

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Система электроснабжения абразивного завода

Обучающийся

А.А. Волошкин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н. Д.А. Кретов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Аннотация

Темой данной выпускной квалификационной работы (далее ВКР) является: «Система электроснабжения абразивного завода». В данной теме ВКР необходимо разработать систему электроснабжения абразивного завода. Для этого необходимо определиться с количеством цехов, производственных помещений и административно-бытовых корпусов или зданий.

Тема выпускной квалификационной работы является актуальной для предприятий, занимающихся изготовлением и выпуском абразивных инструментов.

Так как Российская Федерация подвернута большому количеству санкций в 2014-2024 годах, затруднена или полностью приостановлена поставка импортных инструментов, в том числе на основе абразивного материала, необходимо увеличивать число заводов по данному виду направления для минимизации дефицита данного вида продукции. В Российской Федерации большое количество минералов и полезных ископаемых, запуск своего производства по импортозамещению абразивных инструментов становится более перспективным и выгодным. По всей территории России, в том числе городе Санкт-Петербурге перестроены, а также построены новые заводы для того, чтобы покрыть потребность рынка сбыта и удешевить процесс перевозки и транспортировки абразивных инструментов.

Для качественного производства необходимо организовать систему электроснабжения, которая берет на себя одну из ведущих ролей при организации технологического процесса.

- по структуре данная ВКР содержит: аннотацию, введение, три главы и заключение. В приложении к работе даны чертежи характеризующие основные этапы электроснабжения.
- объём ВКР составляет 80 страницы.
- рисунков -13, таблиц - 3.

Содержание

Введение.....	4
1 Описание технологического процесса.....	7
1.1 Краткая характеристика используемого оборудования.....	7
1.2 Технологический процесс.....	9
2 Силовые распределительные сети к оборудованию; внутреннее и наружное освещение; молниезащита и заземление.....	13
2.1 Внешняя сеть электроснабжения.....	14
2.2 Распределительные сети.....	15
2.3 Наружное освещение всей территории завода	37
2.4 Выбор экономически целесообразного сечения проводников.....	37
2.5 Проверка сечения провода по потере напряжения.....	40
2.6 Расчет мощности трансформаторов и выбор компенсирующих установок.....	43
2.7 Расчет номинала автоматического выключателя в РП.....	47
2.8 Расчет тока короткого замыкания на стороне 0,4 кВ.....	55
2.9 Выбор и расчет кабелей 10 кВ.....	60
2.10 Производим проверку сечения провода по потере напряжения на стороне 10кВ.....	63
2.11 Выбор и проверка аппаратуры КРУ.....	63
2.12 Заземлитель и контур заземления и молниезащиты технологических объектов.....	66
2.13 Сети уравнивания потенциалов.....	71
3 Организация эксплуатации электроустановок.....	73
Заключение.....	76
Список используемой литературы и используемых источников.....	78

Введение

В данной выпускной квалификационной работе разработана система электроснабжения и молниезащита для заводов, специализирующихся на изготовлении и выпуске абразивных инструментов.

Актуальность данной темы доказана проведенным анализом рынка и по выводам международной научно-технической конференции по теме «Пути развития производства и эксплуатация абразивного инструмента». В период жестких санкционных ограничений в Российской Федерации увеличен объём по производству материалов и изделий, изготовленных с помощью абразивного инструмента. С увеличением спроса, увеличивается запрос в перевооружении не актуального производства, а также постройка нового производства.

Для создания Абразивного завода потребуется:

- монтаж понижающей подстанции;
- монтаж щита учета активных и реактивных нагрузок;
- монтаж опор молниеприемника;
- монтаж устройств заземления;
- монтаж наружного освещения;
- монтаж насосных станций по перекачке жидкостей;
- монтаж компрессорной установки;
- монтаж очистных сооружений;
- установка котельной;
- уравнивание и выравнивание потенциала;
- установка элеваторов;
- установка вагона опрокидывателей;
- установка автовесов для учета сырья, поступающего на производство.

Абразивный завод — это производство, которое изготавливает абразивные инструменты, состоящие из мелких кристаллов пород высокой твердости. Метод абразивной обработки происходит за счет резания, множеством мелких абразивообразных кристаллов. Кристаллы могут иметь разные размеры и форму. Особенность абразивной обработки резанием обуславливается появлением стружки. Каждый абразивный кристалл срезает определенную поверхность соприкосновения с материалом резания, в следствии этого появляются царапины небольшие по площади и малой длинны. Обработанный участок формируется путем оставшихся от неоднократного прохождения абразивных кристаллов рабочей поверхности инструмента. Абразивные материалы могут быть разной формы и жесткости. Абразив может быть как отдельное изделие, так и быть элементом, соединенным с основанием. За основание под абразив можно использовать не только жесткие материалы, но и мягкие, в виде резины или плотно прессованного картона. Не часто встречаются абразивы в виде гелей, так называемые «Мягкие». Они чаще всего применяются для высоко точной шлифовки, в отличие от жёстких абразивов, которые выполняют более грубую обработку.

Цель данной работы: организация системы электроснабжения и молниезащиты для возведения нового завода по производству абразивных инструментов, которая будет отвечать всем государственным требованиям.

Задачи, поставленные в работе:

- назначить категорию завода.
- подобрать нужное для технологического процесса оборудование.
- выяснить технические характеристики силового оборудования.
- произвести расчёт сечения кабельных линий для экономически выгодной закупки.
- обозначить места прокладки кабельной продукции.
- произвести расчет защитной коммутационной аппаратуры системы электроснабжения.

- реализовать автоматическое управление наружным освещением с возможностью управления в местном режиме .
- подобрать понизительный трансформатор в соответствии с расчетной мощностью завода.
- произвести расчёт зоны покрытия молниезащитных столбов и устройств заземления.
- «при проектировании рабочих чертежей, учесть правила требований противопожарных, экологических, санитарно-гигиенических, и других норм, и стандартов российской федерации, действующих на данный момент, а также обеспечить безопасность для жизни и здоровья людей эксплуатирующих объект при соблюдении предусмотренных рабочими чертежами мероприятий» [14].

1 Описание технологического процесса

1.1 Краткая характеристика используемого оборудования

«Компрессорная установка (КУ) – комплекс агрегатов и технических устройств, предназначенный для обеспечения потребителей сжатым воздухом или другим технологическим газом требуемых параметров (давление, объемная и массовая производительность, температура, содержание капельной влаги и масла)» [9].

«Станок мод. СИП 800K2Л предназначен для испытания абразивных кругов на прочность вращением» [23].

Автовесы и весовая - системы, предназначенные для измерения массы груза, перевозимого автомобильным транспортом, путём измерения массы гружёного и порожнего транспорта.

Оборудование водоподготовки – комплекс технических устройств, применяется для очистки воды от различных примесей и бактерий. Возможное применение очищенной воды не только для технологических процессов производства, но и для использования в бытовых целях.

Очистные сооружения – объект, предназначенный для улавливания и очистки сточных, отработанных вод, для последующей перекачки в канализационные сети общего назначения.

Смеситель сыпучих материалов – предназначен для смешения различных компонентов в дозированной пропорции для дальнейшего использования по циклу тех. процесса.

Станок наждачный – применяется для заточки слесарно-кузнечного ручного инструмента и для корректировки ремонта пригодных деталей.

«Вагоноопрокидыватель – специальное сооружение для механизированной разгрузки вагонов с насыпными и навалочными грузами» [25].

Грохоты – перфорированная барабанная установка для отделения крупных частиц от мелких для дальнейшей сортировки зернистости.

Шаровые мельницы – предназначены для помола пород средней жесткости, путем дробления при помощи вспомогательных металлических частей.

Вакуум-насосы – используются для перекачки различных газо- и жидкообразных веществ, путем создания разности давления.

Транспортеры – применяются для перемещения различных грузов как в упакованном, так и в рассыпчатом виде.

Элеваторы – Используют для хранения рассыпчатой, мелкозернистой фракции вещества.

Шнеки – это спирали образный транспортер, расположенный в трубообразном канале, применяющейся для подачи мелко зернистого сырья.

Краны, кран-балки и тельферы – применяются для перемещения крупногабаритных, тяжелых грузов как на открытом пространстве, так и в помещении.

Токарные, сверлильные, фрезерные станки – для выполнения соответствующей задачи, с применением механического воздействия на деталь.

Штамповочный, гидравлический пресс – применяется для создания большой силы давления на объект воздействия.

Мешалка – выполняет работу по перемешиванию сырья и создание однородной консистенции.

Печь сопротивления – применяется для воздействия на предмет большим количеством тепла, выделяемым при прохождении тока через проводники активного сопротивления.

Поточные линии с ЧПУ (числовым программным управление) – нужны для автоматизированных процессов на предприятии, управления исполнительными механизмами.

1.2 Технологический процесс

Этапы производства абразивных инструментов:

- подготовка основания изделия;
- приготовление абразивной смеси;
- формование сырья на прессе или форме;
- применение высокого давления или бакелизации;
- испытания на прочность и соответствие заявленным техническим характеристикам;
- испытание на боковую нагрузку;
- упаковка готовой продукции.

В качестве основы для режущего диска используется высоко прочный материал сетчатой структуры. Вырубка происходит при помощи специальных ножей-гильотин. Для заточного и шлифовального инструмента основа не используется, изделие формируется за счет высокого давления на смесь, уложенную в форме.



Рисунок 1 - Подготовка основания изделия

Смеси приготавливают из сухих порошка абразивных или зерно абразивных сыпучих материалов с добавлением жидких компонентов в виде эпоксидных смол с отвердителями.



Рисунок 2 - Приготовление абразивной смеси.

Готовое сырье раскладывается по формам. Формы определяют дальнейший вид и переназначение изделия.



Рисунок 3 - Вид абразивного инструмента.

Для закрепления конечной формы применяются прессы высокого давления или высоко температурные печи.



Рисунок 4 - Формование сырья на прессе или форме.

Для испытаний, из выпущенной партии, изымают несколько готовых изделий и проверяют их на специальных станках, оборудованных защитными камерами и различными датчиками.



Рисунок 5 - Испытание на боковую нагрузку



Рисунок 6 - Замер веса изделия и правильности формы

Все изделия упаковываются и укладываются в транспортировочные коробки, для дальнейшего перемещения на склад и отправку в места реализации.



Рисунок 7 - Упаковка пленкой



Рисунок 8 - Закладка в сушильную печь

Вывод: В разделе рассмотрены краткие характеристики электрического оборудования, которое будет использоваться при реализации данного проекта [6]. Оборудование должно выполнять поставленные задачи и соответствовать необходимым требованиям, также в главе описан технологический процесс. При недопущении нарушения технологического процесса, все части и элементы используемого оборудования должны быть в исправном состоянии. Электрические элементы должны соответствовать техническим параметрам и характеристикам. Не допускается использование электрического оборудования ниже требуемых номиналов [2].

2 Силовые распределительные сети, внутреннее и наружное освещение, молниезащита и заземление

«Электрические сети классифицируют по нескольким критериям, рассмотрим каждый из них, приведем примеры различных сетей, а также основные меры безопасности, которые следует соблюдать при их обслуживании. Электрические сети классифицируют по таким критериям, как:

- класс напряжения. Сети на напряжение до 1000 В называются низковольтными, свыше 1000 В – высоковольтными, при чем последние еще классифицируют, как сети среднего напряжения – до 35 кВ включительно, высокого напряжения – до 220 кВ, сверхвысокого напряжения – до 750 кВ, ультравысокого напряжения – свыше 1000 кВ. – род тока, который может быть переменным или постоянным. Силовые электрические сети, которые питают бытовых и большинство промышленных потребителей, как правило, переменного тока. Сети постоянного тока встречаются реже, их применяют для питания электрифицированного транспорта (трамваи, троллейбусы, электровозы), на производстве - для питания печей, электролизных установок.

Обслуживание электрических сетей Одна из основных мер безопасности при обслуживании электрических сетей – соблюдение допустимых расстояний от человека и различных механизмов, приспособлений, транспорта от оборудования электрических сетей, которое находится под напряжением. Например, при обслуживании электрической сети напряжением 35 кВ, человеку запрещено приближаться к другим токоведущим частям, которые находятся под рабочим напряжением, на расстояние ближе, чем 0,6 м. При выполнении работ в электрических сетях необходимо использовать электрозащитные изолирующие средства и средства индивидуальной защиты в соответствии с характером и условиями выполняемой в данном случае работы» [6].

2.1 Внешняя сеть электроснабжения

По условиям надежности электроснабжения проектируемый объект содержит потребителей I-й, II-й, III-й категории, а также потребители первой особой группы, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства [10].

К потребителям I-й категории относятся: светильники аварийного освещения, приборы пожарной сигнализации, насосы охлаждения печей, пожарные насосы, задвижки пожарного водоснабжения.

К потребителям II-й категории относятся: основное технологическое оборудование.

Все остальные потребители относятся к III-й категории электроснабжения.

Потребители первой особой группы электроснабжения с резервным независимым источником электроснабжения от модульной дизель - генераторной установки. К таким потребителям относятся: мостовые литейные краны, краны электродные, гидравлические насосы, циркуляционные насосы.

В объем электротехнической части проекта входит силовое электрооборудование, молниезащита и защита от статического электричества, заземление, а также межцеховые кабельные сети [5].

Сеть электроснабжения предусмотрена от блочно-модульной РП-35 напряжением 35 кВ устанавливается в центре нагрузок.

Электропитание подстанции напряжением 35/0,4 кВ согласно техническим условиям для присоединения к электрическим сетям предусмотрено от разных секций РП-35.

Прокладка кабелей 35кВ от РП-35 осуществляется по эстакаде про проводов, по кабельным эстакадам, кабельным конструкциям.

Трансформаторная подстанция размещена в помещении главного корпуса.

Сечение жил ВКЛ-0,4 кВ выбрано согласно ПУЭ и ГОСТ Р 50571.5.52-2011, проверено по длительно допустимому току нагрузки, проверены на потерю напряжения и срабатыванию защиты при однофазном КЗ.

Для защиты людей от поражения электрическим током предусмотрено присоединение защитного проводника PEN в составе силового кабеля к РП.

2.2 Распределительные сети

«Проводим определение расчетных электрических нагрузок в трехфазных сетях. Для расчета нагрузки абразивного завода воспользуемся методикой, которая изложена в методическом пособии на проектирование» [3].

«При определении электрической нагрузки цеха будем пользоваться средней потребляемой мощностью за наиболее загруженную смену и коэффициентом максимума» [3].

«Коэффициент использования находим на основании справочных данных и проектирования систем электроснабжения» [3].

«Сначала определим нагрузки цехов на напряжении 0,4 кВ.

Вычислим средние активные и реактивные электрические нагрузки на основании формул:

$$P_C = K_{\text{И}} \cdot P_{\text{Н}} \quad (1)$$

$$Q_C = K_{\text{И}} \cdot P_{\text{Н}} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad [3] \quad (2)$$

«Для определения расчетного коэффициента нужно знать коэффициент использования и число эффективных потребителей:

$$K_{\text{Р}} = f(K_{\text{И}}; n_{\text{Э}}) \quad [3] \quad (3)$$

«Определение расчетной активной и реактивной мощности цехов выполняем по формулам:

$$P_p = K_p \cdot P_c \quad (4)$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_c \text{ при } n_{\text{э}} \leq 10 \quad (5)$$

$$Q_p = Q_c \text{ при } n_{\text{э}} > 10 \text{» [3]} \quad (6)$$

«Для определения полной расчетной мощности используем формулу:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \text{» [17]} \quad (7)$$

При сложении цеховых значений активной и реактивной мощностей и расчетных активных и реактивных мощностей получаем итоговые нагрузки завода на низкой стороне 0,4 кВ. «Для определения коэффициента использования и $\text{tg}\varphi$ для всей низковольтной нагрузки воспользуемся формулами:

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum P_c}{\sum P_{\text{н}}} \quad (8)$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{\sum Q_c}{\sum P_c} \quad (9)$$

Для определения суммарной полной мощности применяем формулу:

$$\sum S_p = \sqrt{\sum P_p^2 + \sum Q_p^2} \text{» [15]} \quad (10)$$

Определим суммарные мощности:

Переносной инструмент:

$$P_{\text{н}} = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ кВт,}$$

Мешалки:

$$P_H = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ кВт},$$

Печь сопротивления:

$$P_H = 7 \cdot 5 = 35 \text{ кВт},$$

Поточные линии с ЧПУ:

$$P_H = 0,75 \cdot 10 = 7,5 \text{ кВт},$$

Транспортеры:

$$P_H = 3,3 \cdot 3 = 9,9 \text{ кВт},$$

Элеваторы, шнеки:

$$P_H = 2,2 \cdot 7 = 15,54 \text{ кВт},$$

Вакуум-насосы:

$$P_H = 5,5 \cdot 3 = 16,5 \text{ кВт},$$

Кран-балки:

$$P_H = 15 \cdot 2 = 30 \text{ кВт},$$

Тельферы:

$$P_H = 3,3 \cdot 3 = 9,9 \text{ кВт},$$

Вагона опрокидыватель:

$$P_H = 55 \cdot 2 = 110 \text{ кВт},$$

Санитарно- техническая вентиляция:

$$P_H = 7,5 \cdot 2 = 15 \text{ кВт},$$

Административно бытовой корпус:

$$P_H = 1,5 \cdot 100 = 150 \text{ кВт},$$

Очистные сооружения:

$$P_H = 11 \cdot 2 = 22 \text{ кВт},$$

Компрессоры:

$$P_H = 5,6 \cdot 5 = 28 \text{ кВт}.$$

Найдем суммарные значения номинальной мощности на ЩС-1-1, ЩС-1-2, ЩС-1-3, ЩС-1-4, ЩС-2-5, ЩС-2-6, ЩС-2-7, ЩС-2-8, и на всей территории производства.

Для ЩС:

$$P_{H\text{ЩС-1-1}} = 4 + 4 + 5,5 + 2,8 + 4,5 = 20,8 \text{ кВт},$$

$$P_{H\text{ЩС-1-2}} = 4,5 + 6,6 + 35 + 1,9 + 7,5 + 9,9 + 15,4 + 16,5 = 97,3 \text{ кВт},$$

$$P_{H\text{ЩС-1-3}} = 30 + 9,9 + 110 = 149,9 \text{ кВт},$$

$$P_{H\text{ЩС-1-4}} = 11 + 11 = 22 \text{ кВт},$$

$$P_{H\text{ЩС-2-5}} = 150 + 16,5 + 2,5 + 15 + 3,5 = 187,5 \text{ кВт},$$

$$P_{H\text{ЩС-2-6}} = 22 \text{ кВт},$$

$$P_{H\text{ЩС-2-7}} = 3,5 \text{ кВт},$$

$$P_{H\text{ЩС-2-8}} = 28 \text{ кВт}.$$

Для всей территории:

$$P_{H\Sigma} = 20,8 + 97,3 + 149,9 + 22 + 187,5 + 22 + 3,5 + 28 = 627,42 \text{ кВт}.$$

«Для каждой группы ЭП выберем коэффициент использования $K_{и}$ и коэффициент мощности $\cos\varphi$ по [2, табл. 1] Рассчитаем $\text{tg}\varphi$ для каждой группы ЭП.

Теперь найдем произведение номинальной мощности каждой группы ЭП на коэффициент использования» [3].

Произведем расчет для ЩС-1-1.

Токарный станок 4 кВт:

$$P_H \cdot K_{и} = 4 \cdot 0,16 = 0,64;$$

Фрезерный станок 4 кВт:

$$P_H \cdot K_{и} = 4 \cdot 0,16 = 0,64;$$

Сверлильный станок 5,5 кВт:

$$P_H \cdot K_{и} = 5,5 \cdot 0,16 = 0,88;$$

Наждачный станок 2,8 кВт:

$$P_H \cdot K_{и} = 2,8 \cdot 0,14 = 0,39;$$

Переносной инструмент 4,5 кВт:

$$P_H \cdot K_{и} = 4,5 \cdot 0,6 = 0,27;$$

Итого для ЩС-1-1:

$$\sum P_H \cdot K_{и} = 0,64 + 0,64 + 0,88 + 0,39 + 0,27 = 2,82$$

Так же выполняем расчет для остального оборудования щитов ЩС-1-2, ЩС-1-3, ЩС-1-4, ЩС-2-5, ЩС-2-6, ЩС-2-7, ЩС-2-8.

Итого по всем Щитам:

$$\sum P_H \cdot K_{и} = 2,82 + 66,46 + 69,49 + 17,6 + 148,6 + 14,3 + 2,8 + 22,4 = 344,47.$$

«После этого можно найти среднее значение коэффициента использования по формуле:

$$K_{и\text{ ср.}} = \frac{\sum K_{и} \cdot P_H}{\sum P_H} \gg [3] \quad (11)$$

Для ЩС-1-1:

$$K_{и\text{ ср.}} = \frac{2,82}{20,8} = 0,13;$$

Для ЩС-1-2:

$$K_{\text{И ср.}} = \frac{66,46}{97,3} = 0,68;$$

Для ЩС-1-3:

$$K_{\text{И ср.}} = \frac{69,49}{149,9} = 0,68;$$

Для ЩС-1-4:

$$K_{\text{И ср.}} = \frac{17,6}{22} = 0,8;$$

Для ЩС-2-5:

$$K_{\text{И ср.}} = \frac{148,6}{187,5} = 0,79;$$

Для ЩС-2-6:

$$K_{\text{И ср.}} = \frac{14,3}{22} = 0,65;$$

Для ЩС-2-7:

$$K_{\text{И ср.}} = \frac{2,8}{3,5} = 0,8;$$

Для ЩС-2-8:

$$K_{\text{И ср.}} = \frac{22,4}{28} = 0,8;$$

Для всех щитов:

$$K_{\text{и ср.}} = \frac{353,93}{531} = 0,64.$$

«Найдем произведение номинальной мощности каждой группы ЭП на коэффициент использования и на коэффициент мощности» [3].

Проведем расчет для ЩС-1-1.

Токарный станок:

$$P_{\text{н}} \cdot K_{\text{и}} \cdot \text{tg } \varphi = 0,64 \cdot 1,73 = 1,10$$

Фрезерный станок:

$$P_{\text{н}} \cdot K_{\text{и}} \cdot \text{tg } \varphi = 0,64 \cdot 1,73 = 1,10$$

Сверлильный станок 5,5 кВт:

$$P_{\text{н}} \cdot K_{\text{и}} \cdot \text{tg } \varphi = 0,39 \cdot 1,73 = 0,88$$

Наждачный станок:

$$P_{\text{н}} \cdot K_{\text{и}} \cdot \text{tg } \varphi = 0,39 \cdot 1,73 = 0,67$$

Переносной инструмент:

$$P_{\text{н}} \cdot K_{\text{и}} \cdot \text{tg } \varphi = 0,27 \cdot 1,73 = 0,46$$

Итого для ЩС-1-1:

$$\sum P_H \cdot K_H \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1,10 + 1,10 + 1,52 + 0,67 + 0,46 = 4,85.$$

Так же выполняем расчет для остального оборудования щитов ЩС-1-2, ЩС-1-3, ЩС-1-4, ЩС-2-5, ЩС-2-6, ЩС-2-7, ЩС-2-8.

Итого для всех щитов:

$$\begin{aligned} \sum P_H \cdot K_H \cdot \operatorname{tg} \varphi &= 4,85 + 45,12 + 118,48 + 15,48 + 140,38 + \\ &+ 10,72 + 2,1 + 16,8 = 353,93. \end{aligned}$$

«После этого можно найти среднее значение коэффициента мощности по формуле:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.}} = \frac{\sum K_H \cdot P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\sum K_H \cdot P_H} \quad [3] \quad (12)$$

Для ЩС-1-1:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.}} = \frac{4,85}{2,82} = 1,71;$$

Для ЩС-1-2:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.}} = \frac{45,12}{66,46} = 0,67;$$

Для ЩС-1-3:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.}} = \frac{118,48}{69,49} = 1,70;$$

Для ЩС-1-4:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.}} = \frac{15,48}{17,6} = 0,87;$$

Для ЩС-2-5:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.}} = \frac{140,38}{148,6} = 0,94;$$

Для ЩС-2-6:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.}} = \frac{10,72}{14,3} = 0,75;$$

Для ЩС-2-7:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.}} = \frac{2,1}{2,8} = 0,75;$$

Для ЩС-2-8:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.}} = \frac{16,8}{22,4} = 0,75;$$

Для всех щитов:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.}} = \frac{353,47}{344,47} = 1,02;$$

«Найдем эффективное количество ЭП, используя формулу:

$$n_{\text{э}} = \frac{(\sum P_{\text{н}})^2}{\sum n p_{\text{н}}^2}, \quad (13)$$

где $P_{\text{н}}$ – номинальная (установленная) мощность группы электроприемников,

$p_{\text{н}}$ – номинальная (установленная) мощность одного электроприемника.

Полученные значения округляются до меньшего целого числа» [3].

Для ЩС-1-1:

$$n_{\text{э}} = \frac{20,8^2}{4^2 + 4^2 + 5,5^2 + 2,8^2 + 3 \cdot 1,5^2} = 4;$$

Для ЩС-1-2:

$$n_{\text{э}} = \frac{97,3^2}{4,5^2 + 3 \cdot 2,2 + 5 \cdot 7^2 + 1,9^2 + 10 \cdot 0,75^2 + 3 \cdot 3,3^2 + 7 \cdot 2,2^2 + 3 \cdot 5,5^2},$$

$$n_{\text{э}} = 4;$$

Для ЩС-1-3:

$$n_{\text{э}} = \frac{149,9^2}{2 \cdot 15^2 + 3 \cdot 3,3^2 + 2 \cdot 5,5^2} = 1;$$

Для ЩС-1-4:

$$n_{\text{э}} = \frac{22^2}{11^2 + 11^2} = 2;$$

Для ЩС-2-5:

$$n_3 = \frac{187,5^2}{100 \cdot 1,5^2 + 16,5^2 + 2,5^2 + 2 \cdot 7,5^2 + 3,5^2} = 1;$$

Для ЩС-2-6:

$$n_3 = \frac{22^2}{2 \cdot 11^2} = 1;$$

Для ЩС-2-7:

$$n_3 = \frac{3,5^2}{3,5^2} = 1;$$

Для ЩС-2-8:

$$n_3 = \frac{28^2}{5 \cdot 5,6^2} = 1;$$

Для всех щитов:

$$n_3 = \frac{531^2}{90,34 + 1956,09 + 13098,01 + 23015 + 484 + 12,25 + 784} = 13;$$

Далее посчитаем коэффициент расчетной нагрузки. Для ЩС используем таблицу А2, а для нахождения значения по заводу таблица А2.

Для ЩС-1-1 $K_p = 2,5$;

Для ЩС-1-2 $K_p = 1,1$;

Для ЩС-1-3 $K_p = 1,2$;

Для ЩС-1-4 $K_p = 1$;

Для ЩС-2-5 $K_p = 1$;

Для ЩС-2-6 $K_p = 1,2$;

Для ЩС-2-7 $K_p = 1$;

Для ЩС-2-8 $K_p = 1$;

Для всего завода $K_p = 0,9$.

Посчитаем расчетную активную нагрузку по формуле:

$$P_p = K_p \cdot \sum K_{и} \cdot P_{н}, \quad (14)$$

Для ЩС-1-1:

$$P_p = 2,5 \cdot 2,182 = 7,05 \text{ кВт};$$

Для ЩС-1-2:

$$P_p = 1,1 \cdot 66,46 = 73,10 \text{ кВт};$$

Для ЩС-1-3:

$$P_p = 1,2 \cdot 69,49 = 83,38 \text{ кВт};$$

Для ЩС-1-4:

$$P_p = 1 \cdot 17,6 = 17,6 \text{ кВт};$$

Для ЩС-2-5:

$$P_p = 1 \cdot 148,6 = 148,6 \text{ кВт};$$

Для ЩС-2-6:

$$P_p = 1,2 \cdot 14,3 = 17,16 \text{ кВт};$$

Для ЩС-2-7:

$$P_p = 1 \cdot 2,8 = 2,8 \text{ кВт};$$

Для ЩС-2-8:

$$P_p = 1 \cdot 22,4 = 22,4 \text{ кВт};$$

Для завода:

$$P_p = 0,9 \cdot 344,47 = 310,02 \text{ кВт}.$$

Далее найдем расчетную реактивную нагрузку.

Она определяется: при $n_s \leq 10$ по формуле:

$$Q_p = 1,1 \cdot \sum K_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (15)$$

а если $n_s > 10$, по формуле:

$$Q_p = \sum K_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (16)$$

Для ЩС-1-1:

$$Q_p = 1,1 \cdot 4,85 = 5,33 \text{ квар};$$

Для ЩС-1-2:

$$Q_p = 1,1 \cdot 45,12 = 49,63 \text{ квар};$$

Для ЩС-1-3:

$$Q_p = 1,1 \cdot 118,49 = 130,32 \text{ квар};$$

Для ЩС-1-4:

$$Q_p = 1,1 \cdot 15,48 = 17,02 \text{ квар};$$

Для ЩС-2-5:

$$Q_p = 1,1 \cdot 140,38 = 154,41 \text{ квар};$$

Для ЩС-2-6:

$$Q_p = 1,1 \cdot 10,72 = 11,79 \text{ квар};$$

Для ЩС-2-7:

$$Q_p = 1,1 \cdot 2,1 = 2,31 \text{ квар};$$

Для ЩС-2-8:

$$Q_p = 1,1 \cdot 22,4 = 24,64 \text{ квар};$$

Для завода, так как $n_3 > 10$, по формуле:

$$Q_p = \sum K_{\text{И}} \cdot P_{\text{Н}} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (17)$$

$$Q_p = 353,47 = 353,47 \text{ квар}.$$

Затем найдем полную мощность по формуле:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (18)$$

Для ЩС-1-1:

$$S_p = \sqrt{20,8^2 + 5,33^2} = 8,83 \text{ кВА};$$

Для ЩС-1-2:

$$S_p = \sqrt{97,3^2 + 49,63^2} = 73,43 \text{ кВА};$$

Для ЩС-1-3:

$$S_p = \sqrt{149,9^2 + 130,32^2} = 154,71 \text{ кВА};$$

Для ЩС-1-4:

$$S_p = \sqrt{22^2 + 17,02^2} = 24,48 \text{ кВА};$$

Для ЩС-2-5:

$$S_p = \sqrt{187,5^2 + 154,41^2} = 214,29 \text{ кВА};$$

Для ЩС-2-6:

$$S_p = \sqrt{22^2 + 11,79^2} = 20,81 \text{ кВА};$$

Для ЩС-2-7:

$$S_p = \sqrt{3,5^2 + 2,31^2} = 3,62 \text{ кВА};$$

Для ЩС-2-8:

$$S_p = \sqrt{28^2 + 18,48^2} = 29,03 \text{ кВА};$$

Для завода:

$$S_p = \sqrt{8,83^2 + 73,43^2 + 154,71^2 + 24,48^2 + 214,29^2 + 20,81^2 + 3,62^2 + 29,03^2}$$
$$S_p = 497,60 \text{ кВА};$$

Вычислим расчетный ток по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (19)$$

Для ЩС-1-1:

$$I_p = \frac{8,83}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 8,33 \text{ А};$$

Для ЩС-1-2:

$$I_p = \frac{73,43}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 69,27 \text{ А};$$

Для ЩС-1-3:

$$I_p = \frac{154,71}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 145,95 \text{ А};$$

Для ЩС-1-4:

$$I_p = \frac{24,48}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 23,09 \text{ A};$$

Для ЩС-2-5:

$$I_p = \frac{214,29}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 202,16 \text{ A};$$

Для ЩС-2-6:

$$I_p = \frac{20,81}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 19,63 \text{ A};$$

Для ЩС-2-7:

$$I_p = \frac{3,62}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 3,4 \text{ A};$$

Для ЩС-2-8:

$$I_p = \frac{29,03}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 27,38 \text{ A};$$

Для завода:

$$I_p = \frac{497,60}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 469,43 \text{ A}.$$

Подведем итог расчетных мощностей с учетом освещения.

$$P_p = 310,02 + 28,24 = 17,5 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 353,47 + 90,98 = 444,45 \text{ квар},$$

$$S_p = \sqrt{627,74^2 + 444,45^2} = 769,15 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{769,15}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 725,61 \text{ А}.$$

Все полученные данные внесем в таблицу1.

Основные положения по определению расчетных электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм. «Определение эффективного числа электроприемников. Под эффективным числом электроприемников понимается такое число однородных по режиму работы приемников одинаковой мощности, которое обуславливает ту же величину расчетной нагрузки, что и группа фактических различных по номинальной мощности и режиму работы приемников» [11].

Полная нагрузка потребителей электрической энергии:

$$P_H = 627,74 \text{ кВт},$$

$$P_p = 338,26 \text{ кВт},$$

$$S_p = 769,15 \text{ кВА},$$

$$I_p = 725,61 \text{ А}.$$

Таблица 1 - Потребители электрической энергии и их параметры работы

Исходные данные						Расчетные величины		mэ	Kp	Расчетная мощность			Ip, A
по заданию технологов				по справочным данным		KИ·PИ	KИ·PИ·tgφ			Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА	
Наименование ЭП	п, шт.	Номинальная мощность, кВт		KИ	cosφ / tgφ								
		одного ЭП pи	общая Pи										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Токарный станок	1	4,0	4,0	0,16	0,6 / 1,73	0,64	1,10	-	-	-	-	-	-
Фрезерный станок	1	4,0	4,0	0,16	0,6/ 1,73	0,64	1,10	-	-	-	-	-	-
Сверлильный станок	1	5,5	5,5	0,16	0,6 / 1,73	0,88	1,52	-	-	-	-	-	-
Наждачный станок	1	2,8	2,8	0,14	0,5/1,73	0,39	0,67	-	-	-	-	-	-
Переносной инструмент	3	1,5	4,5	0,06	0,6/1,73	0,27	0,46	-	-	-	-	-	-
Итого по участку ЦС-1-1	7	-	20,8	0,13	-/1,71	2,82	4,85	4	2,5	7,05	5,33	8,83	8,33
Освещение	127	0,048	6,1	0,9	0,95	-	-	-	-	2	-	-	-
Штамповочный пресс	1	4,5	4,5	0,24	0,65/1,17	1,08	1,26	-	-	-	-	-	-
Мешалки	3	2,2	6,6	0,24	0,6/1,73	1,58	2,74	-	-	-	-	-	-
Печь сопротивления	5	7,0	35	0,8	0,95/0,33	28	9,24	-	-	-	-	-	-
Дозатор	1	1,9	1,9	0,24	0,6/1,73	0,45	0,78	-	-	-	-	-	-
Поточные линии с ЧПУ	10	0,75	7,5	0,6	0,7/0,88	4,5	3,96	-	-	-	-	-	-
Транспортеры	3	3,3	9,9	0,6	0,8/0,88	5,94	5,22	-	-	-	-	-	-
Элеваторы, шнеки	7	2,2	15,4	0,6	0,7/0,88	9,24	8,13	-	-	-	-	-	-
Вакуум-насосы	3	5,5	16,5	0,95	0,8/0,88	15,67	13,79	-	-	-	-	-	-
Итого по участку ЦС-1-2	33	-	97,3	0,68	-/0,67	66,46	45,12	4	1,1	73,10	49,63	73,43	69,27
Освещение	404	0,100	40,4	0,9	0,95	-	-	-	-	13,4	-	-	-
Кран-балки	2	15	30	0,05	0,5/1,73	1,5	2,59	-	-	-	-	-	-
Тельферы	3	3,3	9,9	0,1	0,5/1,73	0,99	1,71	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Вагона опрокидыватель	1	2×55	110	0,6	0,5/1,73	66	114,18	-	-	-	-	-	-
Итого по участку ЩС-1-3	6	-	149,9	0,68	-/1,70	69,49	118,48	1	1,2	83,38	130,32	154,71	145,95
Освещение	135	0,100	13,5	0,9	0,95	-	-	-	-	4,5	-	-	-
Грохоты	1	11	11	0,8	0,8/0,88	8,8	7,74	-	-	-	-	-	-
Шаровые мельницы	1	11	11	0,8	0,8/0,88	8,8	7,74	-	-	-	-	-	-
Итого по участку ЩС-1-4	2	-	22	0,8	-/0,87	17,6	15,48	2	1	17,6	17,02	24,48	23,09
Освещение	27	0,100	2,7	0,9	0,95	-	-	-	-	1	-	-	-
Административно бытовой корпус с лабораторией	100	1,5	150	0,8	0,87/0,88	120	105,6	-	-	-	-	-	-
Станок для испытания СИП 800К2Л	1	16,5	16,5	0,8	0,6/1,73	13,2	22,83	-	-	-	-	-	-
Щит пожарной охраны с автоматикой	1	2,5	2,5	0,1	0,8/0,75	0,25	0,18	-	-	-	-	-	-
Санитарно-техническая вентиляция	2	7,5	15	0,8	0,85/0,75	12	9	-	-	-	-	-	-
Автовесы	1	3,5	3,5	0,9	0,96/0,88	3,15	2,77	-	-	-	-	-	-
Итого по участку ЩС-2-5	105	-	187,5	0,79	-/0,94	148,6	140,38	1	1	148,6	154,41	214,29	202,16
Освещение	423	0,048	20,3	0,9	0,95	-	-	-	-	6,7	-	-	-
Очистные сооружения	2	11	22	0,65	0,8/0,75	14,3	10,72	-	-	-	-	-	-
Итого по участку ЩС-2-6	2	-	22	0,65	-/0,75	14,3	10,72	1	1,2	17,16	11,79	20,81	19,63
Освещение	10	0,048	0,48	0,9	0,95	-	-	-	-	0,16	-	-	-
Оборудование водоподготовки	1	3,5	3,5	0,8	0,87/0,75	2,8	2,1	-	-	-	-	-	-
Итого по участку ЩС-2-7	1	-	3,5	0,8	-/0,75	2,8	2,1	1	1	2,8	2,31	3,62	3,4
Освещение	10	0,048	0,48	0,9	0,95	-	-	-	-	0,16	-	-	-
Компрессоры	5	5,6	28	0,8	0,85/0,75	22,4	16,8	-	-	-	-	-	-
Итого по участку ЩС-2-8	5	-	28	0,8	-/0,75	22,4	16,8	1	1	22,4	18,48	29,03	27,38

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Освещение	20	0,048	0,96	0,9	0,95	-	-	-	-	0,32	-	-	-
Уличное освещение	82	0,150	12,3	0,85	0,95	-	-	-	-	4,1	-	-	-
Итого по всем ИЭС	161	-	531	0,64	-1,02	344,47	353,93	13	0,9	310,02	353,47	497,60	469,43
Итого с учетом внутреннего и уличного освещения	-	-	627,74	-	-	-	536,71	-	-	338,26	444,45	769,15	725,61
Итого по стороне 10кВ	-	-	627,74	0,65	-1,02	344,47	353,93	-	-	223,90	230,05	321,02	302

2.3 Наружное освещение всей территории завода

Проектом предусматривается устройство наружного освещения территории, проектируемых дорог вокруг зданий. Минимальный уровень освещенности выбран в соответствии с требованиями СП 52.13330.2016

«Естественное и искусственное освещение» и обеспечивается светильниками, установленными на опорах освещения и прожекторами со светодиодными источниками света установленными на фасадах зданий [7].

Напряжение осветительной сети 400/230 В.

Прожекторы наружного освещения СДО 3 - 150 – устанавливаемыми на ж/б опорах на $h = 8,0$ м от земли, сети электроснабжения укладываются в траншее. Управление прожекторами осуществляется четырьмя щитами ЯУО. В щитах ЯУО предусмотрено автоматическое и диспетчерское управление. Автоматическое управление реализовано за счет датчиков света «фотореле», установленных на фасадах зданий и осуществляющих контроль освещенности территории. Диспетчерское управление позволяет включать и отключать освещение, не зависимо от естественной освещенности.

2.4 Выбор экономически целесообразного сечения проводников

Выбор сечений проводников питающей сети 0,4 кВ проводится по ГОСТ 31996-2012 и ГОСТ Р 50571.5.52-2011 с учетом требований РД 34.20.508-80 и ПУЭ таб.1.3.26 с проверкой выбранного сечения по таб 1.3.36. ПУЭ «экономическая плотность тока» и по требованиям ГОСТ Р 50571.5.52-2011[1] к падению напряжения в конце питающей линии.

Расчетная нагрузка на:

ЩС-1-1 $I_p = 8,33$ А

ЩС-2-5 $I_p = 202,16$ А

ЩС-1-2 $I_p = 69,27$ А

ЩС-2-6 $I_p = 19,63$ А

ЩС-1-3 $I_p = 145,95 \text{ А}$

ЩС-2-7 $I_p = 3,41 \text{ А}$

ЩС-1-4 $I_p = 23,09 \text{ А}$

ЩС-2-8 $I_p = 27,38 \text{ А}$

Допустимый длительный ток ($I_{дл.доп.}$) для выбранного сечения кабеля, выбирается по ГОСТ 31996-2012 или каталогам завода-изготовителя.

Пропускная способность кабеля:

ВВГнг(А)-LS 5×1,5 по условиям нагрева при прокладке в земле $I_{дл} = 27 \times 0,93 = 25,11 \text{ А}$ (таб.19 ГОСТ 31996-2012). $I_{дл.}$ по ГОСТ Р 50571.5.52-2011 м. В.52.11 $I_{дл.} = 27 \text{ А}$. За расчётное принимаем $I_{дл} = 25,11 \text{ А}$.

ВВГнг(А)-LS 5×2,5 по условиям нагрева при прокладке в земле $I_{дл} = 36 \times 0,93 = 33,48 \text{ А}$ (таб.19 ГОСТ 31996-2012). $I_{дл.}$ по ГОСТ Р 50571.5.52-2011 м. В.52.11 $I_{дл.} = 36 \text{ А}$. За расчётное принимаем $I_{дл} = 33,48 \text{ А}$.

ВВГнг(А)-LS 5×10 по условиям нагрева при прокладке в земле $I_{дл} = 79 \times 0,93 = 73,47 \text{ А}$ (таб.19 ГОСТ 31996-2012). $I_{дл.}$ по ГОСТ Р 50571.5.52-2011 м. В.52.11 $I_{дл.} = 79 \text{ А}$. За расчётное принимаем $I_{дл} = 73,47 \text{ А}$.

ВВГнг(А)-LS 5×50 по условиям нагрева при прокладке в земле $I_{дл} = 187 \times 0,93 = 173,91 \text{ А}$ (таб.19 ГОСТ 31996-2012). $I_{дл.}$ по ГОСТ Р 50571.5.52-2011 м. В.52.11 $I_{дл.} = 187 \text{ А}$. За расчётное принимаем $I_{дл} = 173,91 \text{ А}$.

ВВГнг(А)-LS 5×70 по условиям нагрева при прокладке в земле $I_{дл} = 231 \times 0,93 = 214,83 \text{ А}$ (таб.19 ГОСТ 31996-2012). $I_{дл.}$ по ГОСТ Р 50571.5.52-2011 м. В.52.11 $I_{дл.} = 231 \text{ А}$. За расчётное принимаем $I_{дл} = 214,83 \text{ А}$.

Выбор экономически целесообразного сечения s , мм^2 , определяется из соотношения.

$$S_{\Sigma} = I / J_{\Sigma}, \quad (20)$$

где, I - расчетный ток в час максимума энергосистемы, в нормальном режиме работы;

J_{Σ} – нормированное значение экономической плотности тока А/мм^2 , для заданных условий работы.

При числе часов использования максимума нагрузка в год от 3000 до 5000 работы:

Для ЩС-1-1:

$$S_{\Sigma} = 8,33 / 3,1 = 2,68 \text{ мм}^2$$

Для ЩС-2-5

$$S_{\Sigma} = 202,16 / 3,1 = 65,21 \text{ мм}^2$$

Для ЩС-1-2

$$S_{\Sigma} = 69,27 / 3,1 = 22,34 \text{ мм}^2$$

Для ЩС-2-6

$$S_{\Sigma} = 19,63 / 3,1 = 6,33 \text{ мм}^2$$

Для ЩС-1-3:

$$S_{\Sigma} = 145,95 / 3,1 = 47,08 \text{ мм}^2$$

Для ЩС-2-7:

$$S_{\Sigma} = 3,41 / 3,1 = 1,1 \text{ мм}^2$$

Для ЩС-1-4:

$$S_{\Sigma} = 23,09 / 3,1 = 7,45 \text{ мм}^2$$

Для ЩС-2-8:

$$S_{\Sigma}=27,38 /3,1= 8,83\text{мм}^2$$

По экономической плотности тока необходимо выбрать ближайшее стандартное сечение кабеля. Ближайшее стандартное сечение ВВГнг(А)-LS:

- ЩС-1-1 нужно 4 мм²;
- ЩС-2-5 нужно 70 мм²;
- ЩС-1-2 нужно 25 мм²;
- ЩС-2-6 нужно 10 мм²;
- ЩС-1-3 нужно 50 мм²;
- ЩС-2-7 нужно 1,5 мм²;
- ЩС-1-4 нужно 70 мм²;
- ЩС-2-8 нужно 10 мм².

2.5 Производим проверку сечения провода по потере напряжения

В соответствии с ГОСТ 32144-2013, в электрической сети потребителя должны быть обеспечены условия, при которых отклонения напряжения питания на зажимах электроприемников не превышают установленных для них допустимых значений.

«Базовым значением для определения отклонения напряжения являются потери напряжения до наиболее удаленного электроприемника. При расчете сети 0,4 кВ потери напряжения от шин 0,4 кВ ТП до наиболее удаленного электроприемника не должны превышать, согласно СП 31-110-2003 7,5%».[31]

«Падение напряжения определяются по формуле:

$$U = b \left(p_1 \frac{L \cdot \cos \varphi}{S} + \lambda L \sin \varphi \right) I_{\text{в}}, \quad (21)$$

где b – коэффициент, равный 1 для трехфазовых схем, и равный 2 для однофазных схем.

P_1 – удельное сопротивление проводников в нормальных условиях, то есть 1,25 удельного сопротивления при 20°C, или 0,0175 Ом*мм²/м для меди,

L – длина электропроводки, м;

S – площадь поперечного сечения проводников, мм²,

$\cos \phi$ – коэффициент мощности; принимается равным 0,95

λ – реактивное сопротивление на единицу длины проводников, который принимается равным 0,063 мОм/м (0,0000630м),

I_b – расчетный ток, А.

Соответствующее падение напряжения в процентах равно:

$$\Delta U = 100 \frac{U}{U_0} \% , \quad (22)$$

U_0 – напряжение между фазой и нейтралью, в вольтах». [31]

Расчет выполняем по (21) и (22) для линии от РП до ЩС-1-1:

$$U = 1 \left(0,0175 \frac{400 \cdot 0,85}{16} + 0,000063 \cdot 400 \cdot 1,62 \right) 8,33 = 3,41 \text{ В}$$

$$\Delta U = 100 \frac{U}{U_0} \% = 100 \left(\frac{3,41}{380} \right) = 0,9\%$$

Линии от РП до ЩС-1-2 по (21) и (22):

$$U = 1 \left(0,0175 \frac{200 \cdot 0,85}{100} + 0,000063 \cdot 200 \cdot 1,62 \right) 69,27 = 3,47 \text{ В}$$

$$\Delta U = 100 \frac{U}{U_0} \% = 100 \left(\frac{3,47}{380} \right) = 0,9\%$$

Линии от РП до ЩС-1-3 по (21) и (22):

$$U = 1 \left(0,0175 \frac{200 \cdot 0,85}{200} + 0,000063 \cdot 200 \cdot 1,62 \right) 145,95 = 5,1 \text{ В}$$

$$\Delta U = 100 \frac{U}{U_0} \% = 100 \left(\frac{5,1}{380} \right) = 1,3\%$$

Линии от РП до ЩС-1-4 по (21) и (22):

$$U = 1 \left(0,0175 \frac{350 \cdot 0,85}{16} + 0,000063 \cdot 350 \cdot 1,62 \right) 23,09 = 8,33 \text{ В}$$

$$\Delta U = 100 \frac{U}{U_0} \% = 100 \left(\frac{8,33}{380} \right) = 2,19\%$$

Линии от РП до ЩС-2-5 по (21) и (22):

$$U = 1 \left(0,0175 \frac{600 \cdot 0,85}{280} + 0,000063 \cdot 600 \cdot 1,62 \right) 202,16 = 18,82 \text{ В}$$

$$\Delta U = 100 \frac{U}{U_0} \% = 100 \left(\frac{202,16}{380} \right) = 4,9\%$$

Линии от РП до ЩС-2-6 по (21) и (22):

$$U = 1 \left(0,0175 \frac{650 \cdot 0,85}{40} + 0,000063 \cdot 650 \cdot 1,62 \right) 19,63 = 7,86 \text{ В}$$

$$\Delta U = 100 \frac{U}{U_0} \% = 100 \left(\frac{7,86}{380} \right) = 2\%$$

Линии от РП до ЩС-2-7 по (21) и (22):

$$U = 1 \left(0,0175 \frac{150 \cdot 0,85}{6} + 0,000063 \cdot 150 \cdot 1,62 \right) 3,4 = 1,80 \text{ В}$$

$$\Delta U = 100 \frac{U}{U_0} \% = 100 \left(\frac{1,80}{380} \right) = 0,4\%$$

Линии от РП доЩС-2-8 по (21) и (22):

$$U = 1 \left(0,0175 \frac{200 \cdot 0,85}{40} + 0,000063 \cdot 200 \cdot 1,62 \right) 27,38 = 2,31\text{В}$$

$$\Delta U = 100 \frac{U}{U_0} \% = 100 \left(\frac{2,31}{380} \right) = 0,6\%$$

Выбранное сечение кабеля удовлетворяют требования по пропускной способности при выбранном способе прокладки, удовлетворяют требованиям по экономической плотности тока и обеспечивают отклонение напряжения от U_n в наиболее удаленной точке сети не превышающее требование в номинальном режиме работы.

2.6 Расчет мощности трансформаторов и выбор компенсирующих установок

«Выбираем напряжение на ГПП.

Рассчитаем активные потери на трансформаторе. Для этого используем формулу:

$$\Delta P_T = \sum S_P \cdot 0,02, \quad (23)$$

На основании формулы (23) активные потери (с учетом установки КУ)» [3]:

$$\Delta P_T = 769,15 \cdot 0,02 = 15,38 \text{ кВт}$$

«Определим суммарную активную мощность всего предприятия. Для этого применим следующую формулу:

$$P_{\text{рп}} = P_{\text{рн}} + \Delta P_{\text{т}} \text{ [3]} \quad (24)$$

$$P_{\text{рп}} = 338,26 + 15,28 = 353,54 \text{ кВт}$$

«По формуле Стилла необходимо определить величину экономически выгодного напряжения» [3] $L = 121,5\text{м}$:

$$U_{\text{рац}} = 4,34 \cdot \sqrt{L \cdot 0,016 \cdot P_{\text{рп}}}, \quad (25)$$

$$U_{\text{рац}} = 4,34 \cdot \sqrt{121,5 \cdot 0,016 \cdot 353,54} = 113,75 \text{ кВ}$$

Принимаем питающее напряжение на ГПП 110 кВ.

«Определим экономически целесообразную реактивную мощность, которая потребляется предприятием из энергосистемы, на стороне ВН ГПП. Ее можно вычислить следующим образом»: [3]

$$Q_{\text{эс}} = P_{\text{рп}} \cdot \text{tg } \varphi_{\text{эс}}, \quad (26)$$

«На основании Таблицы 7 Методического пособия. Определяется коэффициент экономически целесообразной реактивной мощности $\text{tg} \varphi_{\text{эс}}$ ». [3]

$$Q_{\text{эс}} = 353,53 \cdot 0,54 = 190,90 \text{ квар}$$

«Теперь определим полную расчетную мощность промышленного предприятия в целом. Для этого воспользуемся следующей формулой» [3]:

$$S_{\text{рп}} = \sqrt{P_{\text{рп}}^2 + Q_{\text{эс}}^2}, \quad (27)$$

$$S_{\text{рп}} = \sqrt{353,53^2 + 190,90^2} = 401,77 \text{ кВА}$$

«Для того, чтобы определить номинальную мощность трансформаторов на ГПП, воспользуемся следующей формулой» [3]:

$$S_T \geq \frac{S_P \cdot K_{1-2}}{K_{ПЕР}}, \quad (28)$$
$$S_T \geq \frac{401,77 \cdot 0,8}{1,4} = 229,57 \text{ кВА}$$

«На основании Таблицы П8 «Методического пособия» выбираем коэффициент для нахождения мощности. В данном случае $K_{ПЕР} = 1,4$.

На предприятии принимаем к установке два трансформатора» [4] ТМГ 250 кВА 35/0,4 кВ.

«Трансформатор силовой масляный двухобмоточный с естественным охлаждением масла – ТМГ- 250 кВА/35 кВ (ТМГ-250/35/0,4) мощностью 250 кВА обеспечивает понижение напряжения с 35 кВ до 0,4 кВ. ТМГ-250/35/0,4 выполнен в герметичном исполнении с полным заполнением маслом под вакуумом, который характеризуется надежностью, удобностью, мощностью, устойчивостью к любым перегрузкам и ударным токам короткого замыкания. Керамические изоляторы устоят при самых жестких динамических нагрузках. Обмотка низшего напряжения выполнена не из алюминиевых проводов, а из алюминиевой фольги, что включает в себя высокую надежность и простоту намотки.

Предусмотрены соответствующие приборы для:

- контроля уровня масла,
- внутреннего давления в баке и сигнализации в случае превышения им допустимых величин,
- измерения температуры верхних слоев масла на крышке трансформаторов,
- измерения температуры верхних слоев масла,
- управления внешними электрическими цепями.

Предназначены:

- для преобразования электроэнергии в сетях энергосистем и потребителей электроэнергии,
- при наружной или внутренней установке,
- при умеренном (от +40 до -45 °С) или холодном (от +40 до -60°С) климате.

Окружающая среда невзрывоопасна и не содержит пыли в концентрациях, снижающих параметры изделий в недопустимых пределах. ТМГ не предназначены для работы в условиях тряски, вибрации, ударов, в химически активной среде. Высота установки не больше 1000 м. над уровнем моря. Распределительный трехфазный понижающий трансформатор мощностью 250 кВА, класса напряжения изоляции ВН 35 кВ, предназначены для питания непосредственных потребителей электроэнергии» [24].

Характеристики:

- «мощность 250 кВА;
- напряжение первичной обмотки ВН 35 кВ;
- напряжение вторичной обмотки НН 0,4 кВ;
- номинальная частота, Гц 50;
- потери холостого хода, кВт 0,63
- потери короткого замыкания, кВт 3,7;
- ток холостого хода, % 0,022
- напряжение короткого замыкания, % 6,5;
- схема и группа соединения обмоток У/УН-0 У/ЗН-11
- габариты 1490×955×1700
- полная масса, кг 1290
- масса масла, кг 420
- номинальная мощность, кВА 250 кВА» [3].



Рисунок 9 - Трансформатор ТМГ250 кВА 35/0,4 кВ

«Масляный трансформатор ТМГ 250 35/0,4 кВ общепромышленного назначения предназначен для преобразования электроэнергии в сетях энергосистем напряжением 35 кВ и потребителей электроэнергии в условиях наружной или внутренней установки умеренного от -40 до $\pm 45^{\circ}\text{C}$ (исполнение У1 по ГОСТ 15150-69) или холодного от -40 до $\pm 60^{\circ}\text{C}$ климата. Трансформаторы предназначены для эксплуатации в электроустановках [8], подвергающихся воздействию грозовых перенапряжений при обычных мерах грозозащиты. Все трансформаторы ТМГ, как преобразователи энергии полностью обратимы. Первичной может быть любая обмотка, независимо от её расположения относительно расположения её к стержню. Один и тот же трансформатор может быть как повышающим, так и понижающим» [3].

2.7 Расчет номинала автоматического выключателя в РП

Расчет для ЩС-1-1:

«Определяем длительный расчетный ток»:

$$I_p = I_1 = \frac{p_{-1-1}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{20,8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,6 \cdot 0,8} = 65,84 \text{ A.}$$

«Выберем номинальный ток расцепителя из условия» [3]:

$$I_{н.р} \geq I_p \geq 65,84 \text{ A}$$

«Автоматический выключатель серии ВА-99М с $I_{н.р} = 80 \text{ A}$. Выбор выключателей проводится по таблице [27, табл. 2.2] или по данным производителей из других источников» [4].

«Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске» [4]:

$$I_{ср.э} \geq 1,25 I_{кр},$$

«На электромагнитном расцепителе ток трогания установлен на $10 I_{нр}$, значит, $I_{ср.эл} = 800 \text{ A}$ » [4]

«Для проверки найдем максимальный кратковременный ток» [4]:

$$I_{кр} = I_{п} = I_1 \cdot \frac{I_{п}}{I_{н}} = 65,84 \cdot 7,5 = 493,8 \text{ A.}$$

$$I_{ср.эл} \geq 1,25 \cdot I_{кр} = 1,25 \cdot 222 = 632,06 \text{ A.}$$

$$800 \text{ A} > 632,06 \text{ A.}$$

Значит, выбранный выключатель подходит по всем условиям.

Расчет для ЩС-1-2:

«Определяем длительный расчетный ток»:

$$I_p = I_1 = \frac{p_{-1-2}}{\sqrt{3} \cdot U_{н} \cdot \cos \varphi_{н} \cdot \eta_{н}} = \frac{97,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 230,99 \text{ A.}$$

«Выберем номинальный ток расцепителя из условия» [3]:

$$I_{н.р} \geq I_p \geq 230,99 \text{ А.}$$

«Автоматический выключатель серии ВА-99М с $I_{н.р} = 250 \text{ А}$. Выбор выключателей проводится по таблице [27, табл. 2.2] или по данным производителей из других источников». [3]

«Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске» [3]:

$$I_{ср.э} \geq 1,25I_{кр},$$

«На электромагнитном расцепителе ток трогания установлен на $10 I_{нр}$, значит, $I_{ср.эл} = 2500 \text{ А}$ » [3] .

«Для проверки найдем максимальный кратковременный ток» [3]:

$$I_{кр} = I_{п} = I_1 \cdot \frac{I_{п}}{I_{н}} = 230,99 \cdot 7,5 = 1732,42 \text{ А.}$$

$$I_{ср.эл} \geq 1,25 \cdot I_{кр} = 1,25 \cdot 1732,42 = 2165,53 \text{ А.}$$

$$2500 \text{ А} > 2165,53 \text{ А.}$$

Значит, выбранный выключатель подходит по всем условиям.

Расчет для ЩС-1-3:

«Определяем длительный расчетный ток»:

$$I_p = I_1 = \frac{p_{-1-3}}{\sqrt{3} \cdot U_{н} \cdot \cos \varphi_{н} \cdot \eta_{н}} = \frac{149,9 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 355,86 \text{ А.}$$

«Выберем номинальный ток расцепителя из условия» [3]:

$$I_{н.р} \geq I_p \geq 355,86 \text{ А.}$$

«Автоматический выключатель серии ВА-99С с $I_{н,р} = 400$ А. Выбор выключателей проводится по таблице [27, табл. 2.2] или по данным производителей из других источников» [3].

«Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске» [3]:

$$I_{ср.э} \geq 1,25I_{кр},$$

«На электромагнитном расцепителе ток трогания установлен на $10 I_{нр}$, значит, $I_{ср.эл} = 4500$ А» [3].

«Для проверки найдем максимальный кратковременный ток» [3]:

$$I_{кр} = I_{П} = I_1 \cdot \frac{I_{П}}{I_{Н}} = 355,86 \cdot 7,5 = 2668,95 \text{ А.}$$

$$I_{ср эл} \geq 1,25 \cdot I_{кр} = 1,25 \cdot 2668,95 = 3336,18 \text{ А.}$$

$$4500 \text{ А} > 3336,18 \text{ А.}$$

Значит, выбранный выключатель подходит по всем условиям.

Расчет для ЩС-1-4:

«Определяем длительный расчетный ток»:

$$I_p = I_1 = \frac{p_{-1-4}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{22 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 52,22 \text{ А.}$$

«Выберем номинальный ток расцепителя из условия» [3]:

$$I_{н,р} \geq I_p \geq 52,22 \text{ А.}$$

«Автоматический выключатель серии ВА-99М с $I_{н.р} = 63$ А. Выбор выключателей проводится по таблице [27, табл. 2.2] или по данным производителей из других источников» [3].

«Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске» [3]:

$$I_{ср.э} \geq 1,25 I_{кр},$$

«На электромагнитном расцепителе ток трогания установлен на $10 I_{нр}$, значит, $I_{ср.эл} = 630$ А» [3].

«Для проверки найдем максимальный кратковременный ток» [3]:

$$I_{кр} = I_{п} = I_1 \cdot \frac{I_{п}}{I_{н}} = 52,22 \cdot 7,5 = 391,65 \text{ А.}$$

$$I_{ср.эл} \geq 1,25 \cdot I_{кр} = 1,25 \cdot 391,65 = 489,56 \text{ А.}$$

$$630 \text{ А} > 489,56 \text{ А.}$$

Значит, выбранный выключатель подходит по всем условиям.

Расчет для ЩС-2-5:

«Определяем длительный расчетный ток»:

$$I_p = I_1 = \frac{p_{-2-5}}{\sqrt{3} \cdot U_{н} \cdot \cos \varphi_{н} \cdot \eta_{н}} = \frac{187,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 445,12 \text{ А.}$$

«Выберем номинальный ток расцепителя из условия» [3]:

$$I_{н.р} \geq I_p \geq 445,12 \text{ А.}$$

«Автоматический выключатель серии ВА-99М с $I_{н.р} = 500$ А. Выбор выключателей проводится по таблице [27, табл. 2.2] или по данным производителей из других источников» [3].

«Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске»: [3]

$$I_{ср.э} \geq 1,25I_{кр},$$

«На электромагнитном расцепителе ток трогания установлен на $10 I_{нр}$, значит, $I_{ср.эл} = 4500$ А» [3]

«Для проверки найдем максимальный кратковременный ток»: [3]

$$I_{кр} = I_{п} = I_1 \cdot \frac{I_{п}}{I_{н}} = 445,12 \cdot 7,5 = 3338,4 \text{ А.}$$

$$I_{ср эл} \geq 1,25 \cdot I_{кр} = 1,25 \cdot 3338,4 = 4173 \text{ А.}$$

$$4500 \text{ А} > 4173 \text{ А.}$$

Значит, выбранный выключатель подходит по всем условиям.

Расчет для ЩС-2-6:

«Определяем длительный расчетный ток»:

$$I_p = I_1 = \frac{p_{-2-6}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{22 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 52,22 \text{ А.}$$

«Выберем номинальный ток расцепителя из условия»: [3]

$$I_{н.р} \geq I_p \geq 52,22 \text{ А.}$$

«Автоматический выключатель серии ВА-99М с $I_{н.р} = 63$ А. Выбор выключателей проводится по таблице [27, табл. 2.2] или по данным производителей из других источников» [3].

«Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске»: [3]

$$I_{ср.э} \geq 1,25I_{кр},$$

«На электромагнитном расцепителе ток трогания установлен на $10 I_{нр}$, значит, $I_{ср.эл} = 630$ А» [3] .

«Для проверки найдем максимальный кратковременный ток» [3]:

$$I_{кр} = I_{п} = I_1 \cdot \frac{I_{п}}{I_{н}} = 52,22 \cdot 7,5 = 391,65 \text{ А.}$$

$$I_{ср эл} \geq 1,25 \cdot I_{кр} = 1,25 \cdot 391,65 = 489,56 \text{ А.}$$

$$630 \text{ А} > 489,56 \text{ А.}$$

Значит, выбранный выключатель подходит по всем условиям.

Расчет для ЩС-2-7:

«Определяем длительный расчетный ток» :

$$I_p = I_1 = \frac{p_{-2-7}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{3,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 8,3 \text{ А.}$$

«Выберем номинальный ток расцепителя из условия» [3]:

$$I_{н.р} \geq I_p \geq 8,3 \text{ А.}$$

«Автоматический выключатель серии ВА-99М с $I_{н.р} = 10$ А. Выбор выключателей проводится по таблице [27, табл. 2.2] или по данным производителей из других источников» [3].

«Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске» [3]:

$$I_{ср.э} \geq 1,25I_{кр},$$

«На электромагнитном расцепителе ток трогания установлен на 10 $I_{нр}$, значит, $I_{ср.эл} = 100$ А» [3].

«Для проверки найдем максимальный кратковременный ток» [3]:

$$I_{кр} = I_{п} = I_1 \cdot \frac{I_{п}}{I_{н}} = 8,3 \cdot 7,5 = 62,25 \text{ А.}$$

$$I_{ср эл} \geq 1,25 \cdot I_{кр} = 1,25 \cdot 62,25 = 77,8 \text{ А.}$$

$$100 \text{ А} > 77,8 \text{ А.}$$

Значит, выбранный выключатель подходит по всем условиям.

Расчет для ЩС-2-8:

«Определяем длительный расчетный ток»:

$$I_p = I_1 = \frac{p_{-2-8}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{28 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 66,47 \text{ А.}$$

«Выберем номинальный ток расцепителя из условия» [3]:

$$I_{н.р} \geq I_p \geq 66,47 \text{ А.}$$

«Автоматический выключатель серии ВА-99М с $I_{н.р} = 80$ А. Выбор выключателей проводится по таблице [27, табл. 2.2] или по данным производителей из других источников» [3].

«Устанавливаем невозможность срабатывания автоматического выключателя при пуске» [3]:

$$I_{ср.э} \geq 1,25 I_{кр},$$

«На электромагнитном расцепителе ток трогания установлен на $10 I_{нр}$, значит, $I_{ср.эл} = 800$ А» [3].

«Для проверки найдем максимальный кратковременный ток» [3]:

$$I_{кр} = I_{п} = I_1 \cdot \frac{I_{п}}{I_{н}} = 66,47 \cdot 7,5 = 498,52 \text{ А.}$$

$$I_{ср.эл} \geq 1,25 \cdot I_{кр} = 1,25 \cdot 498,52 = 623,15 \text{ А.}$$

$$800 \text{ А} > 623,15 \text{ А.}$$

Значит, выбранный выключатель подходит по всем условиям.

2.8 Расчет тока короткого замыкания на стороне 0,4 кВ

В сетях с глухозаземленной нейтралью, должно быть обеспечено надежное отключение линии защитным аппаратом однофазного КЗ. Такое отключение обеспечивается при соблюдении условия отключения токов однофазного КЗ в конце защищаемой линии за время не более 5 сек. Проверка времени срабатывания защитного устройства определяется наложением величины тока КЗ на ампер-секундную характеристику защитного устройства.

Исходные данные:

$$- L_{вн} = 150 \text{ м;}$$

- $L_{\text{кл1}} = 270$ м (длина линии ЭСН от РП до ЩС-2-8);
- $L_{\text{кл2}} = 30$ м (длина линии ЭСН ЩС-2-8 до наиболее удаленного потребителя).

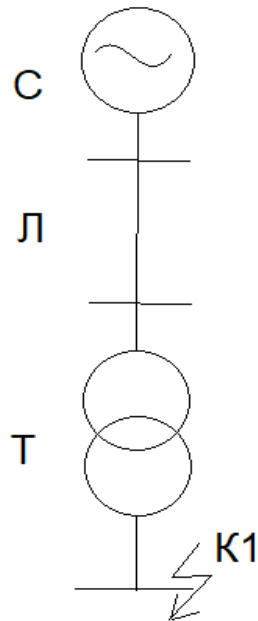


Рисунок 10 – Расчетная схема

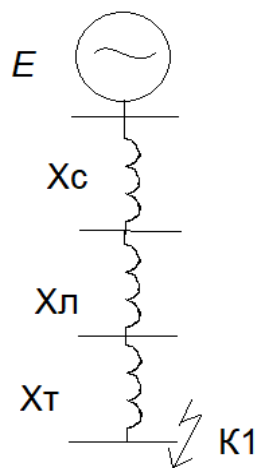


Рисунок 11 – Схема замещения

Таблица 2 – Данные трансформатора

Тип	S _н , кВА	Каталожные данные				
		U _{НОМ} , кВ		U _к , %	P _{вн-нн} , %	U _х , кВт
		ВН	НН			
ТМГ- 250/35	250	35	0,4	6,5	6	2

Для полного расчета токов КЗ запишем дополнительные данные:

$$S_6 = 100 \text{ кВА}; U_6 = 0.4 \text{ кВ}; S_K = 770 \text{ кВА}$$

$$k_{уд} = 1,85; l = 0.15 \text{ км}; x_0 = 0,4 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$$

Индуктивное сопротивление системы:

$$x_c = \frac{S_6}{S_K} = \frac{100}{770} = 0,12 \text{ о. е.}$$

Индуктивное сопротивление питающей линии:

$$x_l = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,4 \cdot 0,15 \cdot \frac{100}{35^2} = 0,0048 \text{ о. е.}$$

Для определения сопротивления трансформатора используем формулу:

$$x_T = \frac{U_K}{100} \cdot \frac{S_6}{S_H} = \frac{0,4}{100} \cdot \frac{100}{25} = 0,0016 \text{ о. е.}$$

Тогда полное сопротивление до точки КЗ равно:

$$x_{K1} = x_c + x_l + x_T = 0,12 + 0,0048 + 0,0016 = 0,14 \text{ о. е.}$$

Определим теперь ток короткого замыкания в точке К1 [20]:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 55,5 \text{ кА}$$

$$I_{П,0} = \frac{E''_{*C}}{x_{рез,К1}} \cdot I_6 = \frac{1}{0,14} \cdot 55,5 = 3,8 \text{ кА}$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{П,0} \cdot k_{уд} = \sqrt{2} \cdot 3,8 \cdot 1,85 = 9,94 \text{ кА}$$

Заполним таблицу 3 – Токи КЗ.

Таблица 3 – Токи КЗ

Точка	Ударный ток	Периодическая составляющая тока КЗ
К1	9,94 кА	3,8 кА

«Определяем полное сопротивление питающей линии до точки короткого замыкания:

$$Z_{л} = \sqrt{(R_{л}^2 + X_{л}^2)}, \text{ Ом} \gg [27] \quad (29)$$

$$Z_{л} = \sqrt{(R_{вн}^2 + X_{вн}^2)} = \sqrt{(0,087^2 + 0,36^2)} = 0,37, \text{ Ом}$$

$$Z_{кл1} = \sqrt{(R_{кл1}^2 + X_{кл1}^2)} = \sqrt{(18,9^2 + 0,648^2)} = 18,91, \text{ Ом}$$

$$Z_{кл2} = \sqrt{(R_{кл2}^2 + X_{кл2}^2)} = \sqrt{(4,2^2 + 0,036^2)} = 4,20, \text{ Ом}$$

где:

$R_{л}$ — Активное сопротивление линии, Ом;

$X_{л}$ — Реактивное сопротивление линии, Ом;

«Примечание: Расчет производится для каждого участка линии с различным сечением и/или материалом проводника, с последующим суммированием сопротивлений всех участков

$$(Z_{пл} = Z_{л1} + Z_{л2} + \dots + Z_{лн}) \gg [30] \quad (30)$$

«Активное сопротивление линии определяется по формуле:

$$R_{\text{НЛ}} = L_{\text{фо}} \cdot p / S, \text{ Ом} \gg [4]: \quad (31)$$

$$R_{\text{ВН}} = L_{\text{фо}} \cdot p / S = 600 \cdot 0,0175 / 120 = 0,087 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{КЛ1}} = L_{\text{фо}} \cdot p / S = 1080 \cdot 0,0175 / 10 = 18,9 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{КЛ2}} = L_{\text{фо}} \cdot p / S = 60 \cdot 0,0175 / 2,5 = 4,2 \text{ Ом}$$

где $L_{\text{фо}}$ — Сумма длин фазного и нулевого проводника линии, м;

p — Удельное сопротивление проводника (для алюминия — 0,028, для меди — 0,0175), Ом•мм²/м;

S — Сечение проводника, мм².

«Примечание: формула приведена с учетом, что сечения и материал фазного и нулевого проводников линии одинаковы, в противном случае расчет необходимо выполнять по данной формуле для каждого из проводников индивидуально с последующим суммированием их сопротивлений» [4].

«Реактивное сопротивление линии определяется по формуле:

$$X_{\text{л}} = L_{\text{фо}} \cdot 0,6 / 1000, \text{ Ом} \gg [30] \quad (32)$$

$$X_{\text{ВН}} = L_{\text{фо}} \cdot 0,6 / 1000 = 600 \cdot 0,6 / 1000 = 0,36, \text{ Ом}$$

$$X_{\text{Л1}} = L_{\text{фо}} \cdot 0,6 / 1000 = 1080 \cdot 0,6 / 1000 = 0,648, \text{ Ом}$$

$$X_{\text{Л2}} = L_{\text{фо}} \cdot 0,6 / 1000 = 60 \cdot 0,6 / 1000 = 0,036, \text{ Ом}$$

Таким образом полное сопротивление питающей линии (цепи фаза-ноль) от питающего трансформатора до точки КЗ составит [21]:

$$Z_{\text{пл}} = Z_{\text{ВН}} + Z_{\text{Л1}} + Z_{\text{Л2}} = 0,36 + 0,0648 + 0,036 = 0,460 \text{ Ом}$$

«Определяем сопротивление трансформатора

Как видно из схемы источником питания является трансформатор на 250 кВА, со схемой соединения обмоток «звезда — звезда с выведенной нейтралью». Определяем сопротивление трансформатора по таблице 3» [4]:

$$Z_{\text{тр}}=0,1 \text{ Ом} \quad (33)$$

Рассчитываем ток короткого замыкания

$$I_{\text{кз}}=U_{\text{ф}}/(Z_{\text{тр}(1)}+Z_{\text{пл}})=230/(0,1+0,460)=410 \text{ Ампер.}$$

2.9 Выбор и расчет кабелей 10 кВ

«Рассчитаем высоковольтную нагрузку на напряжение 10 кВ.

Расчет выполняется по тому же принципу, как и с низковольтной нагрузкой цехов. Но количество установленного электрооборудования приравнивается к эффективному числу ЭП. Для определения коэффициента использования и $\text{tg}\varphi$ для всей высоковольтной нагрузки воспользуемся формулами (2.8) и (2.9). При определении коэффициента одновременности необходимо воспользоваться Методическим пособием [Таблица 4, 1] Он зависит от средневзвешенного коэффициента использования и установленного высоковольтного оборудования. $K_o=0,65$.

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum P_{\text{с}}}{\sum P_{\text{н}}} \quad (34)$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{\sum Q_{\text{с}}}{\sum P_{\text{с}}} [22] \quad (35)$$

$$K_{\text{и}} = \frac{344,47}{627,74} = 0,54 \quad \text{tg } \varphi = \frac{353,93}{344,47} = 1,02$$

«Зная коэффициент одновременности можно найти расчетные активную и реактивную мощности на основании следующих формул:

$$P_p = K_0 \cdot P_c \quad (2.11) \quad (36)$$

$$Q_p = K_0 \cdot Q_c \quad (2.12) \gg [3] \quad (37)$$

$$P_p = 0,65 \cdot 344,47 = 223,90 \quad Q_p = 0,65 \cdot 353,93 = 230,05$$

«Для определения суммарной полной мощности используют формулу

$$\Sigma S_p = \sqrt{\Sigma P_p^2 + \Sigma Q_p^2} \gg [3] \quad (38)$$

$$\Sigma S_p = \sqrt{223,90^2 + 230,05^2} = 321,02$$

Все вычисления указываем в таблице 1.

Выбор экономически целесообразного сечения s , мм², определяется из соотношения [19].

$$S_{\Sigma} = I / J_{\Sigma k} \quad (39)$$

$$S_{\Sigma} = 302 / 3,1 = 97,4$$

Для прокладки КЛ 10 кВ РП – применяем кабель силовой с медной жилой, с изоляцией из сшитого полиэтилена (Пв), с оболочкой из алюминиевого сплава (АП), с двойной герметизацией: алюмополимерная лента, сваренная с оболочкой, для защиты от проникновения влаги в сочетании с продольной герметизацией водонепроницаемыми лентами (2г), не распространяющий горение при групповой прокладке по категории АПвПу2г 1х120/25 - 10кВ) 1х120/25-10.[18]:.

Для кабельных линий, прокладываемых по трассе с различными условиями охлаждения, сечение жил кабелей должны выбираться по участку трассы с худшими условиями охлаждения, если его длина составляет более 10 м [26].

Номинальное сечение токопроводящих жил кабелей выбирается на основе расчетного длительно допустимого тока согласно каталожным данным

заводов- изготовителей, скорректированного с использованием поправочных коэффициентов, учитывающих конкретные условия прокладки кабельной линии рассматриваемого проекта.

Ниже приведен расчет и проверка кабельных линий 10 кВ.

По длительному допустимому току проводника:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{раб.сети}}$$

Максимальный рабочий ток определяется с учетом распределения максимальной передаваемой мощности в размере 338,26 кВт (769,15 кВА)

$$I_{\text{раб.сети}} = \frac{S_{\text{макс}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{сети}}} \quad (40)$$

$$I_{\text{раб.сети}} = \frac{S_{\text{макс}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{сети}}} = \frac{769,15}{\sqrt{3} \cdot 10} = 140,61 \text{ А}$$

где $U_{\text{сети}}$ – напряжение сети ($U_{\text{сети}} = 10 \text{ кВ}$).

$$I_{\text{доп}} = n \cdot I_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \text{ А}$$

где n – количество кабелей, применяемых на одну фазу;

$I_{\text{таб}}$ – справочное значение длительно допустимого тока кабеля

($I_{\text{таб}} = 298 \text{ А}$) при прокладке кабелей с медными жилами сечением 120 мм² в земле с расположением кабелей треугольником);

K_1 – поправочный коэффициент на температуру окружающей среды +34 °С

($K_1 = 0,86$ при прокладке кабеля в земле);

K_2 – поправочный коэффициент на глубину прокладки кабеля ($K_2 = 1,0$ при глубине прокладки 1,0 м);

K_3 – поправочный коэффициент термического сопротивления грунта ($K_3 = 0,93$ для удельного теплового сопротивления грунта 1,2 С·м/Вт);

K_4 – поправочный коэффициент для кабелей, проложенных в плоскости (в нашем случае не применяется);

K_5 – поправочный коэффициент на число цепей кабельных линий ($K_5 = 0,92$ для 2-х цепей кабельных линий, проложенных в земле при минимальном расстоянии между цепями 0,5 м);

K_6 – поправочный коэффициент при прокладке кабеля в трубах в земле ($K_6 = 0,92$ при 2,0Dн).

Длительно допустимый ток для КЛ 10 кВ РП:

$$I_{\text{доп}} = 1 \cdot 298 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 0,92 \cdot 0,92 = 201,73 \text{ А};$$

$$201,73 \text{ А} > 140,61 \text{ А}.$$

2.10 Производим проверку сечения провода по потере напряжения на стороне 10кВ

Расчет выполняем для линии от ЗРУ до РП.

$$U = b \left(p_1 \frac{L \cdot \cos \varphi}{s} + \lambda L \sin \varphi \right) I_{\text{в}} =$$

$$= 1 \left(0,0175 \frac{150 \cdot 0,95}{360} + 0,000063 \cdot 150 \cdot 1,62 \right) 302 = 3,02 \text{ В}$$

$$\Delta U = 100 \frac{U}{U_0} \% = 100 \left(\frac{3,03}{10000} \right) = 0,03 \%$$

2.11 Выбор и проверка аппаратуры КРУ

Таблица 4 - Данные по оборудованию КРУ

Тип ячейки	
Параметр	Значение
Номинальное напряжение, кВ	10
Тип выключателя	ВВУ-СЭЩ-ПЗ-10-20/630
Тип трансформатора напряжения	НАЛИ-СЭЩ-10-1-0,5-225
Тип трансформатора тока	ТОЛ-М-4-СЭЩ-10-0,2S-400/5

«Выполним проверку вакуумного выключателя ВВУ-СЭЩ-ПЗ-10-20/630» [3].

Номинальное напряжение:

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ} \leq U_{\text{сет.ном}} = 10 \text{ кВ}$$

2. Номинальный рабочий ток:

$$I_{\text{раб}} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,5 \text{ А}$$

$$I_{\text{раб}} = 14,5 \text{ А} \leq I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$$

Отключающая способность.

Симметричный ток:

$$I_{\text{п},\tau} = I_{\text{п},0} = 9,26 \text{ кА}$$

$$I_{\text{п},\tau} = 10,6 \text{ кА} \leq I_{\text{откл.ном}} = 20 \text{ кА}$$

Апериодическая составляющая тока:

$$\tau = t_{\text{рз}} + t_{\text{с.в.}} = 0,01 + 0,03 = 0,04 \text{ с}$$

где $t_{\text{рз}}$ – «минимальное время срабатывания релейной защиты, принимаемое равным 0,01 с для первой ступени»; [3]

$t_{\text{с.в.}}$ – «собственное время отключения выключателя, определяемое по паспорту» [3].

$$I_{\text{а},\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п},\tau} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 10,6 \cdot e^{-\frac{0,04}{0,03}} = 3,9 \text{ кА}$$

где T_a – постоянная времени затухания.

$$I_{a,ном} = \left(\frac{\sqrt{2} \cdot \beta_{ном}}{100} \right) \cdot I_{откл.ном} = \left(\frac{\sqrt{2} \cdot 40}{100} \right) \cdot 20 = 11,31 \text{ кА}$$

$$I_{a,\tau} = 3,9 \text{ кА} \leq I_{a,ном} = 11,31 \text{ кА}$$

где $\beta_{ном}$ – «нормированное процентное содержание апериодической составляющей в отключаемом токе, % (по каталогу)» [3].

Включающая способность:

$$I_{п,0} = 10,6 \text{ кА} \leq I_{вкл.ном} = 20 \text{ кА}$$

$$i_{уд} = 27,73 \text{ кА} \leq i_{вкл.ном} = 50 \text{ кА}$$

Электродинамическая стойкость:

$$I_{п,0} = 10,6 \text{ кА} \leq I_{пр.с} = 20 \text{ кА}$$

$$i_{уд} = 27,73 \text{ кА} \leq i_{пр.с} = 50 \text{ кА}$$

Термическая стойкость:

$$t_{откл} = t_{рз} + t_{пв.откл} = 0,01 + 0,05 = 0,06 \text{ с},$$

где $t_{пв.откл}$ – собственное время отключения выключателя.

$$B_K = I_{п,0}^2 \cdot (t_{откл} + T_a) = (10,6 \cdot 10^3)^2 \cdot (0,06 + 0,03) = 10,11 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$$

где B_K – тепловой импульс тока КЗ;

$I_{п,0}$ – ток термической стойкости на основании каталога.

$$\text{Если } t_{откл} \geq t_T, \text{ то } B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$$

$$\text{Если } t_{откл} \leq t_T, \text{ то } B_K \leq I_T^2 \cdot t_{откл}$$

$$t_{откл} = 0,06 \text{ с} \leq t_T = 3 \text{ с}$$

$$I_T^2 \cdot t_{\text{откл}} = (50 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,05 = 150 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{с}$$

$$B_K = 10,11 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{с} \leq I_T^2 \cdot t_{\text{откл}} = 150 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{с}$$

Условия выполняются, соответственно выключатель можно устанавливать.

2.12 Заземлитель и контур заземления и молниезащиты технологических объектов

Расчёт молниезащиты проектируемых объектов производился на основании нормативного документа: «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153-34.21.122-2003. Молниезащита обеспечивает защиту зданий и сооружений от прямых ударов молнии, вторичных проявлений молнии в соответствии с требованиями вышеуказанных нормативных документов. Для защиты от вторичных проявлений молний необходимо на объектах присоединить металлические корпуса оборудования к магистралям заземления (зануления).

По устройству молниезащиты здания объектов классифицируются как обычные сооружения, уровень защищенности от прямых ударов молний III. В качестве молниеприемников используются металлоконструкции здания: металлические фермы, балки, колонны и специально проложенная полоса 4х40 по ГОСТ 103-2006.

Внешний контур заземления используется как заземлитель молниезащиты. Для этого предусмотрен ввод заземляющего проводника в здания и соединение его с колоннами каркаса, которые выполняют роль элементов токоотвода, молниеприемниками служат металлические конструкции крыши зданий.

Расчет молниезащиты:

Расчет молниезащиты выполнен по правилам инструкции об устройстве Со 153-34.21.122-2003.

У проектируемого объекта уровень защиты от прямых попаданий

молнии – 0,9.

На основании, что уровень защиты 0,9 принято:

$H_{\text{молниеприемника}} = 16000\text{мм}, h_0 = 0,85 \times h = 13600\text{мм}; \Gamma_0 = 1,2 \times h = 19200\text{мм}$

$$\text{при } h_x=3500\text{мм} \quad r_x = \frac{r_0(h_0-h_x)}{h_0} = \frac{19200(13600-3500)}{13500} = 14260\text{мм}$$

$$\text{при } h_x=4500\text{мм} \quad r_x=12847\text{мм}$$

$$\text{при } h_x=2500\text{мм} \quad r_x=15670\text{мм}$$

Расчет заземлителя молниезащиты и повторного заземления.

Заземлитель выполнен из 18-ти стальных стержней из угловой стали $50 \times 50 \times 5\text{мм}$ $L=3\text{м}$ и стальной полосы $50 \times 5\text{мм}$ $L=48\text{м}$. Стержни забить в землю на глубину 0,7м от верхнего конца стержня до поверхности земли; стальную полосу проложить в земле на глубине 0,7 м.

Систему заземления, молниезащиты и уравнивания потенциалов выполнить путем прокладки защитных проводников, выполненных из полосовой, стали сечением 40×4 , прокладываемого по кабельной трассе и трассе технологических трубопроводов от выхода из РП.

У молниеприемников выполнить глубинные заземлители с сопротивлением R не более 30 Ом.

Учитывая связь PEN жилы питающего кабеля с заземляющим устройством, суммарное сопротивление заземляющего устройства менее 4 Ом.

Расчёт сопротивления глубинного заземлителя.

Сопротивление вертикального заземлителя (Ом) из круглого стального электрода:

$$R_{\text{в. о}} = \frac{\rho_{\text{расч.в}}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) = \frac{\rho_{\text{расч.в}}}{2\pi l} 2,3 \left(\lg \frac{2l}{d} + 0,5 \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right) \quad (41)$$

где $\rho_{\text{расч.в}} = \rho_{\text{кс}}$ удельное сопротивление грунта для электрода заземления $\rho=100 \text{ Ом/м}$ (средняя величина для суглинков и супеси

пылевой влагонасыщенной);

$K_c=1,6$ - коэффициент сезонности для вертикального заземления,

$L= 4,5$ – длина вертикального заземлителя (м), $d=0,016$ диаметр электрода, м.;

I – заглубление заземлителя (расстояние от поверхности земли до середины заземлителя) (м).

$$R_0 = ((0,366 \cdot 100 \cdot 1,6)/6) \cdot \left(\lg \left(2 \cdot \frac{4,5}{0,016} + \lg \left(\frac{4 \cdot \left(\frac{4,5}{2} \right) + 4,5}{4 \cdot \left(\frac{4,5}{2} \right) + 4,5} \right) \right) \right) = 29,9 \text{ Ом.}$$

«После устройства ЗУ производится замер сопротивления. В случае, если сопротивление превышает нормируемое значение добавляются вертикальные стержни к одиночному глубинному заземлителю до получения требуемой величины сопротивления» [25].

- систему заземления, молниезащиты и уравнивания потенциалов выполнить путем прокладки защитных проводников, выполненных из стальной полосы 40х4 мм², прокладываемой вдоль кабельных трасс и трасс трубопроводов от корпуса РП и до силовых щитов.
- у молниеприемников выполнить глубинные заземлители с сопротивлением R не более 30 Ом.
- выполнить соединения магистральной шины заземления с металлоконструкциями зданий.
- учитывая связь PEN жилы питающего кабеля с заземляющим устройством РП, суммарное сопротивление заземляющего устройства менее 4 Ом.

Проводники системы заземления, молниезащиты и уравнивания потенциалов должна соединяет между собой следующие проводящие части:

- РЕ-проводники силовых кабелей;
- металлические части корпусов электрощитов;

- металлические части каркаса зданий, модульных сооружений и весов;
- металлические трубы;
- металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование, кабельные лотки и трубопроводы
- опуски от молниеприемников.

Корпуса оборудования, трубопроводов подлежащих заземлению, присоединяются к магистральному проводнику при помощи отдельного ответвления от магистрального заземляющего проводника.

Последовательное заземление не допускается. Присоединение выполняется гибким проводом ПуГВ сечением 6 мм².

Соединение заземляющих и нулевых защитных проводников выполнять универсальным соединяющим устройством, сваркой и болтовыми соединениями в удобном для осмотра и испытаний месте. «Для защиты от коррозии, сварные швы заземляющих, защитных проводников покрываются слоем мастики изоляционной битумно-резиновой марки МБР-90.

Оголенные проводники системы уравнивания потенциалов в местах их присоединения к сторонним проводящим частям обозначаются желто-зелеными полосами, выполненными краской или клейкой двухцветной лентой» [4].

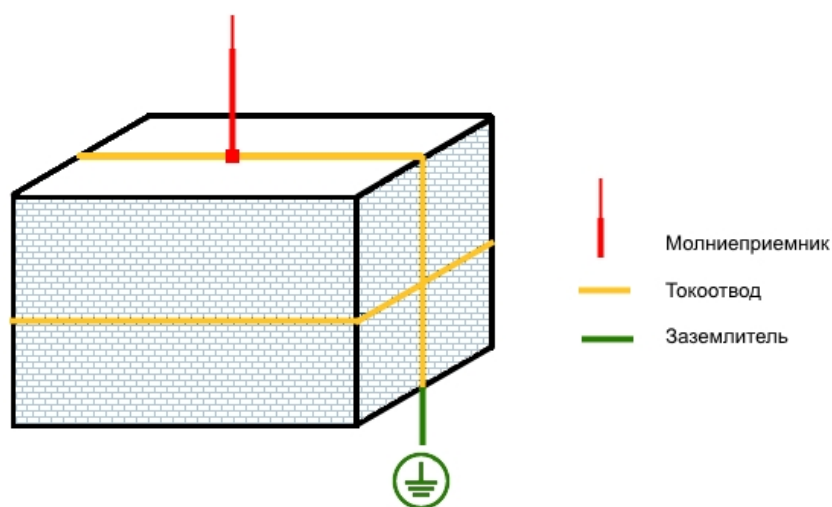


Рисунок 12 - Молниеприёмник и токоотвод

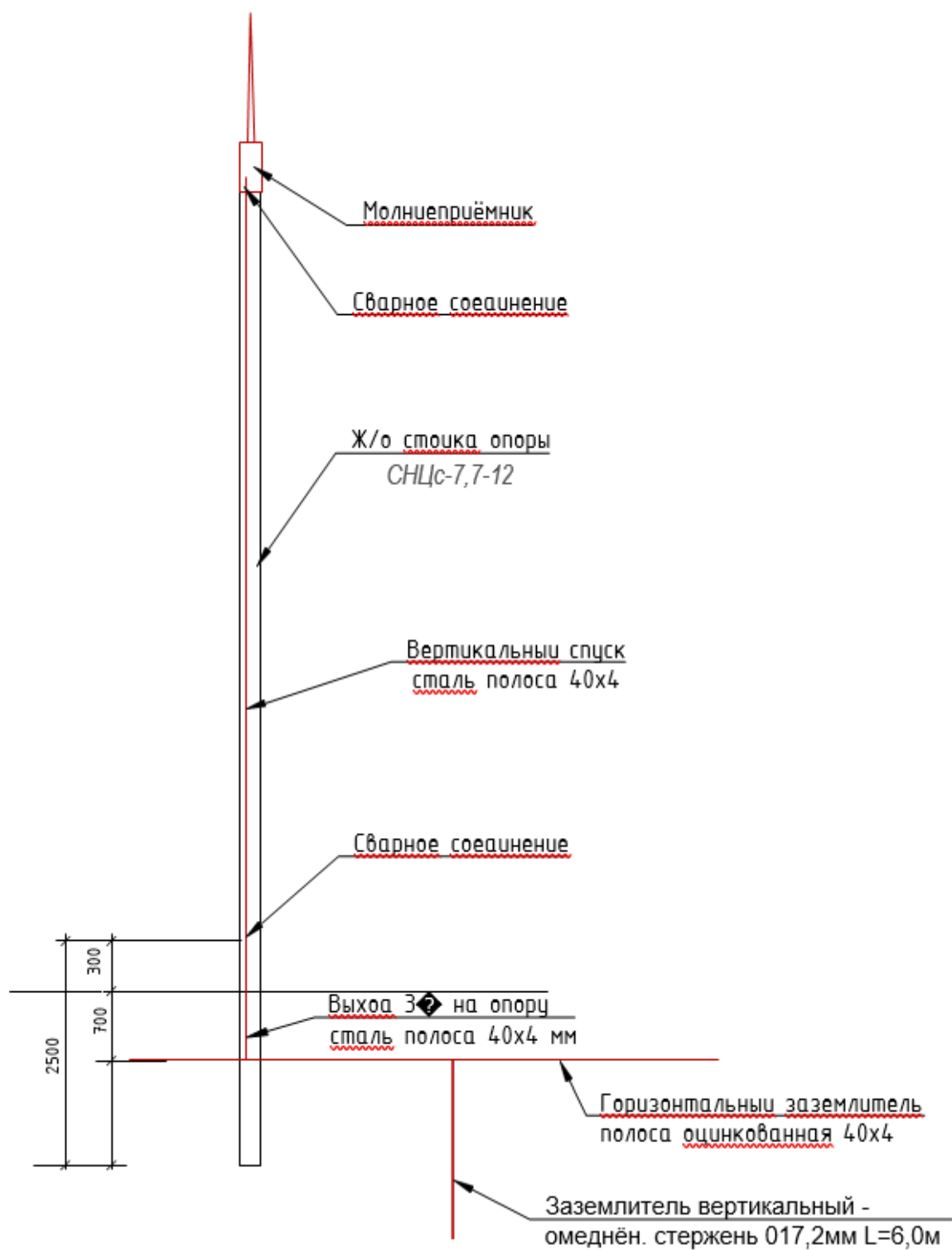


Рисунок 13 - Молниеприемник на ж/б столбе освещения

2.13 Сети уравнивания потенциалов

В модульных строениях должен быть смонтирован контур уравнивания потенциала.

Металлоконструкции электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением, присоединить к контуру заземления (уравнивания потенциала), используя нулевые защитные жилы кабелей/проводов/ PEN; стальной круг Ø10 или медный изолированный проводник сеч. 6,0 мм².

Все трубопроводы, входящие в помещения модулей и выходящих из них, присоединить к контуру уравнивания потенциала (заземления) стальным кругом Ø10 [17].

Присоединить заземляющим проводником не менее, чем в двух точках (расстояние между точками должно быть не менее 50,0 м) к заземлителю.

«Проводники системы заземления, молниезащиты и уравнивания потенциалов должна соединяет между собой следующие проводящие части:

- РЕ-проводники силовых кабелей; металлические части корпусов электрощитов;
- металлические части каркаса на модульные строения, и весов;
- металлические трубы;
- металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование, кабельные лотки и трубопроводы» [4];
- опуски от молниеприемников.

Корпуса оборудования, трубопроводов подлежащих заземлению, присоединяются к магистральному проводнику при помощи отдельного ответвления от магистрального заземляющего проводника. Последовательное заземление не допускается. Присоединение выполняется гибким проводом ПуГВ сечением 6 мм².

Соединение заземляющих и нулевых защитных проводников выполнять сваркой и болтовыми соединениями в удобном для осмотра и испытаний месте. «Для защиты от коррозии, сварные швы заземляющих, защитных

проводников покрываются слоем мастики изоляционной битумно-резиновой марки МБР-90.

Оголенные проводники системы уравнивания потенциалов в местах их присоединения к сторонним проводящим частям обозначаются желто-зелеными полосами, выполненными краской или клейкой двухцветной лентой» [4].

Вывод: в данном разделе произведены расчеты для корректной работы оборудования и минимизирования случаев аварийного режима: кабельных линий, коммутационной защитной аппаратуры, устройств заземления, молниезащиты. В помещениях с невозможностью выполнения тока не проводящих полов, устанавливаются диэлектрические ковры или изолирующие подставки. Выполненные расчеты были произведены на основании технических и нормативных документов в соответствии со стандартами РФ [12], [13], [15], [16].

3 Организация эксплуатации электроустановок

Электроустановками называют совокупность машин, аппаратов, линии и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, передачи, накопления, распределения электрической энергии и преобразования её в другой вид энергии. Электроустановка — это комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений.

Эксплуатация системы электроснабжения должна производиться в соответствии с актуальными нормативными документами, выполненными электротехническим персоналом [13], [14].

Вновь построенные КЛ-0,4 кВ и электроустановки абразивного завода числятся на балансе Заказчика.

Распоряжением Заказчика должен быть назначен ответственный за электрохозяйство, а также лицо его замещающее, из числа ИТР, успешно прошедших проверку знаний действующих ПТЭЭП и ПОТЭЭ в ФУ “Ростехнадзор”. Допускается проводить эксплуатацию электроустановок по договору со специализированной организацией.

«Организация эксплуатации системы электроснабжения объекта возлагается на лицо ответственное за электрохозяйство и его заместителя (IV квалификационная группа). Техническое обслуживание должно осуществляться лицами электротехнического персонала (2 человек не ниже III квалификационной группы)» [3].

«Перед эксплуатацией оборудования в дежурной комнате электрика должны быть размещены нормативные комплекты противопожарных средств и средств защиты от поражения электрическим током» [3].

«Защитные средства должны быть проверены и иметь штампы с указанием сроков следующей проверки. У обслуживающего персонала должна находиться следующая оперативно-техническая документация.

- утвержденный рабочий проект с пояснительной запиской;

- генеральный план объекта с инженерными сетями;
- исполнительная рабочая схема внутреннего электроснабжения;
- паспорта оборудования с протоколами испытаний;
- инструкция по пожарной безопасности;
- инструкция по ликвидации аварий и ненормальных режимов;
- должностная инструкция электрика;
- инструкция по охране труда: для электромонтера или для не электротехнического персонала,
- инструкция по обслуживанию электроустановок;
- правила технической эксплуатации (ПТЭЭП), правил по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭЭ), правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках; правила использования электрической энергии; правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- журнал производственного инструктажа;
- журнал проверки знаний по ТБ у персонала с группой по электробезопасности I;
- оперативный журнал;
- графики ППО и ППР;
- список лиц, имеющих право единоличного осмотра электроустановок;
- список лиц, имеющих право выдавать распоряжения и наряды-допуски;
- список работ, осуществляемых по распоряжению;
- перечень должностей, которым необходимо иметь квалификационную группу по электробезопасности.

Обслуживающий электроустановку персонал должен пройти следующие виды инструктажа:

- вводный инструктаж по охране труда, подтверждая это своей подписью в контрольном журнале инструктажа по охране труда;
- первичный инструктаж по охране труда на рабочем месте;

- повторный инструктаж по охране труда не реже одного раза в три месяца с подтверждением этого подписью в журнале учета инструктажей;
- внеплановый инструктаж, проводимый по усмотрению вышестоящего руководства. «Периодическая проверка знаний в необходимом для данной должности объеме: правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» [3];
- правил по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТЭЭ [13];
- правил устройства электроустановок;
- должностных и эксплуатационных инструкций;
- инструкций по охране труда;
- дополнительных правил, нормативных и эксплуатационных документов, действующих на данном предприятии

Все применяемые электробытовые приборы должны соответствовать ГОСТ 275700 “Безопасность бытовых и аналоговых приборов”.

«Измерение сопротивления изоляции, целостности нулевых, защитных проводников и проверка работоспособности средств защиты должны выполняться в установленные сроки специалистами, имеющими лицензию на право данной деятельности» [3].

Вывод: в данном разделе рассмотрены основные правила эксплуатации электроустановок и правила по охране труда. Все работы по ремонту должны проводиться строго электротехническим персоналом в соответствии с правилами ПУЭ. Работники должны быть обучены оказанию первой помощи и ознакомлены с противопожарными правилами.

Заключение

Проект данной выпускной квалификационной работы выполнен в соответствии с действующими требованиями ПУЭ; СП 76.13330.2016, ГОСТ Р 50571.5.52 2011, РД 34.21.122 87 «Инструкции по молниезащите зданий и сооружений» в соответствии с действующими нормами и правилами по взрывопожаробезопасности.

Монтаж электрооборудования и заземление выполнен согласно требованиям ПУЭ и СП 76.13330.2016, СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства».

Целью данного проекта являлась: организация системы электроснабжения и молниезащиты для абразивного завода, которая будет отвечать всем государственным требованиям.: Категория надежности электроснабжения - I. Присоединённая мощность абонента - 238 кВт, напряжение 380 В. Расчёт проектируемых электрических нагрузок от РП 220/35).– выполнено в полном объёме.

Задачи, поставленные в данной работе:

- назначить категорию завода.
- подобрать нужное для технологического процесса оборудование.
- выяснить технические характеристики силового оборудования.
- произвести расчёт электрических нагрузок с учетом производственного процесса, коммутационной аппаратуры системы электроснабжения Абразивного завода.
- произвести расчёт сечения кабельных линий для экономически выгодной закупки.
- обозначить места прокладки кабельной продукции.
- реализовать автоматическое управление наружным освещением с возможностью управления в местном режиме.
- осуществить выбор и установку двух трансформаторов Трансформатор ТМГ250 кВА 35/0,4 кВ на главной подстанции завода для обеспечения

энергоснабжения.

- подобрать и установить компенсирующие устройства для оптимизации потребления электроэнергии.
- произвести расчёт зоны покрытия молниезащиты и устройств заземления.
- при выполнении проекта были задействованы справочные литературы и каталоги, что позволило успешно решить поставленные перед проектированием задачи. В результате всех проделанных работ цель была достигнута, и электроэнергетическая система абразивного завода готова к бесперебойному функционированию.

Цель поставленная в выпускной квалификационной работе достигнута, задачи проектирования системы электроснабжения абразивного завода выполнены.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Артемов А.П. _ЭЭТбп-1901б. Системы электроснабжения
2. Афонин, В.В. А946 Электрические системы и сети. Часть 1: учебное пособие / В.В. Афонин, К.А. Набатов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 80 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-1196-1.
3. Вахнина, В.В. Проектирование систем электроснабжения [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. пособие / В.В. Вахнина [и др.]; ТГУ; Ин-т энергетики и электротехники; каф. «Электроснабжение и электротехника». – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. – 78 с. – Режим доступа:
4. Вахнина, В.В. Системы электроснабжения [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. пособие / В.В. Вахнина [и др.]; ТГУ; Ин-т энергетики и электротехники; каф. «Электроснабжение и электротехника». – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. – 46 с. – Режим доступа: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/2943>
5. ГОСТ 21.613-2014 «Система проектной документации для строительства». Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования.
6. ГОСТ 21.613-2014 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования
7. ГОСТ Р 21.101-2020 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации
8. ГОСТ Р 50571.5.52-2011 «Электроустановки зданий». Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электропроводки.
9. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов

10. Зиновий Рахмилевич «Компрессорные установки» ISBN: 5-7425-0276-3 Год издания: 1989 Язык: Русский Твердый переплет, 272 стр. Тираж: 30600экз. Формат:60х90/16(145х215мм). Подробнее на livelib.ru: <https://www.livelib.ru/book/1001154824-kompressornye-ustanovki-zinovij-rahmilevich> (дата обращения:01.05.2024)
11. ПП РФ № 87 от 16 февраля 2008г. «Положение о составе разделов проектной документации и требования к их содержанию»
12. ПТЭЭП Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей
13. ПТЭЭСС Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей
14. ПУЭ изд. №7 «Правила устройства электроустановок»
15. РД 34.20.185-94 «Инструкция по проектированию городских электрических сетей»
16. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
17. РД34.03.285-97 Правила безопасности при строительстве линий электропередачи и производстве электромонтажных работ
18. Сайт глобальной сети <https://bystrokabel.ru/item/apvpu2g-10kv/apvpu2g-1h120-25---10kv> (дата обращения:02.05.2024)
19. Сайт глобальной сети <https://studfile.net/preview/17194899/> (дата обращения:02.05.2024)
20. Сайт глобальной сети <https://elekom.ru/products/tmg-250-kva-35-kv> (дата обращения:02.05.2024)
21. Сайт глобальной сети <https://elektroshkola.ru/elektrotehnikeskie-raschety/raschet-toka-korotkogo-zamykaniya-v-seti-04-kv/#gallery-3> (дата обращения:02.05.2024)
22. Сайт глобальной сети <https://meganorm.ru/Data2/1/4293792/4293792410.htm> (дата обращения:03.05.2024)

23. Сайт глобальной сети интернет
<https://rustan.ru/stanki/shlifovalnye/stendy-dla-ispytania-krugov/russia/sip800k2l>
(дата обращения:03.05.2024)
24. Сайт глобальной сети интернет <https://novoabrasive.com/production>
(дата обращения:04.05.2024)
25. Сайт глобальной сети интернет <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения:04.05.2024)
26. Сайт глобальной сети интернет<https://atlastpk.ru/reviews/articles/kl-assifikaciya-elektricheskikh-setej-osnovnye-mery-bezopasnosti-pri-ih-obsluzhivanii-2/> (дата обращения:04.05.2024)
27. СНиП 12-04-2002Безопасность труда в строительстве. Часть 2.
Строительное производство