Комплектные РУ 6 – 35 кВ. – М. : Энергоатомиздат, 2002.
14. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: методические указания к курсовому проектированию / Г.В. Воробьев [и др.]. – Тольятти, 2003.
15. Ермилов, А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий / А.А. Ермилов. – М. : «Энергия», 2003.
16. Двоскин, Л.И. Схемы и конструкции распределительных устройств / Л.И. Двоскин. – М. : «Энергоатомиздат», 2005.
17. Electrical Safety/ J. Jonnes М.: «Orbit Books», 2008.
18. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию / под общ. ред. А.А. Фёдорова. – М. : «Энергоатомиздат», 2007. – 592 с.
19. Иванов, В.С. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий / В.С. Иванов, В.И. Соколов. – М. : «Энергоатомиздат», 2007.
20. Concepts in Electric Circuits / W. Naeem - М.: «Watkins Books», 2002.
21. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учеб. пособ. для вузов, 4-е изд., перераб. и доп. / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – М. : «Энергоатомиздат», 2009. – 608 с.
22. Справочник по проектированию электроснабжения / под ред. Ю.Г. Барыбина [и др.]. – М. : «Энергоатомиздат», 2000.
23. Липкин, Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок / Б.Ю. Липкин. – М. : Высшая школа, 2000.
24. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М. : Энергаториздат, 2005.
25. Электрический справочник. Производство, передача и

распределение электрической энергии / под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова [и др.]. – М. : Издательство МЭИ, 2002. – 964 с.

26. Introduction to Electronic Engineering/ T. Jons - М.: «Hutchinson», 2007.

27. Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ / Е.Ф. Макаров. – М. : ИД «ЭНЕРГИЯ», 2006. – 624 с.

28. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: ученик для студентов высших учебных заведений / Б.И. Кудрин. – М. : «Интермет Инжиниринг», 2007. – 672 с.

29. СО 153-34.21.122-2003 Инструкцию по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций, 2003.

30. СО 153-34.20.122-2006. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. – М. : Издательство стандартов, 2006.