

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой ЭПП
Бакенов К.А. к.т.н., доцент
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
« » 2014 г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Электроснабжение электроаппаратного завода

Специальность 5В071800 - Электроэнергетика

Выполнил (а) Айткалиев К.Д. ЭснУ-10
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Акименков М.В. - ст. преподаватель кафедры ЭПП
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

Жакупов А.А. - к.э.н., профессор АУЭС
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« » 20__ г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Мананбаева С.Е. - старший преподаватель кафедры «ОТиОС»
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« » 20__ г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

Акименков М.В. - старший преподаватель кафедры ЭПП
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« » 20__ г.
(подпись)

Нормоконтролер: Казанина И.В., к.т.н., доцент кафедры ЭПП
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« » 20__ г.
(подпись)

Рецензент: Цепуштанова О.В. - ст. препод., кафедры «Радиотехника и электроэнергетика» ГУТиП им. Кунаева, Институт путей сообщений
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« » 20__ г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

Факультет Электроэнергетический
Специальность 5В071800 - Электроэнергетика
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Айткалиев К.Д.
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Электроснабжение электроаппаратного завода

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.

Срок сдачи законченной работы « 25 » мая 2014 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ. Мощность системы 800 МВА, реактивное сопротивление системы на стороне 115 кВ, отнесённое к мощности системы 0,4. Трансформаторы работают раздельно. Расстояние от энергосистемы до завода 3 км. Завод работает в 2 смены.

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

Расчет электрических нагрузок. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ. Расчет электрических нагрузок по заводу. Сравнение вариантов внешнего электроснабжения. Выбор электрооборудования. Рассмотрение вопросов безопасности жизнедеятельности. Рассмотрение экономических вопросов. Рассмотрены вопросы молниезащиты ГПП. Безопасность жизнедеятельности. Экономическая часть.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Генеральный план электроаппаратного завода.

2. Однолинейная схема электроснабжения электроаппаратного завода.

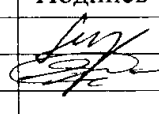
3. План и разрез ГПП 110/10кВ.

4. Несинусоидальность напряжений

Рекомендуемая основная литература

Справочник по проектированию электроснабжения. Под ред. Барыбина Ю.Г. – М.: Энергоатомиздат, 1990; Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987; Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Электробезопасность в электроустановках» в выпускных работах для специальности 050718 – Электроэнергетика. Сост. Санатова Т.С. – А., АИЭС, 2009.; Экономика отрасли. Методические указания к выполнению экономической части выпускных работ (для студентов специальности 5В0718 – «Электроэнергетика»). Сост. Голубина А.Ю. – А., АИЭС, 2010.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

| Раздел | Консультант | Сроки | Подпись |
|---------------------|------------------------------|-------|---|
| Экономическая часть | к.э.н., проф., Жакупов А.А. | |  |
| БЖД | ст. препод., Мананбаева С.Е. | | |
| Применение ЭВМ | ст. препод., Акименков М.В. | | |
| | | | |

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

| № п/п | Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов | Сроки представления руководителю | Примечание |
|-------|--|----------------------------------|------------|
| 1 | Расчет электрических нагрузок. Расчет осветительных нагрузок. | 2.11.2013 | выполнено |
| 2 | Расчет электрических нагрузок. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов. | 18.11.2013 | выполнено |
| 3 | Уточненный расчет электрических нагрузок по заводу. | 2.12.2013 | выполнено |
| 4 | Выбор схемы внешнего электроснабжения. Выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания $U > 1$ кВ. | 23.12.2013 | выполнено |
| 5 | Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП. Выбор выключателей. | 06.01.2014 | выполнено |
| 6 | Выбор трансформаторов тока. Выбор трансформатора напряжения. | 20.01.2014 | выполнено |
| 7 | Выбор выключателей нагрузок на ТП. | 10.02.2014 | выполнено |
| 8 | Выбор кабелей к ТП и СД. Выбор шин ГПП. Выбор изоляторов. | 27.02.2014 | выполнено |
| 9 | Выбор высоковольтного оборудования. | 10.03.2014 | выполнено |
| 10 | Условия выбора выключателей и силового кабеля. | 14.03.2014 | выполнено |
| 11 | Экономическая часть. | 21.03.2014 | выполнено |
| 12 | Безопасность жизнедеятельности. | 28.03.2014 | выполнено |
| 13 | Графическая часть. | 28.04.2014 | выполнено |
| | | | |

Дата выдачи задания «01» октября 2013 г.

Заведующий кафедрой _____ (Бакенов К.А.)
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ (Полванов Д.А.)
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению _____ (Айткалиев К.Д.)
студент (подпись) (Фамилия и инициалы)

Андатпа

Дипломдық жұмыс «Электр аппараттар зауытын электрмен жабдықтау» тақырыбында орындалған.

Оған келесі тараулар кіреді: негізгі бөлім; өміртіршілік қауіпсіздігі, экономикалық бөлім.

Негізгі бөлімде келесі сұрақтар қарастырылды: 0,4/10 кВ кернеудегі электрлік жүктемелерді есептеу; сыртқы электрмен жабдықтау нұсқаларын салыстыру; жабдықтар таңдау және қысқа тұйықталу токтарын есептеу; электр аппараттар зауытындағы электрмен жабдықтау сұлбаларындағы кернеу деңгейін реттеу.

Өмір тіршілік қауіпсіздігі тарауында келесі сұрақтар қарастырылды: электрлік аппараттар зауытындағы еңбек шартын талдау, еңбек қорғауды нығайтудың шаралары, жерлендіру құрылғысын құрастыру.

Экономикалық бөлімде электрлік аппараттар зауытындағы сыртқы электрмен жабдықтау сұлбаларының тиімділігіне бағалау жасалды.

Аннотация

Дипломная работа выполнена на тему «Электроснабжение электроаппаратного завода».

В него входят следующие разделы: основная часть; безопасность жизнедеятельности; экономическая часть.

В основной части были рассмотрены следующие вопросы: расчет электрических нагрузок на напряжение 0,4/10 кВ; сравнения вариантов внешнего электроснабжения; выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания; регулирование уровня напряжения в схеме электроснабжения электроаппаратного завода.

В разделе безопасности жизнедеятельности рассматриваются следующие вопросы: анализ и условия труда на электроаппаратном заводе, меры по укреплению охраны труда, разработка заземляющего устройства.

В экономической части была произведена оценка эффективности схемы внешнего электроснабжения электроаппаратного завода.

Annotation

Diploma work performed on the theme "Power electrical appliances plant".

It includes the following sections: the main part; safety; economic part.

In the main part the following issues were considered: the calculation of electrical loads for voltage 0,4/10 kV; comparison of alternatives external power supply; equipment selection and calculation of currents of short circuit; the regulation of the level of voltage in the power supply scheme of the electrical appliances plant.

Under safety addresses the following issues: analysis and working conditions on the electrical appliances factory building measures of labour protection, development and earthing devices.

In the economic part evaluated the effectiveness of the scheme of external power supply electrical appliances plant.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 7 |
| 1 Проектирование системы электроснабжения электроаппаратного завода | 9 |
| 1.1 Краткое описание технологии производства | 9 |
| 1.2 Исходные данные | 13 |
| 1.3 Расчет осветительной нагрузки | 15 |
| 1.4 Расчет электрических нагрузок по заводу | 14 |
| 1.5 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ | 20 |
| 1.6 Расчет электрических нагрузок на шинах 10 кВ | 23 |
| 1.7 Выбор схемы внешнего электроснабжения | 28 |
| 1.8 Выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания $U > 1$ кВ | 41 |
| 2 Регулирование уровня напряжения в схеме электроснабжения электроаппаратного завода | 55 |
| 2.1 Общие положения | 55 |
| 2.2 Исходные данные для расчета отклонений напряжения | 57 |
| 2.3 Расчет потерь напряжения в элементах сети при максимальном и минимальном режимах | 59 |
| 2.4 Регулирование напряжения с помощью устройства РПН трансформатора ГПП | 60 |
| 2.5 Регулирование напряжения на трансформаторе ТП 7 при помощи ПБВ | 62 |
| 3 Безопасность жизнедеятельности | 64 |
| 3.1 Анализ условий труда на электроаппаратном заводе | 64 |
| 3.2 Меры по укреплению охраны труда и соблюдению правил техники безопасности | 65 |
| 3.3 Электробезопасность | 65 |
| 3.4 Анализ условий труда | 66 |
| 3.5 Разработка заземляющего устройства | 67 |
| 3.6 Молниезащита понижающей подстанции 110/10 | 75 |
| Выбор мероприятий по снижению шума | 79 |
| 4 Экономическая часть | 84 |
| 4.1 Цели разработки проекта | 84 |
| 4.2 Анализ рынка сбыта | 84 |
| 4.3 Технические характеристики подстанции | 84 |
| 4.4 Расчет потребности в инвестициях для строительства подстанции | 85 |
| 4.5 Дисконтированные оценки или временные оценки | 88 |
| Заключение | 93 |
| Список используемой литературы | 94 |
| Приложение А. Применение вычислительной техники | 96 |

Введение

Развитие народного хозяйства и промышленности диктует необходимость совершенствования электроэнергетики: создания экономичных надежных систем электроснабжения промышленных предприятий, систем автоматизированного управления электроприводами и технологическими процессами. Важнейшие задачи, решаемые энергетиками и энергостроителями, состоят в непрерывном увеличении объемов производства, в сокращении сроков строительства новых энергетических объектов и реконструкции старых, уменьшении удельных капиталовложений, в сокращении удельных расходов топлива, повышении производительности труда, в улучшении структуры производства электроэнергетики). На протяжении восьмидесяти лет электроэнергетика развивалась и функционировала как общенациональная монополия. Каждая республика бывшего союза являлась интегрированной частью единой энергетической системы (ЕЭС. В 1991 году начался процесс децентрализации и дезинтеграции ЕЭС и электроэнергетики, начался процесс реформирования отрасли. Но несмотря на это электрическая энергия, как и прежде остается наиболее универсальной формой энергии. Она также служит основой технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства.

Основными потребителями электрической энергии являются промышленность, транспорт, сельское хозяйство, коммунальное хозяйство городов и поселков. При этом на промышленные объекты приходится более семидесяти процентов потребления электроэнергии.

Электрическая энергия применяется буквально во всех отраслях народного хозяйства, особенно для электропривода различных механизмов, а в последние годы и для различных электротехнологических установок, в первую очередь для электротермических и электросварочных установок, электролиза, электроискровой и электрозвуковой обработки материалов, электроокраски.

Большую группу электроприемников составляют приводы общепромышленных механизмов, применяемые во всех отраслях народного хозяйства: подъемно-транспортные машины, поточно-транспортные системы, компрессоры, насосы, вентиляторы.

Электрическая энергия является основным видом энергии, применяемой в выработке трансформаторов, поэтому развитие отрасли неразрывно связано с развитием электроэнергетики.

В настоящее время быстрыми темпами развивается производство для внедрения новых, современных технологий для поставки на рынок трансформаторов нового поколения, которые помогут обеспечить качество и надежность передаваемой электроэнергии.

Для обеспечения подачи электроэнергии в необходимом количестве и соответствующего качества от энергосистем промышленным объектам, установкам, устройствам и механизмам служат системы электроснабжения

промышленных предприятий, состоящие из сетей напряжением до 1000В и выше и трансформаторных, преобразовательных и распределительных подстанций.

Передача, распределение и потребление выработанной энергии на промышленных предприятиях должны производиться с высокой экономичностью и надежностью. Для обеспечения этого энергетиками создана надежная и экономичная система распределения электроэнергии на всех ступенях применяемого напряжения с максимальным приближением высокого напряжения к потребителям.

Основной задачей проектирования объектов электроснабжения является обеспечение высокой степени надежности и экономичности. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий ведется с учетом использования новейших достижений науки и техники. Проектирование электроснабжения осуществляется в три стадии: технико-экономическое обоснование, технический проект, рабочие чертежи. Сооружаемые электроустановки должны обеспечить безопасность эксплуатации, надежность и экономичность. При проектировании эти показатели достигаются с помощью технико-экономических расчетов.

1 Проектирование системы электроснабжения электроаппаратного завода

1.1 Краткое описание технологии производства

Предприятие расположено в промышленно развитом районе. Электроаппаратный завод получает питание от районной электростанции, предназначенной для комплексного получения тепловой и электрической энергии. На предприятии использованы потребители электроэнергии преимущественно 1 и 2 категории, значит, предприятие можно отнести ко 2 категории по бесперебойности электроснабжения - примем к установке двухтрансформаторные цеховые подстанции.

Электроаппаратостроение относится к одному из наиболее сложных производств. Это связано с большим разнообразием видов, серий и типоразмеров выпускаемых аппаратов, разнообразием используемых в производстве материалов, оснастки и технологических процессов. Для специализированных электроаппаратных заводов характерно наличие мощной инструментальной базы и сильных технологических служб, что объясняется потребностью в большом числе специального инструмента, технологических установок, испытательного оборудования.

Электроснабжение цехов осуществляется от встроенных понижающих подстанций. Схема электроснабжения завода позволяет продолжать питание электроприёмников энергией даже в аварийной ситуации. Технологический процесс производства не является непрерывным и кратковременное отсутствие электроэнергии не приносит большого ущерба.

Электроаппаратный завод - предприятие, обеспечивающее выпуск деталей для техники и продукции широкого потребления. По своей структуре завод имеет основные, заготовительные, вспомогательные цеха и кислотное производство.

К вспомогательным цехам относятся ремонтно-механический цех; аппаратный цех; электроцех.

К заготовительным цехам относятся заготовительно-сварочный цех; цех пластмасс; цех нормалей; штамповочный цех; цех асбоцементных плит.

К основным цехам относятся цех магнитных станций; гальванический цех.

Кислотное производство: Станция нейтрализации ; Очистка кислотной канализации; Склад кислот; Градирная.

Прочего назначения: Компрессорная; Насосная; Столовая; Заводоуправление.

Цех магнитных станций – сборочный цех, в котором компонуются и собираются магнитные станции, представляющие собой решение в управлении несколькими приводами с различным напряжением.

Заготовительно-сварочный цех производит сварку основных узлов каркаса и крыши на стапелях, прокат обшивки крыши и боковин,

изготовление рам. Сварочные роботы и механизмы позволяют получать одинаково качественную сварку на каждом агрегате. В сварочных цехах выполняют различные слесарно-сварочные работы: сварка остовов электродвигателей постоянного тока, изготовление сварных кожухов, приварка к остовам лап при изготовлении их из трубы, сварка крестовин.

Цех пластмасс занимается штамповкой и монтажом изделий из пластмасс. Цех пластмасс специализируется на литье пластмасс под давлением. Методом прессования из слоистых и порошковых материалов получают изоляционные пластмассовые прокладки для контактных колец и опрессовывают пластмассой армирующие кольца для коллекторов на пластмассе.

Аппаратный цех изготавливает автоматические выключатели, низковольтную аппаратуру и изделия из пластмасс.

Цех нормалей предназначен для изготовления нормализованных деталей крепежа, грузоподъемных винтов, мелких осей и валиков и других деталей, обрабатываемых из прутков на токарных автоматах.

Штамповочный цех производят штамповку листов сердечников, медных коллекторных пластин, деталей щеткодержателей, листов главного полюса.

Цех асбоцементных плит предназначен для создания материалов для изготовления электрораспределительных щитов, деталей и оснований электрических машин и аппаратов. А так же корпусов дугогасительных камер, прокладок и плит индукционных печей, ограждений электропечей и т. д., где необходима защита и работа при высоких напряжениях.

Гальванический цех — производственное помещение, в котором детали и изделия покрывают тонким слоем металла путем электролиза. Электролиз проходит в специальных аппаратах — электролизерах или гальванических ваннах.

Ремонтно-механический цех представляет собой комплекс по изготовлению запасных частей, технологической оснастки, нестандартного оборудования, грузозахватных приспособлений. Так же одной из основных задач цеха является, ремонт грузоподъемных механизмов основных и вспомогательных цехов завода. В состав технологического оборудования ремонтно-механического цеха входят: металлообрабатывающее, кузнечнопрессовое, грузоподъемное и сварочное оборудование.

Станция нейтрализации — комплекс сооружений и устройств, предназначенный для нейтрализации паров окислителя и горючего, стоков стартовой позиции, содержащих окислитель и горючее, и выдачи продуктов нейтрализации на испарит, площадку, где происходит выпадение осадков и выпаривание воды. В состав станции нейтрализации входят емкости для нейтрализации стоков, адсорберы для улавливания паров окислителя и горючего, насосная станция перекачки и агрегаты для приготовления нейтрализующих растворов.

Насосная станция — комплексная система для перекачки жидкостей из одного места в другое, включает в себя здание и оборудование: насосные агрегаты (рабочие и резервные) — насосы, трубопроводы и вспомогательные устройства (например трубопроводную арматуру).

Электроцех - производство работ по монтажу, демонтажу и ремонту оборудования. На производственных мощностях ведется ремонт электродвигателей постоянного и переменного тока, различного типа изоляции, сварочные трансформаторы, генераторы. Изготавливаются секции обмоток для электрических машин.

Градирная — устройство для охлаждения большого количества воды направленным потоком атмосферного воздуха. Градирни используются при кондиционировании воздуха, для охлаждения машинформовщиков пластических масс, при химической очистке веществ.

Склад кислот осуществляет прием, хранение и передачу следующих продуктов: серной кислоты; ортофосфорной кислоты. В состав объекта входят: насосная и диспетчерская; резервуарный парк ортофосфорной кислоты; резервуарный парк серной кислоты. Продукты поступают на склад в железнодорожных цистернах. Прием продуктов осуществляется насосами через бураки. Вакуум в бураках создается вакуум-насосами. Хранение осуществляется в емкостях, обогрев которых осуществляется паром. Выдача продуктов в производство осуществляется насосами. Обеспечение склада азотом на продувки и азотное дыхание, сжатым воздухом на продувки и воздухом КИП, паром на обогрев емкостей осуществляется от общезаводских сетей предприятия.

Компрессорная станция — предназначена для получения сжатых газов. Получаемый сжатый газ или воздух может использоваться как энергоноситель (для пневматического инструмента), сырье (получение отдельных газов из воздуха), криоагент (азот). Станция состоит из компрессора и вспомогательного (дополнительного) оборудования. Компрессорная станция представляет собой блок-бокс, в котором и размещается всё установленное оборудование с обвязкой.

1.2 Исходные данные

Сведения об электрических нагрузках по цехам завода – таблица 1.1.

Питание завода может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА напряжением 115/37/10,5 кВ. Работа трансформаторов раздельная. Мощность системы 800 МВА, реактивное сопротивление на стороне 115 кВ, отнесенная к мощности системы 0,4. Расстояние от подстанции до завода 3 км. Завод работает в две смены.[2]

Таблица 1.1 – Электрические нагрузки

| № № п/п | Наименование | Кол- во ЭП, п | Установленная мощность, кВт | |
|---------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------|
| | | | Одного ЭП, P _н | Σ P _н |
| 1 | Цех магнитных станций | 280 | 1-100 | 6500 |
| 2 | Заготовительно-сварочный цех | 200 | 10-100 | 8200 |
| 3 | Цех пластмасс | 100 | 1-120 | 2100 |
| 4 | Аппаратный цех | 100 | 10-80 | 1700 |
| 5 | Цех нормалей | 70 | 1-50 | 1850 |
| 6 | Штамповочный цех | 100 | 10-100 | 3800 |
| 7 | Цех асбоцементных плит | 50 | 10-40 | 850 |
| 8 | Склад готовой продукции | 15 | 1-20 | 85 |
| 9 | Склад металлических отходов | 15 | 1-14 | 70 |
| 10 | Гальванический цех | 50 | 10-40 | 1200 |
| 11 | Ремонтно-механический цех | 39 | 4-35 | 1500 |
| 12 | Станция нейтрализации | 10 | 10 | 100 |
| 13 | Очистка кислотной канализации | 3 | 10 | 30 |
| 14 | Насосная | 8 | 40-100 | 560 |
| 15 | Столовая | 30 | 1-40 | 270 |
| 16 | Электроцех | 25 | 1-40 | 150 |
| 17 | Заводоуправление | 20 | 1-20 | 130 |
| 18 | Градирная | 2 | 10-20 | 30 |
| 19 | Склад кислот | 2 | 10-20 | 30 |
| 20 | Компрессорная: | | | |
| | а) 0,4 кВ | 15 | 10-40 | 200 |
| | б) СД 10 кВ | 4 | 800 | 3200 |

Освещение цехов и территории определить по площади.

1.3 Расчет осветительной нагрузки

Расчет осветительной нагрузки при определении нагрузки предприятия производим упрощенным методом по удельной плотности осветительной нагрузки на квадратный метр производственных площадей и коэффициенту спроса. [2]

По этому методу расчетная осветительная нагрузка принимается равной средней мощности освещения за наиболее загруженную смену и определяется по формуле:

$$P_{po} = K_{co} \times P_{yo}, \text{ кВт};$$

$$Q_{po} = \operatorname{tg}\varphi_o \times P_{po}, \text{ квар,}$$

где K_{co} – коэффициент спроса по активной мощности осветительной нагрузки;

$\operatorname{tg}\varphi_o$ – коэффициент реактивной мощности, определяется по $\cos\varphi$;

P_{yo} – установленная мощность приемников освещения по цеху, определяется по удельной осветительной нагрузке на 1 м^2 поверхности пола известной производственной площади:

$$P_{yo} = \rho_o \times F, \text{ кВт,}$$

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

ρ_o – удельная расчетная мощность, кВт/м^2 .

Все расчетные данные заносятся в таблицу 1.2 – Расчет осветительной нагрузки. [2]

1.4 Расчет электрических нагрузок по заводу

Расчет электрических нагрузок напряжением до 1 кВ по цехам завода производим методом «Упорядоченных диаграмм» упрощенным способом. Результаты расчета силовых и осветительных нагрузок по цехам сведены в таблицу 1.3 – Расчет силовой нагрузки электроаппаратного завода напряжением 0,4 кВ. [2]

Таблица 1.2 – Расчет осветительной нагрузки

| №№ по плану | Наименование производственного помещения | Размеры помещения, длина (м)×ширина (м) | Площадь помещения, м ² | Удельная осветительная нагрузка, ρ _о , кВт/м ² | Коэффициент спроса, К _с | Установленная мощность освещения, Р _{уо} , кВт | Расчетная мощность осветительной нагрузки | | cosφ / tgφ |
|-------------|--|---|-----------------------------------|--|------------------------------------|---|---|------------------------|------------|
| | | | | | | | Р _{ро} , кВт | Q _{ро} , квар | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | Цех магнитных станций | 134x93+59x9 | 13165 | 0,011 | 0,6 | 144,8 | 86,9 | 43,5 | 0,9/0,5 |
| 2 | Заготовительно-сварочный цех | 134x119 | 15966 | 0,015 | 0,8 | 239,5 | 191,6 | 95,8 | 0,9/0,5 |
| 3 | Цех пластмасс | 138x35+22x6 | 4878 | 0,015 | 0,8 | 73,1 | 58,48 | 29,24 | 0,9/0,5 |
| 4 | Аппаратный цех | 144x31 | 4494 | 0,015 | 0,8 | 67,4 | 53,9 | 26,9 | 0,9/0,5 |
| 5 | Цех нормалей | 56x16+2(31x16)+53x16 | 2681 | 0,012 | 0,8 | 32,2 | 25,8 | 12,9 | 0,9/0,5 |
| 6 | Штамповочный цех | 134x50 | 6720 | 0,015 | 0,8 | 100,8 | 80,6 | 40,3 | 0,9/0,5 |
| 7 | Цех асбоцементных плит | 97x22 | 2122 | 0,015 | 0,8 | 31,8 | 25,44 | 12,72 | 0,9/0,5 |
| 8 | Склад готовой продукции | 69x22 | 1507 | 0,01 | 0,6 | 15,07 | 9,04 | 4,52 | 0,9/0,5 |
| 9 | Склад металлических отходов | 25x14 | 352 | 0,01 | 0,6 | 3,5 | 2,1 | 1,05 | 0,9/0,5 |
| 10 | Гальванический цех | 77x16 | 1195 | 0,015 | 0,8 | 17,9 | 14,3 | 7,15 | 0,9/0,5 |
| 11 | Ремонтно-механический цех | 34x22 | 753 | 0,02 | 0,8 | 15,06 | 12,04 | 6,02 | 0,9/0,5 |
| 12 | Станция нейтрализации | 28x16 | 438 | 0,015 | 0,8 | 5,25 | 22,05 | 11,02 | 0,9/0,5 |
| 13 | Очистка кислотной канализации | 41x16 | 633 | 0,012 | 0,8 | 7,6 | 6,08 | 3,04 | 0,9/0,5 |
| 14 | Насосная | 28x14 | 394 | 0,01 | 0,8 | 3,9 | 3,12 | 1,56 | 0,9/0,5 |
| 15 | Столовая | 31x28 | 878 | 0,02 | 0,9 | 17,5 | 15,75 | 7,9 | 0,9/0,5 |
| 16 | Электроцех | 34x22 | 753 | 0,02 | 0,85 | 15,06 | 12,8 | 6,4 | 0,9/0,5 |
| 17 | Заводоуправление | 22x16 | 342 | 0,02 | 0,9 | 6,84 | 6,2 | 3,1 | 0,9/0,5 |
| 18 | Градирная | 28x28+66x16 | 1813 | 0,02 | 0,8 | 36,3 | 29,04 | 14,5 | 0,9/0,5 |
| 19 | Склад кислот | 31x14 | 439 | 0,01 | 0,6 | 4,39 | 2,6 | 1,3 | 0,9/0,5 |
| 20 | Компрессорная | 44x14 | 616 | 0,01 | 0,8 | 6,16 | 4,9 | 2,5 | 0,9/0,5 |
| | Территория | 720x135 | 100948 | 0,002 | 1 | 201,89 | 201,89 | 100,9 | 0,9/0,5 |

Таблица 1.3 – Расчет силовых нагрузок по цехам завода, U = 0,4кВ

| № цехов | Наименование цехов | Кол-во ЭП, n | Установленная мощность, кВт | | m | K _и | cosφ/ Δtgφ | Средние нагрузки | | n _э | K _м | Расчетные нагрузки | | | I _p , А |
|---------|------------------------------|--------------|--|-----------------|----|----------------|---------------|-----------------------|------------------------|----------------|----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|
| | | | P _{н min} ÷ P _{н max} | ΣP _н | | | | P _{см} , кВт | Q _{см} , квар | | | P _p , кВт | Q _p , квар | S _p , кВА | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1 | Цех магнитных станций | 280 | 1-100 | 6500 | >3 | 0,35 | 0,7/1 | 2275 | 2275 | 130 | 1,08 | 2457 | 2275 | | |
| | а) силовая | | | | | | | | | | | | | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | | | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | 2543,9 | 2318,5 | 3441,9 | 4973,8 |
| 2 | Заготовительно-сварочный цех | 200 | 10-100 | 8200 | >3 | 0,4 | 0,6/1,3 | 3280 | 4264 | 164 | 1,07 | 3509,6 | 4264 | | |
| | а) силовая | | | | | | | | | | | | | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | | | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | 3701,2 | 4359,8 | 5718,9 | 8264,3 |
| 3 | Цех пластмасс | 100 | 1-120 | 2100 | >3 | 0,4 | 0,9/0,48 | 840 | 403,2 | 35 | 1,18 | 991,2 | 403,2 | | |
| | а) силовая | | | | | | | | | | | | | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | | | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | 1049,7 | 432,4 | 1135,3 | 1640,6 |
| 4 | Аппаратный цех | 100 | 10-80 | 1700 | >3 | 0,3 | 0,7/1 | 510 | 510 | 43 | 1,18 | 601,8 | 510 | | |
| | а) силовая | | | | | | | | | | | | | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | | | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | 655,7 | 536,9 | 847,5 | 1224,7 |
| 5 | Цех нормалей | 70 | 1-50 | 1850 | >3 | 0,35 | 0,75/ 0,88 | 647,5 | 569,8 | 70 | 1,12 | 725,2 | 569,8 | | |
| | а) силовая | | | | | | | | | | | | | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | | | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | 751 | 582,7 | 950,5 | 1373,6 |
| 6 | Штамповочный цех | 100 | 10-100 | 3800 | >3 | 0,45 | 0,75/ 0,88 | 1710 | 1504,8 | 76 | 1,16 | 1983,6 | 1504,8 | | |
| | а) силовая | | | | | | | | | | | | | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | | | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 2064,2 | 1545,1 | 2578,4 | 3726,0 |

Продолжение таблицы 1.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----|-------------------------------|----|-------|------|----|-----|---------------|-------|-------|----|------|--------|--------|-------|--------|
| 7 | Цех асбоцементных плит | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 50 | 10-40 | 850 | >3 | 0,4 | 0,65/1,2 | 340 | 408 | 50 | 1,17 | 397,8 | 408 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 25,44 | 12,72 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 423,2 | 420,7 | 596,7 | 82,7 |
| 8 | Склад готовой продукции | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 15 | 1-20 | 85 | >3 | 0,3 | 0,8/0,75 | 25,5 | 19,1 | 9 | 1,65 | 42,1 | 21,01 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 9,04 | 4,52 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 51,14 | 25,53 | 57,2 | 66,2 |
| 9 | Склад металлических отходов | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 15 | 1-14 | 70 | >3 | 0,3 | 0,8/0,75 | 21 | 25,2 | 10 | 1,6 | 33,6 | 27,7 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 2,1 | 1,05 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 35,7 | 288,75 | 45,8 | 1125,6 |
| 10 | Гальванический цех | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 50 | 10-14 | 1200 | >3 | 0,5 | 0,85/ 0,62 | 600 | 372 | 50 | 1,11 | 666,1 | 372 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 14,3 | 7,15 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 680,4 | 379,15 | 778,9 | 362,3 |
| 11 | Ремонтно-механический цех | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 39 | 4-33 | 497 | >3 | 0,3 | 0,7/1 | 149,1 | 149,1 | 30 | 1,24 | 184,9 | 149,1 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 12,04 | 6,02 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 196,94 | 155,12 | 250,7 | 130,9 |
| 12 | Станция нейтрализации | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 10 | 10 | 100 | >3 | 0,4 | 0,8/0,75 | 40 | 30 | 10 | 1,43 | 57,2 | 33 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 22,05 | 11,02 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 79,25 | 44,02 | 90,6 | 49,0 |
| 13 | Очистка кислотной канализации | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 3 | 10 | 30 | >3 | 0,6 | 0,8/0,75 | 18 | 13,5 | 10 | 1,26 | 22,7 | 14,9 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 6,08 | 3,04 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 27,78 | 17,94 | 33,9 | 82,7 |

Окончание таблицы 1.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----|-----------------------|----|--------|-----|----|-----|----------|-----|------|----|------|---------|---------|-------|---------|
| 14 | Насосная | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 8 | 40-100 | 560 | >3 | 0,6 | 0,7/1 | 336 | 336 | 8 | 1,3 | 436,8 | 369,6 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 3,12 | 1,56 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 439,92 | 371,1 | 575,5 | 49,0 |
| 15 | Столовая | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 30 | 1-40 | 270 | >3 | 0,4 | 0,9/0,48 | 108 | 51,8 | 14 | 1,32 | 142,6 | 51,8 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 15,75 | 7,9 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 158,35 | 59,7 | 169,2 | 831,6 |
| 16 | Электроцех | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 25 | 1-40 | 150 | >3 | 0,3 | 0,8/0,75 | 45 | 33,8 | 8 | 1,72 | 77,4 | 37,2 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 12,8 | 6,4 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 90,2 | 43,6 | 100,2 | 244,5 |
| 17 | Заводоуправление | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 20 | 1-20 | 130 | >3 | 0,4 | 0,7/1 | 52 | 52 | 13 | 1,34 | 69,7 | 52 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 6,2 | 3,1 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 75,9 | 55,1 | 93,8 | 144,8 |
| 18 | Градирная | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 2 | 10-20 | 30 | >3 | 0,7 | 0,8/0,75 | 21 | 15,8 | 2 | - | 30 | 22,5 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 29,04 | 14,5 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 59,04 | 37 | 69,8 | 135,5 |
| 19 | Склад кислот | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 2 | 10-20 | 30 | >3 | 0,3 | 0,7/1 | 9 | 9 | 2 | - | 30 | 22,5 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 2,6 | 1,3 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 32,6 | 23,8 | 40,4 | 100,9 |
| 20 | Компрессорная | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 15 | 10-40 | 200 | >3 | 0,6 | 0,7/1 | 120 | 120 | 10 | 1,26 | 151,2 | 132 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | 4,9 | 2,5 | | |
| | итого | | | | | | | | | | | 156,1 | 134,5 | 206 | 58,4 |
| | Освещение территории | | | | | | | | | | | 201,89 | 100,9 | | |
| | Итого на шинах 0,4 кВ | | | | | | | | | | | 13475,1 | 11672,3 | 17827 | 11040,2 |

1.5 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ

Правильное определение числа и мощности цеховых трансформаторов возможно только путем технико-экономических расчетов с учетом следующих факторов: категории надежности электроснабжения потребителей; компенсации реактивных нагрузок на напряжении до 1кВ; перегрузочной способности трансформаторов в нормальном и аварийном режимах; шага стандартных мощностей; экономичных режимов работы трансформаторов в зависимости от графика нагрузки. [2]

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 13745,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 11672,3 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 17827 \text{ кВА}.$$

Электроаппаратный завод относится ко 2 категории потребителей, завод работает в две смены, следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов $K_{зтр} = 0,8$. При плотности нагрузки напряжением 380В до 0,2-0,3 кВА/м² принимаем трансформатор мощностью $S_{нт} = 1000$ кВА.

Для каждой технологически концентрированной группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности минимальное их число, необходимое для питания наибольшей расчетной активной нагрузки, рассчитывается по формуле:

$$N_{т \min} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N = \frac{13475,1}{0,8 \times 1000} + 0,156 = 17,$$

где $P_{p0,4}$ – суммарная расчетная активная нагрузка;

k_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

$S_{нт}$ – принятая номинальная мощность трансформатора;

ΔN – добавка до ближайшего целого числа.

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_{т.э} = N_{\min} + m,$$

где m – дополнительное число трансформаторов;

$N_{т.э}$ – определяется удельными затратами на передачу реактивной мощности с учетом постоянных составляющих капитальных затрат $Z^*_{п/ст}$.

$Z^*_{п/ст} = 0,5$; $k_3 = 0,8$; $N_{\min} = 6$; $\Delta N = 0,669$, тогда из справочника по кривым определяем m , для нашего случая $m=1$, значит $N_{т.э} = 17+1=18$ трансформаторов.

По выбранному числу трансформаторов определяют наибольшую реактивную мощность Q_1 , которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ, определяется по формуле[2]:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{ТЗ} \times S_{НТ} \times K_3)^2 - P_{р0,4}^2} = \sqrt{(18 \times 1000 \times 0,8)^2 - 13475,1^2} = 5077,5 \text{ квар.}$$

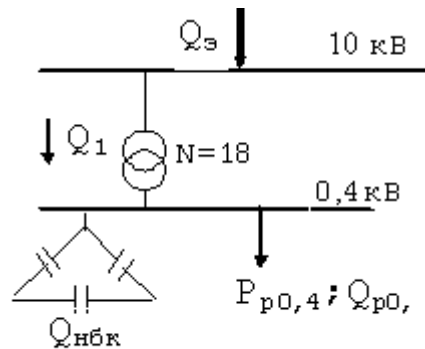


Рисунок 1.1 – Схема замещения

Из условия баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ определим величину $Q_{нбк1}$:

$$Q_{нбк1} + Q_1 = Q_{р0,4},$$

отсюда

$$Q_{нбк1} = Q_{р0,4} - Q_1 = 11672 - 5077,5 = 6594,5 \text{ квар.}$$

Дополнительная мощность $Q_{нбк2} < 0$, то принимаю $Q_{нбк2} = 0$, отсюда следует, что

$$Q_{нбк} = Q_{нбк1} + Q_{нбк2} = 6594,5 + 0 = 6594,5 \text{ квар.}$$

Определим мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор:

$$Q_{нбк\text{ ТП}} = \frac{Q_{нбк}}{N_{ТЗ}} = \frac{6594,5}{18} = 366,36 \approx 300 \text{ квар.}$$

Принимаем НБК: УК-0,38-300 УЗ[3]

На основании расчетов, составляем таблицу 1.4 – Распределение нагрузок цехов по ТП, в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП.

Таблица 1.4 – Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

| №№ ТП S _{нт} , Q _{нбк} тп | №№ цехов | P _{p 0,4} , кВт | Q _{p 0,4} , квар | S _{p0,4} , кВА | $K_3 = \frac{Sp}{\Sigma S_H}$ |
|---|-------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ТП 1 (2×1000) ТП 2 (2×1000) | 1 | 2543,9 | 2318,5 | | |
| | 8 | 51,14 | 25,53 | | |
| | 7 | 423,2 | 420,7 | | |
| ΣS _н =4000кВА | | 3018,24 | 2764,73 | | |
| Q _{нбк} =4×300 квар | | — | -1200 | | |
| Итого | | 3018,24 | 1564,73 | 3399,7 | 0,82 |
| ТП 3(2×1000) ТП 4(2×1000) | 6 | 2064,2 | 1545,1 | | |
| | 20 | 156,1 | 134,5 | | |
| | 14 | 439,9 | 371,1 | | |
| | 9 | 35,7 | 28,8 | | |
| | 19 | 32,6 | 23,8 | | |
| | 13 | 28,8 | 17,9 | | |
| | 12 | 79,3 | 44 | | |
| | 7 | 75,9 | 55,1 | | |
| ΣS _н =4000кВА | | 2912,5 | 2220,3 | | |
| Q _{нбк} =4×300 квар | | | -1200 | | |
| Итого | | 2912,5 | 1020,3 | 3086,1 | 0,76 |
| ТП 5 (2×1000) ТП 6 (2×1000) ТП 7 (2×1000) | 2 | 3701,2 | 4359,8 | | |
| | 10 | 680,4 | 379,15 | | |
| ΣS _н =6000кВА | | 4381,6 | 4738,9 | | |
| Q _{нбк} =6×300 квар | | — | -1800 | | |
| Итого | | 4381,6 | 2638,9 | 5114,9 | 0,85 |
| ТП 8 (2×1000) ТП 9 (2×1000) | 5 | 751 | 582,7 | | |
| | 3 | 1049,7 | 432,4 | | |
| | 4 | 655,7 | 536,9 | | |
| | 18 | 59 | 37 | | |
| | 15 | 158,4 | 59,7 | | |
| | 11 | 196,9 | 155,12 | | |
| | 16 | 90,2 | 43,6 | | |
| | Осв. тер | 201,9 | 100,9 | | |
| ΣS _н =4000кВА | | 3162,83 | 1948,32 | | |
| Q _{нбк} =4×300 квар | | | -1200 | | |
| Итого | | 3162,83 | 748,32 | 3210 | 0,8 |

Распределим $Q_{\text{нбк}}$ по ТП пропорционально их мощностям.

Исходные данные: $Q_{\text{нбк}}=6594,5$ квар; $Q_{\text{р}0,4}= 11672,3$ квар.

ТП1, ТП2: $Q_{\text{р ТП 1,2}}=2764,73$ квар, $Q_{\text{р нбк ТП 1,2}}= x$, тогда

$$Q_{\text{р нбк ТП 1,2}} = \frac{Q_{\text{нбк}} \times Q_{\text{р ТП 1,2}}}{Q_{\text{р}0,4}} = \frac{2764,73 \times 6594,5}{11672,3} = 1562 \text{ квар.}$$

ТП3, ТП4 : $Q_{\text{р ТП 3,4}}=2220,3$ квар, $Q_{\text{р нбк ТП 3,4}}= x$, тогда

$$Q_{\text{р нбк ТП 3,4}} = \frac{Q_{\text{нбк}} \times Q_{\text{р ТП 3,4}}}{Q_{\text{р}0,4}} = \frac{2220,3 \times 6594,5}{11672,3} = 1255 \text{ квар.}$$

ТП5, ТП6, ТП7 : $Q_{\text{р ТП 5,6,7}}=4738,9$ квар, $Q_{\text{р нбк ТП 5,6,7}}= x$, тогда

$$Q_{\text{р нбк ТП 5,6,7}} = \frac{Q_{\text{нбк}} \times Q_{\text{р ТП 5,6,7}}}{Q_{\text{р}0,4}} = \frac{4738,9 \times 6594,5}{11672,3} = 2677,5 \text{ квар.}$$

ТП8, ТП9 : $Q_{\text{р ТП 8,9}}=1948,3$ квар, $Q_{\text{р нбк ТП 8,9}}= x$, тогда

$$Q_{\text{р нбк ТП 8,9}} = \frac{Q_{\text{нбк}} \times Q_{\text{р ТП 8,9}}}{Q_{\text{р}0,4}} = \frac{1948,3 \times 6594,5}{11672,3} = 1100,8 \text{ квар.}$$

Расчетные данные по распределению $Q_{\text{нбк}}$ по ТП сведем в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Уточненное распределение $Q_{\text{нбк}}$ по ТП

| №№ ТП | $Q_{\text{рТП}}$, квар | $Q_{\text{рнбкТП}}$, квар | $Q_{\text{факт нбкТП}}$, квар | $Q_{\text{несктп}}$, квар |
|---------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| ТП1, ТП2 | 2764,3 | 1562 | 4x300+2x150 | 1214,7 |
| ТП3, ТП4 | 2220,3 | 1254,5 | 4x300 | 1020,3 |
| ТП5, ТП6, ТП7 | 4738,9 | 2677,5 | 8x300+4x75 | 2038,9 |
| ТП8, ТП9 | 1948,9 | 1100,8 | 4x300 | 748,3 |
| ИТОГО | 11672,3 | 6537,75 | 6650 | 5022,3 |

1.6 Расчет электрических нагрузок на шинах 10 кВ

1.6.1 Определение потерь мощности в цеховых трансформаторах

Выбираем трансформаторы типа ТМЗ-1000-10/0,4. [3]

Паспортные данные: $S_{\text{нт}}=1000$ кВА; $I_x=1,4\%$; $U_{\text{кз}}=5,5\%$; $\Delta P_{\text{xx}}=2,1$ кВт;
 $\Delta P_{\text{кз}}=12,6$ кВт.

ТП1, ТП2: $K_3=0,82$; $N=4$;

$$\sum \Delta P_{\tau} = (2,1 + 12,6 \times 0,82^2) \times 4 = 42,4 \text{ кВт};$$

$$\sum \Delta Q_{\tau} = \left(\frac{1,4}{100} \times 1000 + \frac{5,5}{100} \times 1000 \times 0,82^2 \right) \times 4 = 204 \text{ квар};$$

ТП3, ТП4: $K_3=0,76$; $N=4$;

$$\sum \Delta P_{\tau} = (2,1 + 12,6 \times 0,76^2) \times 4 = 37,6 \text{ кВт};$$

$$\sum \Delta Q_{\tau} = \left(\frac{1,4}{100} \times 1000 + \frac{5,5}{100} \times 1000 \times 0,76^2 \right) \times 4 = 183,2 \text{ квар};$$

ТП5, ТП6, ТП7: $K_3=0,85$; $N=6$;

$$\sum \Delta P_{\tau} = (2,1 + 12,6 \times 0,85^2) \times 6 = 67,2 \text{ кВт};$$

$$\sum \Delta Q_{\tau} = \left(\frac{1,4}{100} \times 1000 + \frac{5,5}{100} \times 1000 \times 0,85^2 \right) \times 6 = 322,2 \text{ квар};$$

ТП8, ТП9: $K_3=0,8$; $N=4$;

$$\sum \Delta P_{\tau} = (2,1 + 12,6 \times 0,8^2) \times 4 = 40,6 \text{ кВт};$$

$$\sum \Delta Q_{\tau} = \left(\frac{1,4}{100} \times 1000 + \frac{5,5}{100} \times 1000 \times 0,8^2 \right) \times 4 = 196,8 \text{ квар};$$

Суммарные потери мощности:

$$\sum_1^8 \Delta P_{mp} = 187,8 \text{ кВт}; \quad \sum_1^8 \Delta Q_m = 906,2 \text{ квар}.$$

1.5.2 Определение расчетной мощности синхронных двигателей

Расчетная активная мощность СД:

$$P_{p \text{ сд}} = P_{н \text{ сд}} \times K_3 \times N.$$

Расчетная реактивная мощность СД:

$$Q_{p\text{ сд}} = P_{n\text{ сд}} \times K_3 \times N \times \operatorname{tg} \varphi.$$

Исходные данные: $P_{n\text{ сд}} = 800$ кВт; количество двигателей $N = 4$; коэффициент загрузки $K_3 = 0,8$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{p\text{ сд}} = 800 \times 0,8 \times 4 = 2560 \text{ кВт};$$

$$Q_{p\text{ сд}} = 800 \times 0,8 \times 4 \times 0,48 = 1228,8 \text{ квар.}$$

1.5.3 Определение мощности высоковольтных батарей конденсаторов. Составим уравнение баланса реактивной мощности на шинах 10 кВ:

$$Q_{вбк} = Q_{p0,4} + \Sigma \Delta Q_{тр} + Q_{рез} - Q_э - Q_{нбк} - Q_{сд}.$$

Резервная мощность:

$$Q_{рез} = 0,1 \times \Sigma Q_{расч} = 0,1 \times (Q_{p0,4} + \Sigma \Delta Q_{тр}) = 0,1 \times (11672,3 + 906,2) = 1258 \text{ квар.}$$

Мощность от энергосистемы:

$$Q_э = (0,23 - 0,25) \times \Sigma P_p = 0,25 \times (P_{p0,4} + \Sigma \Delta P_{тр} + P_{p\text{ сд}});$$

$$Q_э = 0,25 \times (13475,1 + 187,8 + 2560) = 4055 \text{ квар.}$$

Из уравнения баланса реактивной мощности найдем $Q_{вбк}$:

$$Q_{вбк} = 11672,3 + 906,2 + 1257,9 - 4054,7 - 6650 - 1228,8 = 1902,9 \text{ квар.}$$

Так как $Q_{вбк} = 1902,9$ квар, то мощность одной батареи 900 квар, $Q_{вбк} = 2 \times 900 = 1800$ квар.

Расчет силовой нагрузки по электроаппаратному заводу, включая низковольтную и высоковольтную нагрузки, потери в трансформаторах ЦТП, расчетные мощности по компрессорной, приведены в таблице 1.6 – Расчет уточненной мощности по электроаппаратному заводу.[2]

Таблица 1.6 – Расчет уточненной мощности по электроаппаратному заводу

| №№ ТП, S _{нт} , Q _{БК} ТП | №№ цеха | n | P _{n min} -P _{n max} | ΣP _н | K _н | Средняя мощность | | n _э | K _м | Расчетные мощности | | | K _з | |
|---|---|-----|--|-----------------|----------------|-----------------------|------------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|----------------|------|
| | | | | | | P _{см} , кВт | Q _{см} , квар | | | P _р , кВт | Q _р , квар | S _р , кВА | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| ТП1, ТП2 (4×1000 кВА) | 1 | 280 | 1-100 | 6500 | | 2275 | 2275 | | | | | | | |
| | 8 | 15 | 1-20 | 85 | | 25,5 | 19,1 | | | | | | | |
| | 7 | 50 | 10-40 | 595 | | 238 | 285,6 | | | | | | | |
| | Силовая: Освещение: Q _{нБК} Итого | | 345 | 1-100 | 7180 | 0,35 | 2538,5 | 2579,7 | 149 | 1,14 | 2893,8 121,38 3015,2 | 519,9 60,74 1090,4 | 3206,3 | 0,8 |
| ТП3, ТП4 (4×1000 кВА) | 6 | 100 | 10-100 | 3800 | | 1710 | 1504,8 | | | | | | | |
| | 20 | 15 | 10-40 | 200 | | 120 | 120 | | | | | | | |
| | 14 | 8 | 40-100 | 560 | | 336 | 336 | | | | | | | |
| | 9 | 15 | 1-14 | 70 | | 21 | 25,2 | | | | | | | |
| | 19 | 2 | 10-20 | 30 | | 9 | 9 | | | | | | | |
| | 13 | 3 | 10 | 30 | | 18 | 13,5 | | | | | | | |
| | 12 | 10 | 10 | 100 | | 40 | 30 | | | | | | | |
| | 17 | 20 | 1-20 | 130 | | 52 | 52 | | | | | | | |
| | Силовая: Освещение: Освещение территории Итого | | 173 | 1-100 | 5175 | 0,46 | 2408 | 2212,9 | 98 | 1,16 | 2793,3 127,6 2920,9 | 2212,9 63,84 1076,8 | 3113,06 | 0,75 |
| | ТП5, ТП6, ТП7 (6×1000 кВА) | 2 | 200 | 10-100 | 8200 | | 3280 | 4264 | | | | | | |
| 10 | | 50 | 10-40 | 1200 | | 600 | 372 | | | | | | | |
| Силовая: Освещение: Q _{нБК} Итого | | | 250 | 10-100 | 9400 | 0,41 | 3880 | 4636 | 188 | 1,13 | 4384,4 205,9 4590,3 | 4636 102,95 2038,9 | 5022,7 | 0,83 |

Окончание таблицы 1.6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|----|-----|-------|------|------|--------|--------|-----|------|---------|---------|--------|------|
| ТП8, ТП9 (4×1000 кВА) | 5 | 70 | 1-50 | 1850 | | 647,5 | 569,8 | | | | | | |
| | 3 | 100 | 1-120 | 2100 | | 840 | 403,2 | | | | | | |
| | 4 | 100 | 10-80 | 1700 | | 510 | 510 | | | | | | |
| | 18 | 2 | 10-20 | 30 | | 21 | 15,8 | | | | | | |
| | 15 | 30 | 1-40 | 270 | | 108 | 51,8 | | | | | | |
| | 11 | 39 | 4-33 | 487 | | 149,1 | 149,1 | | | | | | |
| | 16 | 25 | 1-40 | 150 | | 45 | 33,8 | | | | | | |
| Силовая: | | 366 | 1-120 | 6630 | 0,35 | 2320,6 | 1733,5 | 110 | 1,15 | 2668,7 | 1733,9 | | |
| Освещение: | | | | | | | | | | 207,81 | 103,9 | | |
| Освещение территории | | | | | | | | | | 201,9 | 100,9 | | |
| Q _{нбк} | | | | | | | | | | | -1200 | | |
| Итого | | | | | | | | | | 3078,4 | 738,3 | 3165,7 | 0,79 |
| Итого на шинах 0,4 кВ | | | | | | | | | | 13602,8 | 4944,4 | | |
| ΣΔP _т , ΣΔQ _т | | | | | | | | | | 187,8 | 906,2 | | |
| Нагрузка 0,4 кВ, приведенная к шинам 10 кВ. | | | | | | | | | | 13790,6 | 5850,6 | | |
| Компрессорная | 20 | 4 | 800 | 3200 | | | | | | 2560 | -1228,8 | | |
| ВБК | | | | | | | | | | | -1800 | | |
| Всего по заводу | | | | | | | | | | 16350,6 | 2821,8 | 16592 | |

1.7 Выбор схемы внешнего электроснабжения

Питание завода может быть осуществлено от подстанции энергосистемы. На подстанции установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ. Трансформаторы работают отдельно. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 3 км. [2]

I вариант: 115 кВ.

II вариант: 37 кВ.

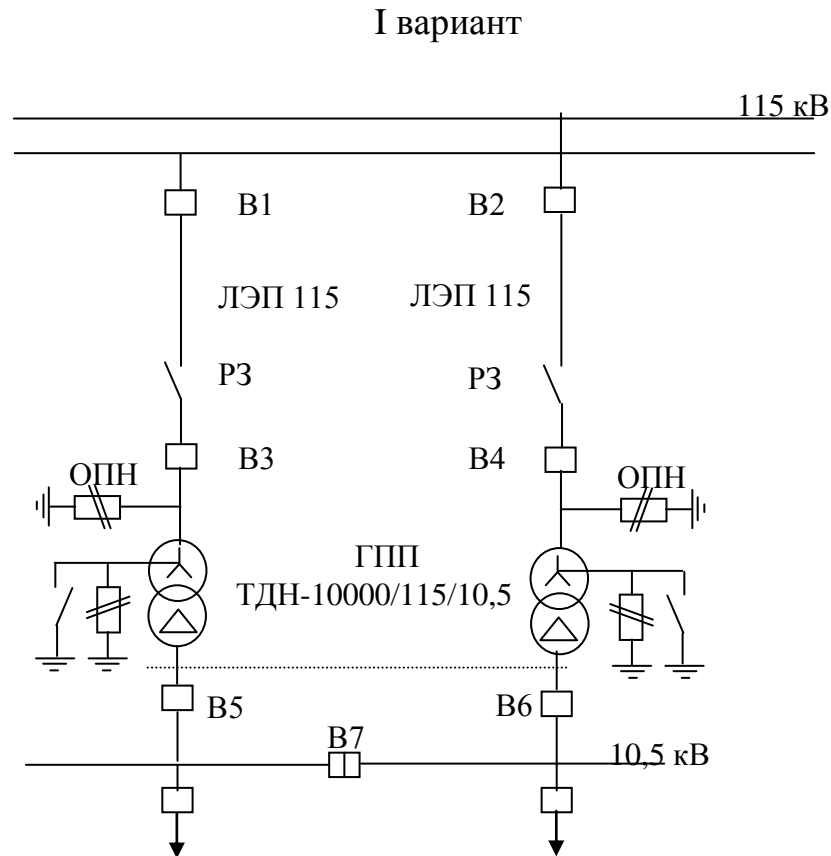


Рисунок 1.4 – Первый вариант схемы электроснабжения

1. Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S_{\text{тр гпп}} = \sqrt{P_p^2 + Q_s^2} = \sqrt{16350,6^2 + 4055^2} = 16592 \text{ кВА.}$$

Выбираем 2 трансформатора мощностью 16000 кВА.

Коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{S_{\text{penn}}}{2 \cdot S_{\text{нтр}}} = \frac{16592}{2 \cdot 10000} = 0,83.$$

Окончательно принимаем 2 трансформатора типа ТДН- 10000/110.

Паспортные данные трансформаторов:

$S_H=10000$ кВА; $U_{BH}=110$ КВ; $U_{HH}=10,5$ кВ; $\Delta P_{XX}=14$ кВт; $\Delta P_{K3}=58$ кВт;
 $U_{K3}=10,5\%$; $I_{XX}=0,9\%$.

Рассчитаем потери мощности в этих трансформаторах:

$$\Delta P_{\text{тр ГПП}}=2(\Delta P_{XX}+\Delta P_{K3} \cdot K3^2)=2(14+58 \cdot 0,83^2)=107,9 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{тр ГПП}}=2\left(\frac{I_{XX}}{100} \cdot S_{HT}+\frac{U_{K3}}{100} S_H K3^2\right)=2\left(\frac{0,9}{100} 10000+\frac{10,5}{100} 10000 0,83^2\right)=1626,7 \text{ квар.}$$

Определим потери электрической энергии в трансформаторах ГПП:

При двухсменном режиме работы число часов включения $T_{\text{вкл}}=4000$ ч и число часов использования максимума активной нагрузки $T_M=3000$ ч.

$$\Delta W_{\text{т ГПП}}=2 \times (\Delta P_{XX} \times T_{\text{вкл}}+ \tau \times \Delta P_{K3} \times K_3^2),$$

где $\tau=(0,124+\frac{T_M}{10000})^2 \cdot 8760=1574,8$ ч. – время максимальных потерь.

$$\Delta W_{\text{тр ГПП}}=2(14 \cdot 4000+58 \cdot 1574,8 \cdot 0,83^2)=237849 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

2. Выбираем сечение проводов ЛЭП 110 кВ:

Определим мощность, проходящую по ЛЭП:

$$S_{\text{ЛЭП}}=\sqrt{(P_p + \Delta P_{\text{мрзпп}})^2 + Q_3^2} = \sqrt{(16350,6 + 107,9)^2 + 4055^2} = 16950,6 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток одной линии:

$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{16950,6}{2\sqrt{3} \cdot 115} = 42,5 \text{ А.}$$

Аварийный ток: $I_{\text{ав}}=2 I_p=2 \cdot 42,5=85 \text{ А.}$

а) Определим сечение по экономической плотности тока:

$$F_3=I_p/J_3=42,5/1,1=38,7 \text{ мм}^2;$$

$$J_3=1,1 \text{ А/мм}^2 \text{ (А1, } T_M=4000 \text{ ч).}$$

Выбираем провод сечением 50 мм^2 .

б) По условию потерь на корону для ВЛ-110 кВ сечение должно быть не менее 70 мм^2 .

Принимаем провод АС-70, $I_{\text{доп}}=265\text{А}$.

в) Проверим провод по рабочему току:

$$I_{\text{доп пров}} \geq I_p \quad (265\text{А} > 42,5\text{А}).$$

г) Проверим провод по аварийному режиму:

$$I_{\text{доп ав}} \geq I_{\text{ав}},$$

где $I_{\text{доп ав}} = 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 265 = 344,5\text{А}$, ($344,5\text{А} > 85\text{А}$).

Определим потери электроэнергии в ЛЭП-110 кВ:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2(3I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau) = 2 \cdot 3 \cdot 42,5^2 \cdot 1,38 \cdot 10^{-3} \cdot 2405 = 23608 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

$$R = r_0 \cdot l = 0,46 \cdot 3 = 1,38 \text{ Ом}.$$

3. Перед выбором аппаратов составим схему замещения и рассчитаем ток короткого замыкания.

Составим схему замещения:

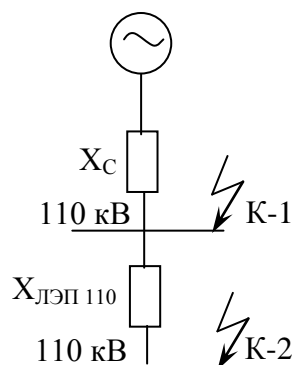


Рисунок 1.5 – Схема замещения для расчета токов короткого замыкания

$S_{\delta} = 1000 \text{ МВА}$; $U_{\delta} = 115 \text{ кВ}$; $X_c = 0,4 \text{ о.е.}$

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{\delta}} = 5,02 \text{ кА}.$$

Сопротивление ЛЭП:

$$X_{лэп} = X_0 \cdot l \cdot S_6 / U_{cp}^2 = 0,34 \cdot 3 \cdot 1000 / 115^2 = 0,077.$$

Рассчитаем действующее значение тока кз в точке К1:

$$I_{к1} = \frac{I_6}{X_c} = 0,5 / 0,4 = 1,25 \text{ кА.}$$

Ударный ток кз:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} K_{уд} \cdot I_{к1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 1,25 = 3,1 \text{ кА.}$$

Действующее значение тока кз в точке К2:

$$I_{к2} = \frac{I_6}{X_c + X_{лэп}} = \frac{0,5}{0,4 + 0,077} = 1,24 \text{ кА.}$$

Ударный ток кз:

$$i_{уд2} = \sqrt{2} K_{уд} \cdot I_{к2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 1,24 = 3,15 \text{ кА.}$$

Мощность кз в точке К1:

$$S_{к1} = \sqrt{3} U_6 \cdot I_{к1} = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 1,25 = 248 \text{ МВА.}$$

Мощность кз в точке К2:

$$S_{к2} = \sqrt{3} U_6 \cdot I_{к2} = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 1,24 = 246 \text{ МВА.}$$

4. Выбор выключателей и разъединителей на $U = 115 \text{ кВ}$

Таблица 1.7 - Выбираем выключатели типа 121PM40-20В фирмы АВВ

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| $U_n = 110 \text{ кВ}$ | $U_p = 110 \text{ кВ}$ | $U_n \geq U_p$ |
| $I_n = 630 \text{ А}$ | $I_{ав} = 85 \text{ А}$ | $I_n \geq I_{ав}$ |
| $I_{откл} = 20 \text{ кА}$ | $I_{к1} = 1,25 \text{ кА}$ | $I_{откл} \geq I_{к1}$ |
| $I_{дин} = 52 \text{ кА}$ | $i_{уд1} = 3,15 \text{ кА}$ | $I_{дин} \geq i_{уд1}$ |

Выберем разъединители 110 кВ:

Таблица 1.8- Выбираем разъединители типа РНДЗ-110/630 У1

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|--|--|--|
| $U_H=110$ кВ $I_H=630$ А $I_{скв.ампл.}=80$ кА $I_{пред.терм. ст.}=31,5$ кА | $U_p=110$ кВ $I_{ав}=85$ А $i_{уд2}=3,15$ кА $I_{к2}=1,25$ кА | $U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{ав}$ $I_{скв.ампл.} \geq i_{уд2}$ $I_{пред.терм. ст} \geq I_{к2}$ |

Выберем выключатели В3,В4:

Таблица 1.9 - Выбираем выключатели типа 121PM40-20В фирмы АВВ

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|--|--|---|
| $U_H=110$ кВ $I_H=630$ А $I_{откл}=20$ кА $I_{дин}=52$ кА | $U_p=110$ кВ $I_{ав}=85$ А $i_{уд2}=3,15$ кА $I_{к2}=1,25$ кА | $U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{ав}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ $I_{дин} \geq i_{уд1}$ |

Ограничители перенапряжения:

ВЫБИРАЕМ ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ТИПА ОПНП-110/420/56-10 УХЛ1, $U_H=110$ кВ. [10]

5. Определим капитальные затраты на выбранное оборудование:
 Затраты на трансформаторы ГПП:

$$K_{трГПП}=2 \cdot 43,6=87,2 \text{ тыс у.е.}$$

Затраты на ЛЭП-110 кВ:

$$K_{лэп110}=1 \cdot K_{лэп}=3 \cdot 13,5=40,5 \text{ тыс.у.е.}$$

Затраты на выключатели В1,В2,В3,В4:

$$K_{В1,В2,В3,В4}=4 \cdot 16,24=64,96 \text{ тыс.у.е.}$$

Затраты на разъединители и ОПН:

$$K_{ввод}=2 \cdot 4,76=9,52 \text{ тыс.у.е}$$

Суммарные затраты:

$$\Sigma K_I = K_{В1-В4} + K_{лэп110} + K_{р,ОПН} + K_{тр ГПП} = 64,96 + 40,5 + 9,52 + 87,2 = 202,16 \text{ тыс.у.е.}$$

Суммарные издержки рассчитываются по формуле:

$$\Sigma I_I = I_a + I_{пот} + I_{э}, \text{ у.е.}$$

Амортизационные отчисления I_a : $I_a = E_a \cdot K$

Для ВЛ-110 кВ на железобетонных опорах $E_a = E_{\text{экспл}} = 0,028$.

Для распредустройств и подстанций $E_a = 0,063$.

Для распредустройств и подстанций $E_{\text{экспл}} = 0,003$.

Амортизационные отчисления на оборудование:

$$I_{a \text{ обор.}} = E_{a \text{ обор.}} \cdot \Sigma K_{\text{обор.}} = 0,063 \cdot 161,66 = 10,18 \text{ тыс. у.е.}$$

Амортизационные отчисления на ЛЭП:

$$I_{a \text{ лэп}} = E_{a \text{ лэп}} \cdot K_{\text{лэп}} = 0,028 \cdot 40,5 = 1,13 \text{ тыс. у.е.}$$

Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{экспл.обор.}} = E_{\text{экспл.обор.}} \cdot \Sigma K_{\text{обор.}} = 0,03 \cdot 161,66 = 4,85 \text{ тыс. у.е.}$$

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{\text{экспл.лэп}} = E_{\text{экспл.лэп}} \cdot K_{\text{лэп}} = 0,028 \cdot 40,5 = 1,13 \text{ тыс. у.е.}$$

Стоимость потерь электроэнергии $C_o = 0,08$ у.е./кВт·ч

Определим издержки на потери электроэнергии:

$$I_{\text{пот}} = C_o (\Delta W_{\text{тр гпп}} + \Delta W_{\text{лэп110}}) = 0,08 (237849 + 23608) = 20,92 \text{ тыс. у.е.}$$

Определим суммарные издержки:

$$\Sigma I_I = I_a + I_{\text{экспл}} + I_{\text{пот}} = 10,18 + 1,13 + 4,85 + 1,13 + 20,92 = 38,21 \text{ тыс. у.е.}$$

Приведенные затраты, являющиеся мерой стоимости, определяются по выражению:

$$Z_I = E \cdot K_I + I_I,$$

где $E = 0,12$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

$$Z_I = 0,12 \cdot 202,16 + 38,21 = 62,47 \text{ тыс. у.е.}$$

II Вариант

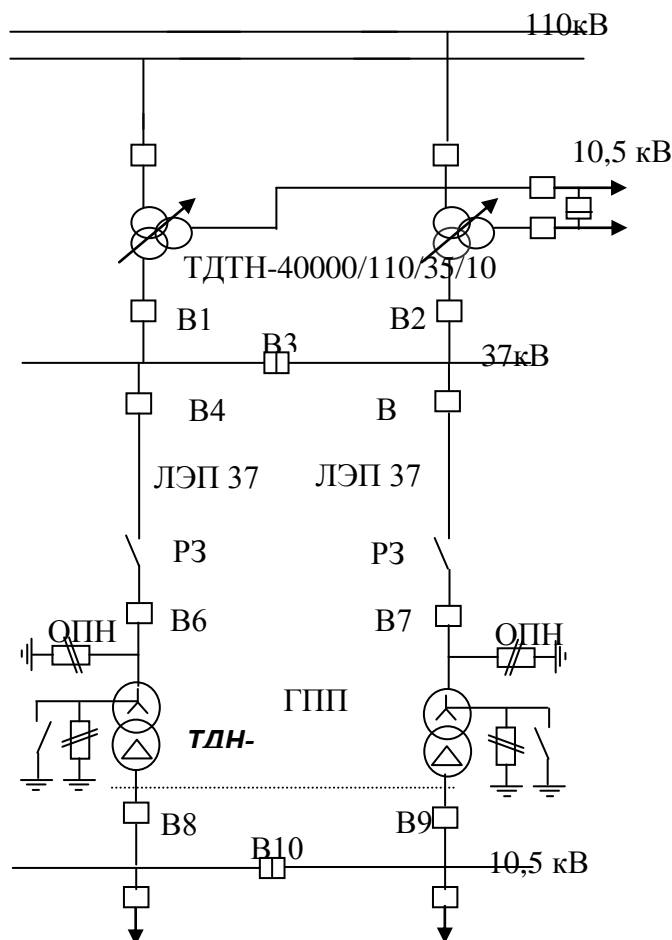


Рисунок 1.6 – Второй вариант схемы электроснабжения

Приведенные суммарные затраты определяются по выражению:

$$Z_{II} = E \cdot K_{II} + I_{II}.$$

Суммарные затраты:

$$K_{II} = K_{тр \text{ гпп}} + K_{лэп35} + K_{В4, В5} + K_p + K_{од} + K_{кз} + \gamma_1 \cdot K_{трэн. \text{ сист.}} + \gamma_2 \cdot K_{В1, В2} + \gamma_3 \cdot K_{В3}.$$

Суммарные издержки:

$$I_{II} = I_a + I_{эксп} + I_{пот}.$$

1. Выбор трансформаторы ГПП:

Выбираем два трансформатора типа ТДН-10000/35; $S_{н \text{ тр}} = 10000$ кВА; $K_3 = 0,82$. [10]

Паспортные данные трансформаторов: $S_n = 10000$ кВА; $U_{вн} = 37$ кВ; $U_{нн} = 11$ кВ; $\Delta P_{xx} = 12$ кВт; $\Delta P_{кз} = 60$ кВт; $U_{кз} = 8\%$; $I_{xx} = 0,75\%$.

Рассчитаем потери мощности в этих трансформаторах:

$$\Delta P_{тр \text{ гпп}} = 2(\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2) = 2(12 + 60 \cdot 0,83^2) = 106,6 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{тр гпп}} = 2 \left(\frac{I_{\text{xx}}}{100} \cdot S_{\text{нт}} + \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot S_{\text{н}} \cdot K_3^2 \right) = 2 \left(\frac{0,75}{100} \cdot 10000 + \frac{8}{100} \cdot 10000 \cdot 0,83^2 \right) = 1252,2 \text{ квар.}$$

Найдем потери электроэнергии в трансформаторах ГПП:

При двухсменном режиме работы число часов включения $T_{\text{вкл}} = 3000$ ч и число часов использования максимума активной нагрузки $T_{\text{м}} = 4000$ ч.

$$\Delta W_{\text{тр гпп}} = 2(\Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} + \Delta P_{\text{кз}} \times K_3^2),$$

где $\tau = (0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000})^2 \cdot 8760 = 1574,8$ ч - время максимальных потерь.

$$\Delta W_{\text{тр гпп}} = 2(12 \cdot 4000 + 60 \cdot 1574,8 \cdot 0,83^2) = 226189 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

2. Выберем сечение ЛЭП-35 кВ:

Определим мощность, проходящую по ЛЭП:

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{\text{тр}})^2 + Q_3^2} = \sqrt{(16350,6 + 10,67)^2 + 4055^2} = 16949 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток одной линии:

$$I_p = \frac{S_{\text{лэп}}}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{16949}{2\sqrt{3} \cdot 37} = 132,2 \text{ А.}$$

Аварийный ток:

$$I_{\text{ав}} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 132,2 = 264,4 \text{ А.}$$

а) Определим сечение по экономической плотности тока:

$$F_3 = I_p / J_3 = 132,21,1 = 120 \text{ мм}^2.$$

$$J_3 = 1,1 \text{ А/мм}^2 \text{ (А1, } T_{\text{м}} = 4000 \text{ ч).}$$

Выбираем провод сечением 120 мм^2 ($I_{\text{доп}} = 380 \text{ А}$).

Принимаем провод типа АС-120.

б) Проверим провод по пропускной способности:

$$I_{\text{доп пров}} \geq I_p; \\ (380 \text{ А} > 132,2 \text{ А}).$$

в) Проверим провод по аварийному режиму: $I_{\text{доп ав}} \geq I_{\text{ав}}$,

$$\text{где } I_{\text{доп ав}} = 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 380 = 493 \text{ А, } (493 \text{ А} > 264,4 \text{ А}).$$

Определим потери электроэнергии в ЛЭП-35 кВ:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2(3I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau) = 2 \cdot 3 \cdot 132,2^2 \cdot 0,81 \cdot 10^{-3} \cdot 1574,8 = 133837 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

$$R=r_0 \cdot l=0,27 \cdot 3=0,81 \text{ Ом.}$$

3. Выберем трансформаторы энергосистемы:

Выбираем два трансформатора типа ТДТН-40000/110. [10]

Паспортные данные трансформаторов:

$S_H=40000$ кВА; $U_{BH}=115$ кВ; $U_{CH}=38,5$ кВ; $U_{HH}=11$ кВ; $\Delta P_{XX}=43$ кВт;
 $\Delta P_{K3}=200$ кВт; $U_{KB-H}=17,5\%$; $U_{KC-H}=6,5\%$; $U_{KB-C}=10,5\%$.

Найдем γ_1 – коэффициент долевого участия проектируемого завода в мощности трансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{зпн } 35}}{2 * S_{\text{н.т.р}}} = \frac{16592}{2 * 40000} = 0,2.$$

Долевым участием в потерях ΔP и ΔQ в трансформаторах энергосистемы пренебрегаем.

4. Выбираем выключатели, разъединители, ОПН на напряжение 35 кВ:

Для выбора оборудования рассчитаем ток к.з.:

$$X_c=0,4 \text{ о.е.}; S_6=1000 \text{ МВА}; U_6=37 \text{ кВ};$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_6} = 15,6 \text{ кА.}$$

$$x_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{вс}} \times S_6}{100 \times S_{\text{н.т.р}}} = \frac{10,5 \times 1000}{100 \times 40} = 2,63 \text{ о.е.};$$

Составим схему замещения:

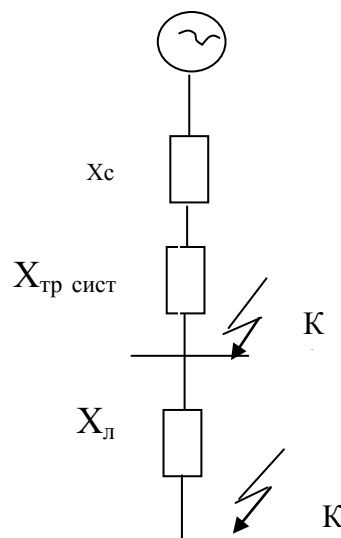


Рисунок 1.7 – Схема замещения для расчета токов короткого замыкания

Сопротивление ЛЭП:

$$X_{\text{лэп}} = X_0 \cdot l \cdot \frac{S_0}{U_{cp}^2} = 0,32 \cdot 8 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,07 \text{ о.е.}$$

Рассчитаем действующее значение тока кз в точке К1:

$$I_{\text{к1}} = \frac{I_0}{X_c + X_{mp}} = \frac{15,6}{1,1 + 2,63} = 11,1 \text{ кА.}$$

Ударный ток кз:

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} K_{\text{уд}} \cdot I_{\text{к1}} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 11,1 = 28,17 \text{ кА.}$$

Действующее значение тока кз в точке К2:

$$I_{\text{к2}} = \frac{I_0}{X_c + X_{mp} + X_{лэп}} = \frac{15,6}{0,4 + 2,63 + 0,07} = 7,8 \text{ кА.}$$

Ударный ток кз:

$$i_{\text{уд2}} = \sqrt{2} K_{\text{уд}} \cdot I_{\text{к2}} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 7,8 = 19,79 \text{ кА.}$$

Мощность кз в точке К1:

$$S_{\text{к1}} = \sqrt{3} U_0 \cdot I_{\text{к1}} = \sqrt{3} \cdot 37 \cdot 11,1 = 768,1 \text{ МВА.}$$

Мощность кз в точке К2:

$$S_{\text{к2}} = \sqrt{3} U_0 \cdot I_{\text{к2}} = \sqrt{3} \cdot 37 \cdot 7,8 = 499,2 \text{ МВА.}$$

5. Выключатели В1, В2 выбираем по аварийному току трансформаторов системы.

Принимаем, что мощность по двум вторичным обмоткам трансформатора распределена по 50%, поэтому мощность аварийного режима трансформаторов равна $2 \times 20 = 40$ МВА.

Найдем ток, проходящий через выключатели В1 и В2:

$$I_{\text{авВ1,В2}} = \frac{S_{\text{автп}}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 37} = 624,9 \text{ А.}$$

Таблица 1.10 - Выбираем выключатели В1, В2 типа ВМУЭ-35Б-25/1250УХЛ1

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|---|---|--|
| $U_H = 37 \text{ кВ}$ $I_H = 1250 \text{ А}$ $I_{откл} = 25 \text{ кА}$ | $U_p = 35 \text{ кВ}$ $I_{автр сист} = 624,9 \text{ А}$ $I_{к1} = 7,8 \text{ кА}$ | $U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{автр сист}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ |

Секционный выключатель В3 выбираем по току в 2 раза меньше аварийного.

Найдем ток, проходящий через выключатель В3:

$$I_{В3} = \frac{I_{ав}}{2} = \frac{624,9}{2} = 312,45 \text{ А.}$$

Таблица 1.11 - Выбираем выключатель типа ВМУЭ-35Б-25/650УХЛ1

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|--|---|---|
| $U_H = 37 \text{ кВ}$ $I_H = 650 \text{ А}$ $I_{откл} = 25 \text{ кА}$ | $U_p = 35 \text{ кВ}$ $I_{ртр сист} = 312,45 \text{ А}$ $I_{к1} = 7,8 \text{ кА}$ | $U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{ртр сист}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ |

$$\gamma_{В1,В2} = \frac{I_{авзав}}{I_{номвыкл}} = \frac{258,8}{1000} = 0,25;$$

$$\gamma_{В3} = \frac{I_{рзав}}{I_{номв3}} = \frac{129,4}{630} = 0,2.$$

Выключатели В4-В7 выбираем по аварийному току завода.

$$I_{ав зав} = 264,4 \text{ А.}$$

Таблица 1.12 - Выбираем выключатели типа ВМУЭ-35Б-25/650УХЛ1

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|--|---|--|
| $U_H = 37 \text{ кВ}$ $I_H = 650 \text{ А}$ $I_{откл} = 25 \text{ кА}$ | $U_p = 35 \text{ кВ}$ $I_{авзав} = 264,4 \text{ А}$ $I_{к1} = 7,8 \text{ кА}$ | $U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{авзав}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ |

Таблица 1.13 - Выбираем разъединители типа РНДЗ-2-35/1000У1

| Паспортные данные | Расчетные данные | Условия выбора |
|--|--|---|
| $U_H = 35 \text{ кВ}$ $I_H = 1000 \text{ А}$ $I_{скв \cdot ампл} = 63 \text{ кА}$ $I_{пред \cdot терм. ст} = 25 \text{ кА}$ | $U_p = 35 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 264,4 \text{ А}$ $i_{уд2} = 19,78 \text{ кА}$ $I_{к2} = 7,8 \text{ кА}$ | $U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{ав}$ $I_{скв \cdot ампл} \geq i_{уд2}$ $I_{пред \cdot терм. ст} \geq I_{к2}$ |

6. Ограничители перенапряжения ОПНп-35/400/40,5-10 УХЛ1, $U_H=35$ кВ.

7. Определим капитальные затраты на выбранное оборудование:

Затраты на трансформаторы ГПП:

$$K_{\text{тр гпп}}=2 \cdot 28,3=56,6 \text{ тыс у.е.}$$

Затраты на ЛЭП-35 кВ:

$$K_{\text{лэп35}}=1 \cdot K_{\text{лэп}}=3 \cdot 14,55=43,65 \text{ тыс.у.е.}$$

Затраты на выключатели В4-В7:

$$K_{\text{В4,В5}}=4 \cdot 5,54=22,16 \text{ тыс.у.е.}$$

Затраты на разъединители, ОПН:

$$K_{\text{ввод}}=2 \cdot 2,92=5,84 \text{ тыс.у.е.}$$

Затраты на трансформаторы системы:

$$K_{\text{тр сист}}=\gamma_1 \cdot 2 \cdot K_{\text{тр}}=0,2 \cdot 2 \cdot 107,2=42,88 \text{ тыс.у.е.}$$

Затраты на выключатели В1,В2:

$$K_{\text{В1,В2}}=\gamma_2 \cdot 2 \cdot K_{\text{В1,В2}}=0,25 \cdot 2 \cdot 5,54=2,77 \text{ тыс.у.е.}$$

Затраты на выключатель В3:

$$K_{\text{В3}}=\gamma_3 \cdot K_{\text{В3}}=0,2 \cdot 5,54=1,1 \text{ тыс.у.е.}$$

Суммарные затраты:

$$\begin{aligned} \Sigma K_{\text{II}} &= K_{\text{тр гпп}} + K_{\text{лэп35}} + K_{\text{В4,В5}} + K_{\text{ввода}} + K_{\text{тр сист}} + K_{\text{В1,В2}} + K_{\text{В3}} = \\ &= 56,6 + 43,65 + 22,16 + 5,84 + 42,88 + 2,77 + 1,1 = 176,66 \text{ тыс.у.е.} \end{aligned}$$

8. Амортизационные отчисления на оборудование:

$$I_{\text{а обор.}} = E_{\text{а обор.}} \cdot \Sigma K_{\text{обор.}} = 0,063 \cdot 133,01 = 8,38 \text{ тыс.у.е.}$$

Амортизационные отчисления на ЛЭП:

$$I_{\text{а лэп}} = E_{\text{а лэп}} \cdot K_{\text{лэп}} = 0,028 \cdot 43,65 = 1,22 \text{ тыс.у.е.}$$

9. Издержки на эксплуатацию оборудования:

$$I_{\text{экспл.обор.}} = E_{\text{экспл.обор.}} \cdot \Sigma K_{\text{обор.}} = 0,03 \cdot 133,01 = 3,99 \text{ тыс.у.е.}$$

Издержки на эксплуатацию ЛЭП:

$$I_{\text{экспл.лэп}} = E_{\text{экспл.лэп}} \cdot K_{\text{лэп}} = 0,028 \cdot 43,65 = 1,22 \text{ тыс.у.е.}$$

Определим издержки на потери электроэнергии:

$$I_{\text{пот}} = C_o(\Delta W_{\text{тр гпп}} + \Delta W_{\text{лэп35}}) = 0,08(226189 + 133837) = 28,8 \text{ тыс. у.е.}$$

Определим суммарные издержки:

$$\begin{aligned} \Sigma I_{\text{II}} &= I_{\text{а обор.}} + I_{\text{экспл.обор.}} + I_{\text{а лэп}} + I_{\text{экспл.лэп}} + I_{\text{пот}} = \\ &= 8,38 + 1,22 + 1,22 + 3,99 + 28,8 = 43,61 \text{ тыс.у.е.} \end{aligned}$$

10. Приведенные затраты, являющиеся мерой стоимости, определяются по выражению:

$$Z_{\text{II}} = E \cdot K_{\text{II}} + I_{\text{II}},$$

где $E=0,12$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

$$Z_{\text{II}} = 0,12 \cdot 176,66 + 43,61 = 64,82 \text{ тыс.у.е.}$$

Таблица 1.14 – Результаты ТЭР

| Варианты | U_n , кВ | K_{Σ} , тыс.у.е. | I_{Σ} , тыс.у.е. | Z_{Σ} , тыс.у.е. |
|----------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| I | 115 | 202,16 | 38,21 | 62,47 |
| II | 37 | 176,66 | 43,61 | 64,82 |

Вывод: проходит I вариант по минимальным приведенным годовым затратам.

1.8 Выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания $U > 1 \text{ кВ}$

1.8.1 Расчет токов короткого замыкания $I_{кз}$ ($U=10,5 \text{ кВ}$) с учетом подпитки от СД.

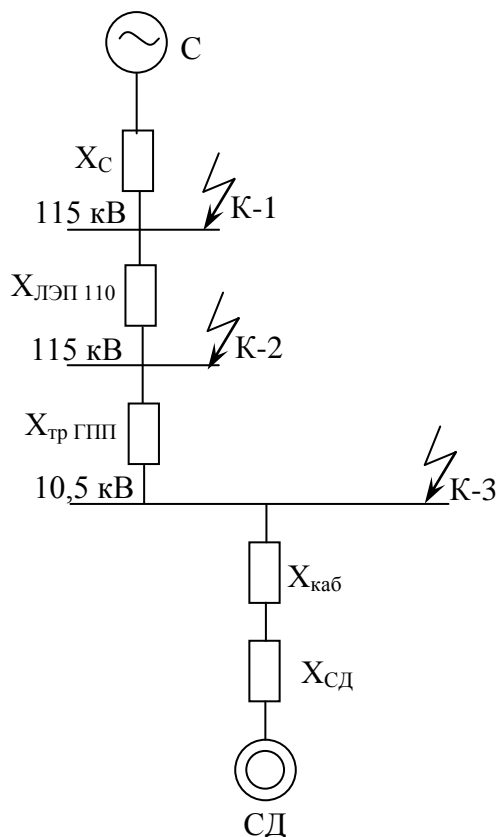


Рисунок 1.8 – Схема замещения электроснабжения ГПП

$S_{\text{б}}=1000 \text{ МВА}$; $x_c=0,4$; $U_{\text{б}}=10,5 \text{ кВ}$;

$$I_{\text{б}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{н}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10,5} = 54,9 \text{ кА};$$

$$x_{\text{ЛЭП}} = \frac{x_0 \times L \times S_{\text{б}}}{U_{\text{ср}}^2} = \frac{0,34 \times 3 \times 1000}{115^2} = 0,13;$$

$$x_{\text{тр.ГПП}} = \frac{U_{\text{кз}} \times S_{\text{б}}}{100 \times S_{\text{нт}}} = \frac{10,5 \times 1000}{100 \times 10} = 10,5;$$

$$I'_{\text{к-3}} = \frac{I_{\text{б}}}{x_c + x_{\text{ЛЭП}} + x_{\text{тр.ГПП}}} = \frac{54,9}{0,2 + 0,13 + 10,5} = 4,6 \text{ кА}.$$

Рассчитаем ток от СД:

Исходные данные: $P_{\text{н СД}}=800 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,9$; $N_{\text{СД}} = 4$; $\kappa_{\text{з}} = 0,85$.

$$S_{\text{н сд}} = \frac{P_{\text{н сд}}}{\cos \varphi} = \frac{800}{0,9} = 888 \text{ кВА};$$

$$I_{\text{сд}} = \frac{S_{\text{н сд}} \times K_3}{\sqrt{3} \times U} = \frac{1388,8 \times 0,85}{\sqrt{3} \times 10,5} = 64,9 \text{ А.}$$

Выбираем кабель к СД:

а) по экономической плотности тока:

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{р}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{41,5}{1,4} = 29,6 \text{ мм}^2.$$

б) по минимальному сечению:

$$F_{\text{min}} = \alpha \times I_{\text{кз}} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} = 49,1 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель маркой ААШВ-10-(3×50)+(1×35), $I_{\text{доп}}=140 \text{ А}$.
Данные кабеля: $r_0=0,625 \text{ Ом/км}$; $x_0=0,085 \text{ Ом/км}$.

$$X_{\text{каб.кСД}} = \frac{x_0 \times L \times S_{\text{б}}}{2 \times U_{\text{ср}}^2} = \frac{0,085 \times 3 \times 100}{2 \times 10,5^2} = 0,11 \text{ о.е.}$$

$$X_{\text{сд}} = \frac{x_{\text{д}}'' \times S_{\text{б}}}{\sum_{\text{н сд}} S} = \frac{0,2 \times 100}{2 \times 0,888} = 11,26 \text{ о.е.}$$

$$X_{\text{экв.1}} = X_{\text{каб}} + X_{\text{СД}} = 0,11 + 11,26 = 11,37 \text{ о.е.}$$

Тогда ток от двигателей будет равен:

$$I_{\Sigma \text{кз СД}} = \frac{E_{\text{сд}} \times I_{\text{б}}}{X_{\text{экв.}}} = \frac{1,1 \times 5,5}{4,16} = 1,45 \text{ кА},$$

где $E_{\text{сд}} = E_{\text{н}}'' \times U_{\text{н}} / U_{\text{б}} = 1,1 \times 10,5 / 10,5 = 1,1$.

Суммарный ток КЗ в точке К-3 на шинах 10 кВ с учетом подпитки от двигателей компрессорной и насосной будет равен:

$$\Sigma I_{\text{кз}} = I'_{\text{к-3}} + I_{\Sigma \text{кз СД}} = 4,6 + 0,53 = 5,13 \text{ кА.}$$

Ударный ток в точке К-3:

$$i_{уд3} = K_{уд} \times \sqrt{2} \times \sum I_{кз} = 1,8 \times \sqrt{2} \times 5,13 = 13 \text{ кА.}$$

1.8.2 Выбор выключателей

Выбор вводных и секционных выключателей:

$$S_{р.завода} = 16021,3 \text{ кВА}; I_{р.з.з.з} = \frac{S_{р.з.з.з}}{2 \times \sqrt{3} \times U_{н}} = \frac{16845}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 463,1 \text{ А};$$

$$I_{ав} = 2 \times I_{р.завода} = 2 \times 463,1 = 926,2 \text{ А.}$$

Выбираем выключатель типа ВВ/TEL-10-20/1000У2.

Секционный выключатель

$$I_{р} = \frac{I_{ав}}{2} = \frac{881,8}{2} = 440,9 \text{ А.}$$

Таблица 1.15 - Принимаем выключатель типа ВВ/TEL-10-12,5/630У2

| | Вводные выключатели | | Секционный выключатель | |
|----------------|---------------------|------------|------------------------|------------|
| | Расчетные | Паспортные | Расчетные | Паспортные |
| $U_{н}$, кВ | 10 | 10 | 10 | 10 |
| $I_{н}$, А | 926,2 | 1000 | 463,1 | 630 |
| $I_{отк}$, кА | 3,74 | 31,5 | 3,74 | 31,5 |

Выбор выключателей отходящих линий:

1. ГПП-ТП1-ТП2:

$$S_{р} = \sqrt{(3015,2 + 42,4)^2 + (1090,4 + 204)^2} = 3320,2 \text{ кВА};$$

$$I_{р} = \frac{3320,2}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 91,2 \text{ А}; I_{ав} = 2 \times 91,2 = 182,6 \text{ А.}$$

Таблица 1.16 - Выбираем выключатель типа ВВ/TEL- 10-12,5/630У2:

| Паспортные данные | Расчетные данные |
|--|--|
| $U_{н} = 10 \text{ кВ}$ | $U = 10 \text{ кВ}$ |
| $I_{н} = 630 \text{ А}$ | $I_{ав} = 182,6 \text{ А}$ |
| $I_{откл} = 12,5 \text{ кА}$ | $I_{кз} = 5,13 \text{ кА}$ |
| $I_{скв} = 32 \text{ кА}$ | $I_{уд} = 13 \text{ кА}$ |
| $I^2 * t = (I_{откл})^2 \times 4 = 625 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ | $B = (I_{кз})^2 \times 0,12 = 3,15 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ |
| Привод электромагнитный | |

2. ГПП-ТП3-ТП4:

$$S_{P_{ТП3,4}} = \sqrt{(2920,9 + 37,6)^2 + (1076,8 + 183,2)^2} = 3215,6 \text{ кВА};$$

$$I_P = \frac{3215,6}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 88,4 \text{ А}; \quad I_{ав} = 2 \times 88,4 = 176,8 \text{ А}.$$

Таблица 1.17 - Выбираем выключатель типа ВВ/TEL- 10-12,5/630У2:

| Паспортные данные | Расчетные данные |
|---|---|
| $U_H = 10 \text{ кВ}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_{откл} = 12,5 \text{ кА}$ $I_{СКВ} = 32 \text{ кА}$ $I^2 * t = (I_{откл})^2 \times 4 = 625 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ | $U = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 176,8 \text{ А}$ $I_{кз} = 5,13 \text{ кА}$ $I_{уд} = 13 \text{ кА}$ $B = (I_{кз})^2 \times 0,12 = 3,15 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ |
| Привод электромагнитный | |

3. ГПП-ТП5-ТП6-ТП7:

$$S_{P_{ТП5,6,7}} = \sqrt{(4590,3 + 67,2)^2 + (2038,9 + 322,2)^2} = 5221,8 \text{ кВА};$$

$$I_P = \frac{5221,8}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 143,5 \text{ А}; \quad I_{ав} = 2 \times 143,5 = 287 \text{ А}.$$

Таблица 1.18 - Выбираем выключатель типа ВВ/TEL- 10-12,5/630У2:

| Паспортные данные | Расчетные данные |
|---|---|
| $U_H = 10 \text{ кВ}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_{откл} = 12,5 \text{ кА}$ $I_{СКВ} = 32 \text{ кА}$ $I^2 * t = (I_{откл})^2 \times 4 = 625 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ | $U = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 287 \text{ А}$ $I_{кз} = 5,13 \text{ кА}$ $I_{уд} = 13 \text{ кА}$ $B = (I_{кз})^2 \times 0,12 = 3,15 \text{ кА}^2 \times \text{с}$ |
| Привод электромагнитный | |

4. ГПП-ТП8-ТП9:

$$S_{P_{ТП8,9}} = \sqrt{(3078,4 + 40,6)^2 + (738,3 + 196,8)^2} = 3256,2 \text{ кВА};$$

$$I_P = \frac{3256,2}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 89,5 \text{ А}; \quad I_{ав} = 2 \times 89,5 = 179 \text{ А}.$$

Таблица 1.19 - Выбираем выключатель типа ВВ/TEL- 10-12,5/630У2:

| Паспортные данные | Расчетные данные |
|---|---|
| $U_H = 10 \text{ кВ}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_{откл} = 12,5 \text{ кА}$ $I_{скв} = 32 \text{ кА}$ $I^2 * t = (I_{откл})^2 * 4 = 625 \text{ кА}^2 * \text{с}$ | $U = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 179 \text{ А}$ $I_{кз} = 5,13 \text{ кА}$ $I_{уд} = 13 \text{ кА}$ $B = (I_{кз})^2 * 0,12 = 3,15 \text{ кА}^2 * \text{с}$ |
| Привод электромагнитный | |

5. ГПП-ВБК:

$Q_P = 900 \text{ квар};$

$$I_{P_{ВБК}} = \frac{900}{\sqrt{3} \times 10,5} = 49,5 \text{ А.}$$

Таблица 1.20 - Выбираем выключатель типа ВВ/TEL- 10-12,5/630У2:

| Паспортные данные | Расчетные данные |
|---|--|
| $U_H = 10 \text{ кВ}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_{откл} = 12,5 \text{ кА}$ $I_{скв} = 32 \text{ кА}$ $I^2 * t = (I_{откл})^2 * 4 = 625 \text{ кА}^2 * \text{с}$ | $U = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 49,5 \text{ А}$ $I_{кз} = 5,13 \text{ кА}$ $I_{уд} = 13 \text{ кА}$ $B = (I_{кз})^2 * 0,12 = 3,15 \text{ кА}^2 * \text{с}$ |
| Привод электромагнитный | |

6. ГПП-СД:

$$S_{P_{СД}} = \frac{800}{0,9} = 888 \text{ кВА}; \quad I_{P_{СД}} = \frac{888 \times 0,85}{\sqrt{3} \times 10,5} = 41,5 \text{ А.}$$

Таблица 1.21 - Выбираем выключатель типа ВВ/TEL- 10-12,5/630У2:

| Паспортные данные | Расчетные данные |
|---|--|
| $U_H = 10 \text{ кВ}$ $I_H = 630 \text{ А}$ $I_{откл} = 12,5 \text{ кА}$ $I_{скв} = 32 \text{ кА}$ $I^2 * t = (I_{откл})^2 * 4 = 625 \text{ кА}^2 * \text{с}$ | $U = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 41,5 \text{ А}$ $I_{кз} = 5,13 \text{ кА}$ $I_{уд} = 13 \text{ кА}$ $B = (I_{кз})^2 * 0,12 = 3,15 \text{ кА}^2 * \text{с}$ |
| Привод электромагнитный | |

1.8.3 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторов тока выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки:

$$U_{\text{ном тт}} \geq U_{\text{ном уст-ки}};$$

2. по току:

$$I_{\text{ном тт}} \geq I_{\text{расч}};$$

3. по электродинамической стойкости:

$$K_{\text{дин}} \geq \frac{i_{\text{уд}}}{\sqrt{2} \times I_{\text{номтт}}};$$

4. по вторичной нагрузке:

$$S_{\text{н2}} \geq S_{\text{нагр расч}};$$

5. по термической стойкости:

$$K_{\text{тс}} = \frac{I_{\text{об}} \times \sqrt{t}}{I_{\text{номтт}} \times t_{\text{нт}}};$$

6. по конструкции и классу точности.

Таблица 1.22 - Выбор трансформаторов тока на вводе и секционном выключателе

| Прибор | Тип | A, ВА | B, ВА | C, ВА |
|--------|----------|-------|-------|-------|
| A | Э-350 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Wh | СА3-И681 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Varh | СР4-И689 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| W | Д-355 | 0,5 | - | 0,5 |
| Var | Д-345 | 0,5 | - | 0,5 |
| Итого | | 6,5 | 5,5 | 6,5 |

Таблица 1.23 - Примем трансформатор тока ТЛ-10 У3: $I_{\text{н}}=1000 \text{ А}$; $U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$; $S_{\text{н}}=10 \text{ ВА}$;

| Расчетные величины | По каталогу |
|---------------------------------|--------------------------------|
| $U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$ | $U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{ав}}=926,2 \text{ А}$ | $I_{\text{н}}=1000 \text{ А}$ |
| $i_{\text{уд}}=13 \text{ кА}$ | $I_{\text{дин}}=81 \text{ кА}$ |
| $S_2 \text{ р}=9,87 \text{ ВА}$ | $S_2 \text{ н}=10 \text{ ВА}$ |

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

Сопротивление вторичной нагрузки состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов:

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}}$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом};$$

$$r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{нТТ}}}{I_2^2} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом},$$

где $S_{\text{приб}}$ – мощность, потребляемая приборами;
 I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доп}} = r_{2\text{н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,4 - 0,26 - 0,1 = 0,04 \text{ Ом}.$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,04} = 0,035 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР ТВ; $F=2,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,395 \times 5^2 = 9,87 \text{ ВА};$$

где $R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,056 + 0,1 = 0,395 \text{ Ом}$

Таблица 1.24 - Выбираем трансформатор тока на секционном выключателе шин ГПП: $I_p=440,9 \text{ А}$; ТЛМ-10-У3-600/5; $I_n=600 \text{ А}$; $U_n=10 \text{ кВ}$

| Прибор | Тип | А, ВА | В, ВА | С, ВА |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| Амперметр | Э-350 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Итого | | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

Таблица 1.25 – Условие выбора ТТ

| Расчетные величины | По каталогу |
|--------------------|-----------------|
| $U_H=10$ кВ | $U_H=10$ кВ |
| $I_{ав}=463,1$ А | $I_H=600$ А |
| $i_{уд}=13$ кА | $I_{дин}=81$ кА |
| $S_{2p}=4,4$ ВА | $S_{2H}=10$ ВА |

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом};$$

$$r_{2\text{H-ка}} = \frac{S_{2\text{HТТ}}}{I_2^2} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{доп}} = r_{2\text{H}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,4 - 0,02 - 0,1 = 0,28 \text{ Ом};$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,28} = 0,5 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР ТВ; $F=2,5$ мм²;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,176 \times 5^2 = 4,4 \text{ ВА};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,02 + 0,056 + 0,1 = 0,176 \text{ Ом}.$$

б) Выбираем трансформатор тока на линии ГПП-(ТП1-ТП2); ГПП-(ТП3-ТП4-ТП5); ГПП-(ТП6-ТП7); ГПП-(ТП-8-ТП9)

Таблица 1.26 – Выбор оборудования

| Прибор | Тип | А, ВА | В, ВА | С, ВА |
|-----------|----------|-------|-------|-------|
| Амперметр | Э-350 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Wh | СА3-И681 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Varh | СР4-И689 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Итого | | 5,5 | 5,5 | 5,5 |

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{2 н-ка}} = \frac{S_{\text{2 нтт}}}{I_2^2} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{доппр}} = r_{\text{2н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,4 - 0,22 - 0,1 = 0,08 \text{ Ом};$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,08} = 1,75 \text{ мм}^2;$$

принимаем кабель АКРТВ; $F=2,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,376 \times 5^2 = 9,4 \text{ ВА};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,22 + 0,056 + 0,1 = 0,376 \text{ Ом}.$$

Таблица 1.27 - Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП1-ТП2): $I_{\text{ав}}=182,6 \text{ А}$; примем трансформатор тока ТПЛК-10 У3: $I_{\text{н}}=200 \text{ А}$; $U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$; $S_{\text{н}}=10 \text{ ВА}$; [1].

| Расчетные величины | По каталогу |
|----------------------------------|----------------------------------|
| $U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$ | $U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{ав}}=182,6 \text{ А}$ | $I_{\text{н}}=200 \text{ А}$ |
| $i_{\text{уд}}=13 \text{ кА}$ | $I_{\text{дин}}=74,5 \text{ кА}$ |
| $S_{2 \text{ р}}=9,4 \text{ ВА}$ | $S_{2 \text{ н}}=10 \text{ ВА}$ |

Таблица 1.28 - Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП3-ТП4): $I_{\text{ав}}=176,8 \text{ А}$; примем трансформатор тока ТПЛК-10 У3: $I_{\text{н}}=300 \text{ А}$; $U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$; $S_{\text{н}}=10 \text{ ВА}$; [1].

| Расчетные величины | По каталогу |
|----------------------------------|----------------------------------|
| $U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$ | $U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{ав}}=176,8 \text{ А}$ | $I_{\text{н}}=200 \text{ А}$ |
| $i_{\text{уд}}=13 \text{ кА}$ | $I_{\text{дин}}=74,5 \text{ кА}$ |
| $S_{2 \text{ р}}=9,4 \text{ ВА}$ | $S_{2 \text{ н}}=10 \text{ ВА}$ |

Таблица 1.29 - Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП5-ТП6-ТП7): $I_{ав}=287\text{А}$; примем трансформатор тока ТПЛК-10 У3: $I_H=300\text{ А}$; $U_H=10\text{ кВ}$; $S_H=10\text{ВА}$; [1].

| Расчетные величины | По каталогу |
|------------------------|--------------------------|
| $U_H=10\text{ кВ}$ | $U_H=10\text{ кВ}$ |
| $I_{ав}=287\text{ А}$ | $I_H=300\text{ А}$ |
| $i_{уд}=13\text{ кА}$ | $I_{дин}=74,5\text{ кА}$ |
| $S_{2p}=9,4\text{ ВА}$ | $S_{2H}=10\text{ ВА}$ |

Таблица 1.30 - Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП8-ТП9): $I_{ав}=179\text{А}$; примем трансформатор тока ТПЛК-10 У3: $I_H=200\text{ А}$; $U_H=10\text{ кВ}$; $S_H=10\text{ВА}$; [1].

| Расчетные величины | По каталогу |
|------------------------|--------------------------|
| $U_H=10\text{ кВ}$ | $U_H=10\text{ кВ}$ |
| $I_{ав}=179\text{ А}$ | $I_H=200\text{ А}$ |
| $i_{уд}=13\text{ кА}$ | $I_{дин}=74,5\text{ кА}$ |
| $S_{2p}=9,4\text{ ВА}$ | $S_{2H}=10\text{ ВА}$ |

Таблица 1.31 – Выбор измерительных приборов

| Прибор | Тип | A, ВА | B, ВА | C, ВА |
|-----------|----------|-------|-------|-------|
| Амперметр | Э-350 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Амперметр | Э-350 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Амперметр | Э-350 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Varh | СР4-И689 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Итого | | 4 | 4 | 4 |

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{4}{5^2} = 0,16\text{ Ом};$$

$$r_{2\text{н-ка}} = \frac{S_{2\text{нтт}}}{I_2^2} = \frac{10}{5^2} = 0,4\text{ Ом};$$

$$r_{\text{доп}} = r_{2\text{н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,4 - 0,16 - 0,1 = 0,14\text{ Ом};$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,14} = 0,1\text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР ТВ; $F=2,5\text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,316 \times 52 = 7,9 \text{ ВА};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,16 + 0,056 + 0,1 = 0,316 \text{ Ом}.$$

Таблица 1.32 - Трансформаторов тока на СД: $I_p = 41,5 \text{ А}$; примем трансформатор тока ТПЛК-10 УЗ: $I_n = 100 \text{ А}$; $U_n = 10 \text{ кВ}$; $S_n = 10 \text{ ВА}$; Кл.точ.1.

| Расчетные величины | По каталогу |
|---------------------------------|------------------------------------|
| $U_n = 10 \text{ кВ}$ | $U_n = 10 \text{ кВ}$ |
| $I_p = 41,5 \text{ А}$ | $I_n = 100 \text{ А}$ |
| $i_{\text{уд}} = 13 \text{ кА}$ | $I_{\text{дин}} = 74,5 \text{ кА}$ |
| $S_{2p} = 7,9 \text{ ВА}$ | $S_{2n} = 10 \text{ ВА}$ |

1.8.4 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбираются по следующим условиям:

- по напряжению установки: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$;
- по вторичной нагрузке: $S_{\text{ном2}} \geq S_{2\text{расч}}$;
- по классу точности;
- по конструкции и схеме соединения.

Таблица 1.33 - Выбор измерительных приборов

| Прибор | Тип | Соб-ки , ВА | Число об-к | cosφ | sinφ | Число приборов | Робщ , Вт | Q_{Σ} , вар |
|--------|----------|----------------|---------------|------|-------|-------------------|--------------|--------------------------|
| V | Э-335 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 8 | - |
| W | Д-335 | 1,5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 3 | - |
| Var | И-335 | 1,5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 3 | - |
| Wh | СА3-И681 | 3 Вт | 2 | 0,38 | 0,925 | 6 | 36 | 87,63 |
| Varh | СР4-И689 | 3 вар | 2 | 0,38 | 0,925 | 6 | 36 | 87,63 |
| Итого | | | | | | | 82 | 175,3 |

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{82^2 + 175,26^2} = 193,5 \text{ ВА}.$$

Таблица 1.34 - Принимаем ТН типа НТМК –10-66-УЗ

| | |
|---|-----------------------------|
| $U_{HT} = 10 \text{ кВ}$ | $U_{HT} = 10 \text{ кВ}$ |
| $S_{H2} = 500 \text{ кВА}$ | $S_{p2} = 193,5 \text{ ВА}$ |
| Схема соединения обмоток $Y^{\Delta}/Y^{\Delta}/\langle -0$ | |

1.7.5 Выбор силовых кабелей отходящих линий

Выбор кабелей производится по следующим условиям:

1. по экономической плотности тока:

$$F_3 = \frac{I_p}{\gamma_3};$$

2. по минимальному сечению:

$$F_{\min} = \alpha \times I_{кз} \times \sqrt{t_{п}};$$

3. по условию нагрева рабочим током:

$$I_{\text{доп каб}} \geq I_p;$$

4. по аварийному режиму:

$$I_{\text{доп ав}} \geq I_{\text{ав}};$$

5. по потере напряжения:

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U_{\text{рас}}.$$

Все расчетные данные выбора кабелей занесены в таблицу «Кабельный журнал».

Таблица 1.7 - «Кабельный журнал».

| Наименование участка | S _р , кВА | Кол-во кабелей в траншее | Нагрузка | | По экономической плотности тока, мм ² | | По допустимой нагрузке, мм ² | | По току короткого замыкания, мм ² | | Выбранный кабель | I _{доп} , А |
|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|--|----------------|---|------------------|--|-------|------------------|----------------------|
| | | | I _р , А | I _{ав} , А | j _э | F _э | K _п | F _{доп} | I _к , А | S | | |
| ГПП-ТП1-ТП2 | 3206 | 4 | 88,2 | 176 | 1,4 | 63,0 | 0,8 | 70 | 4,6 | 30,43 | ААШВ-10-3(1×70) | 165 |
| ГПП-ТП3-ТП4 | 3113 | 4 | 85,6 | 171 | 1,4 | 61,1 | 0,8 | 70 | 4,6 | 30,43 | ААШВ-10-3(1×70) | 165 |
| ГПП-ТП5-ТП6-ТП7 | 5023 | 4 | 138 | 279 | 1,4 | 98,6 | 0,8 | 150 | 4,6 | 30,43 | ААШВ-10-3(1×150) | 275 |
| ГПП-ТП8-ТП9 | 3166 | 4 | 87 | 174 | 1,4 | 62,1 | 0,8 | 70 | 4,6 | 30,43 | ААШВ-10-3(1×70) | 165 |
| ТП1-ТП2 | 1603 | 2 | 44,1 | 88,1 | 1,4 | 31,5 | 0,9 | 35 | 4,6 | 30,43 | ААШВ-10-3(1×35) | 115 |
| ТП3-ТП4 | 1557 | 2 | 42,8 | 85,6 | 1,4 | 30,6 | 0,9 | 35 | 4,6 | 30,43 | ААШВ-10-3(1×35) | 115 |
| ТП5-(ТП6-ТП7) | 1674 | 2 | 46 | 92 | 1,4 | 32,9 | 0,9 | 35 | 4,6 | 30,43 | ААШВ-10-3(1×35) | 115 |
| ТП6-ТП7 | 1674 | 2 | 46 | 92 | 1,4 | 32,9 | 0,9 | 35 | 4,6 | 30,43 | ААШВ-10-3(1×35) | 115 |
| ТП8-ТП9 | 1583 | 2 | 43,5 | 87 | 1,4 | 31,1 | 0,9 | 35 | 4,6 | 30,43 | ААШВ-10-3(1×35) | 115 |
| ГПП-СД | 888 | 4 | 41,5 | - | 1,4 | 29,6 | 0,8 | 25 | 4,6 | 30,43 | ААШВ-10-3(1×35) | 115 |

1.7.6 Выбор шин ГПП

Сечение шин выбирают по длительно допустимому току и экономической целесообразности. Проверку шин производят на электродинамическую и термическую стойкость к токам КЗ.

Выбираем твердотянутые алюминиевые шины прямоугольного сечения марки АТ-80×6; $I_{\text{доп}}=1150$ А (одна полоса на фазу); $I_{\text{ав}}=881,8$ А; $i_{\text{уд}}=13$ кА.

а) $I_{\text{доп}}=1150\text{А} \geq I_{\text{ав}}=881,8$ А;

б) проверка по термической стойкости к $I_{\text{кз}}$:

$$F_{\text{min}} = \alpha \times I_{\text{кз}} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \times 3,74 \times \sqrt{1} = 44,8 \text{ мм}^2 < 480 \text{ мм}^2 (80 \times 6);$$

в) проверка по динамической стойкости к $i_{\text{уд}}$ кз : $\sigma_{\text{доп}}=700$ кгс/см²:

$$f = \frac{1,75 \times 10^{-2} \times i_{\text{уд}}^2 \times L}{a} = \frac{1,75 \times 10^{-2} \times 13^2 \times 100}{100} = 1,33 \text{ кгс};$$
$$W = 0,167 \times b \times h^2 = 0,167 \times 0,8 \times 6^2 = 4,81 \text{ см}^3.$$

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{f \times L}{10 \times W} = \frac{1,33 \times 100^2}{10 \times 4,81} = 276 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} < 700 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}.$$

где $L=100$ см – расстояние между изоляторами;

$a=60$ см – расстояние между фазами;

$b=0,8$ см – толщина одной полосы;

$h=6$ см – ширина (высота) шины.

Из условия видно, что шины динамически устойчивы.

1.7.7 Выбор изоляторов

Жесткие шины крепятся на опорных изоляторах, выбор которых производится по следующим условиям:

- по номинальному напряжению: $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$;
- по допустимой нагрузке: $F_{\text{доп}} \geq F_{\text{расч}}$.

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

$F_{\text{доп}}$ – допустимая нагрузка на головку изолятора,

$$F_{\text{доп}} = 0,6 \times F_{\text{разруш}};$$

где $F_{\text{разруш}}$ – разрушающая нагрузка на изгиб.

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \times 10^{-1} \times i_{\text{уд}}^2 \times L}{a} = \frac{\sqrt{3} \times 10^{-1} \times 13^2 \times 100}{80} = 13,22 \text{ кгс}.$$

Выбираем изолятор типа ОНШ-10-500У1, $F_{\text{разруш}}=500$ кгс.

$$F_{\text{доп}} = 0,6 \times F_{\text{разруш}} = 0,6 \times 500 = 300 \text{ кгс. } (> 13,22 \text{ кгс}).$$

Условие выполняется.

2 Регулирование уровня напряжения в схеме электроснабжения электроаппаратного завода

2.1 Общие положения

Современное производство с его сложнейшими технологическими процессами, с широким применением средств автоматического управления и контроля процессами немислимо без четкой и слаженной работы всех использующих технических средств, что заставляет предъявлять высокие требования к их качеству.

Однако очевидно, что создавать высококачественные технические средства не имеет смысла, если не предусмотреть соответствующее качество их электроснабжения.

Качество электроснабжения определяется в общем случае надежностью электроснабжения и качеством электроэнергии у ее приемников.

К основным показателям качества электроэнергии относятся отклонение напряжения, которые определяются разностью между действительным напряжением – U и номинальным напряжением – $U_{\text{ном}}$: [4]

$$\delta U = U - U_{\text{ном}},$$

или

$$\delta U, \% = \frac{U - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%;$$

В качестве действительного напряжения U в трехфазных сетях принимается напряжение прямой последовательности основной частоты.

Отклонение напряжения на зажимах электродвигателей и пускорегулирующей аппаратуры допускаются в пределах 5-10% номинального, светильников рабочего освещения и прожекторов – в пределах 2,5 – 5% номинального.

Отклонение напряжений от номинальных значений происходит из-за суточных, сезонных и технологических изменений электрической нагрузки потребителей: Изменение мощности источников реактивной энергии; регулирования напряжения на генераторах электростанций и в узлах сети; изменение схемы и параметров электрических сетей.

Отклонение напряжения должны определяться в характерных точках сети. Для системы электроснабжения промышленных предприятий такими точками являются секции шин 10 кВ ГПП 110/10. Шины распределительных пунктов с трансформаторами 10/0,4 кВ, шины цеховых трансформаторов, а также распределительные шкафы 0,4 кВ наиболее удаленные от цехового трансформатора, и присоединенные к ним сети освещения. Отклонение

напряжения в электрических сетях промышленных предприятий следует, в основном, рассчитывать для наибольших нагрузок.

Поддержание оптимальных уровней напряжения на источниках питания и непосредственно у потребителей имеет большое значение для нормальной работы электроприемников и электроустановок промышленных предприятий. Отклонение напряжения в ту или иную сторону от нормированных уровней наносит значительный ущерб.

Необходимо отметить, что в тех точках сети, к которым не подключены электроприемники, допустимо повышение напряжения выше значений, указанных выше. Верхний предел напряжения в этих случаях обуславливается классом изоляции оборудования.

Регулирование напряжения осуществляется:

а) генераторами электростанций, в которых увеличение тока возбуждения ведет к увеличению ЭДС и напряжения на шинах генераторного напряжения U_G . Автоматическое регулирование возбуждения (АРВ) позволяет плавно регулировать напряжение U_G или поддерживать его постоянное значение;

б) трансформаторами и автотрансформаторами;

в) компенсирующими устройствами (синхронными компенсаторами - плавно, батареями статических конденсаторов - ступенчато);

г) изменением параметров сети применением установок продольной компенсации (УПК);

д) в замкнутых сетях - перераспределением потоков активной и реактивной мощности.

Генераторы электростанций являются только вспомогательным средством регулирования, потому что имеют недостаточный диапазон регулирования напряжения, кроме того, трудно согласовать требования по напряжению удаленных и близких потребителей. Как единственное средство регулирования генераторы применяются только для нагрузки, питающейся от шин генераторного напряжения.

Повышающие трансформаторы на электростанциях с номинальным напряжением обмотки ВН 110-220 кВ также являются вспомогательным средством регулирования напряжения, потому что имеют предел регулирования $\pm 2 \times 2,5 \% U_{ном}$, и с их помощью нельзя согласовать требования по напряжению близких и удаленных потребителей. Повышающие трансформаторы 330, 500, 750 кВ выпускаются без устройств для регулирования напряжения. Поэтому основным средством регулирования напряжения являются трансформаторы и автотрансформаторы районных подстанций.

По конструктивному выполнению различают два типа трансформаторов понижающих подстанций:

- с переключением регулировочных ответвлений без возбуждения, т.е. с отключением от сети (трансформаторы с ПБВ);

- с переключением регулировочных ответвлений под нагрузкой (трансформаторы с РПН). Обычно их регулировочные ответвления

выполняются на стороне высшего напряжения, которая имеет меньший рабочий ток. При этом облегчается работа переключающего устройства.

2.2 Исходные данные для расчета отклонений напряжения

На ГПП установлен трансформатор типа ТДН – 10000/110 питающийся по ВЛ – 110 кВ, длиной 3 км. Напряжение в начале линии при минимальной нагрузке трансформатора составляет $1,02 U_n$, а при максимальной равно $U_{ном}$.

Минимальная нагрузка составляет 80% от максимальной. [11]

ВЛ – 110 кВ

АС – 70, $l=3$ км, $r_0=0,46$ Ом/км, $x_0=0,444$.

$r_{Л}=0,46 \cdot 17=7,82$ Ом, $x_{Л}=0,444 \cdot 17=7,55$

Мощность проходящая через ВЛ:

$S_{max}=(15653+j3739)$ кВ

$P_{max}=7782$ кВт

$Q_{max}=1870$ кВар

$P_{min}=6226$ кВт

$Q_{min}=1496$ кВар

Трансформатор ГПП

$\Delta P_{кз}=58$

$U_{кз}=10,5$ %

$r_T=7,018$ Ом

$x_T=126,8$ Ом

$P_{max}=7782$ кВт

$Q_{max}=1870$ кВар

$P_{min}=6226$ кВт

$Q_{min}=1496$ кВар

КЛ – 1 ААШВ – 10 – (3×70), $l=0,66$ км

$r_0=0,443$ Ом/км

$x_0=0,086$ Ом/км

$r_{КЛ1}=0,443 \cdot 0,66=0,29$ Ом,

$x_{КЛ1}=0,086 \cdot 0,66=0,06$ Ом

$P_{max}=1634$ кВт

$Q_{max}=63$ кВар

$P_{min}=1307$ кВт

$Q_{min}=51$ кВар

Трансформатор ТП 6 ТСЗ – 10000/10

$\Delta P_{кз}=11,2$

$U_{кз}=5,5$ %

$r_T=1,12$ Ом

$x_T=5,38$ Ом

$P_{max}=817$ кВт

$Q_{max}=63$ кВар

$P_{min}=654$ кВт

$Q_{min}=51$ кВар

КЛ – 2 ААШВ – 10 – (3×70), $l=0,085$ км

$r_0=0,443$ Ом/км

$x_0=0,086$ Ом/км

$r_{КЛ2}=0,037$ Ом,

$x_{КЛ2}=0,007$ Ом

$P_{max}=817$ кВт

$Q_{max}=63$ кВар

$P_{min}=654$ кВт

$Q_{min}=51$ кВар

Трансформатор ТП 7 ТСЗ – 10000/10

$\Delta P_{кз}=11,2$

$U_{кз}=5,5$ %

$r_T=1,12$ Ом

$x_T=5,38$ Ом

$$P_{\max}=817 \text{ кВт}$$

$$P_{\min}=654 \text{ кВт}$$

$$Q_{\max}=63 \text{ кВар}$$

$$Q_{\min}=51 \text{ кВар}$$

КЛ – 3 ШРА – 11, $l=0,05$ км

ШР· $n=8$ шт

$n=40 \Rightarrow 5$ ШР

$$P=188/5=37,6 \text{ кВт}$$

$$Q=123/5=24,6 \text{ кВт}$$

$$S=\sqrt{P^2 + Q^2} = 45 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 65,03 \text{ А}$$

\Rightarrow ААШВ – 0,4 – (3×10)

$$r_0=7,81 \text{ Ом/км}$$

$$x_0=0,095 \text{ Ом/км}$$

$$r_{\text{КЛ3}}=0,156 \text{ Ом,}$$

$$x_{\text{КЛ3}}=0,002 \text{ Ом}$$

$$P_{\max}=38 \text{ кВт}$$

$$Q_{\max}=25 \text{ кВар}$$

$$P_{\min}=30 \text{ кВт}$$

$$Q_{\min}=20 \text{ кВар}$$

КЛ – 4 ЭПН $\text{\textcircled{5}}$, вентилятор $P=10$ кВт

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 14,45 \text{ А}$$

\Rightarrow АПВ – 0,4 – (3×4)

$$r_0=3,12 \text{ Ом/км}$$

$$x_0=0,073 \text{ Ом/км}$$

$$r_{\text{КЛ4}}=0,156 \text{ Ом,}$$

$$x_{\text{КЛ4}}=0,004 \text{ Ом}$$

$$\cos\varphi=0,8$$

$$\text{tg}\varphi=0,75$$

$$P_{\max}=10 \text{ кВт}$$

$$Q_{\max}=7,5 \text{ кВар}$$

$$P_{\min}=8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\min}=6 \text{ кВар}$$

2.3 Расчет потерь напряжения в элементах сети при максимальном и минимальном режимах

Потеря напряжения в элементах сети рассчитывается по формулам:

$$\max: \Delta U_{\text{Л}} = \frac{P_{\max} \cdot r_{\text{Л}} + Q_{\max} \cdot x_{\text{Л}}}{U_{\text{НОМ}}}; \quad \Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{НОМ}}} \cdot 100;$$

$$\min: \Delta U'_{\text{Л}} = \frac{P_{\min} \cdot r_{\text{Л}} + Q_{\min} \cdot x_{\text{Л}}}{U_{\text{НОМ}}}; \quad \Delta U'\% = \frac{\Delta U'}{U_{\text{НОМ}}} \cdot 100;$$

ВЛ – 110 кВ

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{7782 \cdot 7,82 + 1870 \cdot 7,48}{110} = 554 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{л}, \%} = \frac{0,554}{110} \cdot 100 = 0,5 \%$$

$$\Delta U'_{\text{л}} = \frac{6226 \cdot 7,82 + 1496 \cdot 7,48}{110} = 545 \text{ В}$$

$$\Delta U'_{\text{л}, \%} = \frac{0,545}{110} \cdot 100 = 0,49 \%$$

Трансформатор ГПП

$$\Delta U_{\text{тр}} = \frac{7782 \cdot 7,018 + 1870 \cdot 126,8}{110} = 2652 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{тр}, \%} = \frac{2,652}{110} \cdot 100 = 2,41 \%$$

$$\Delta U'_{\text{тр}} = \frac{6226 \cdot 7,018 + 1496 \cdot 126,8}{110} = 2122 \text{ В}$$

$$\Delta U'_{\text{тр}, \%} = \frac{2,122}{110} \cdot 100 = 1,93 \%$$

КЛ – 1

$$\Delta U_{\text{кл1}} = \frac{1634 \cdot 0,29 + 63 \cdot 0,06}{10} = 48 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{кл1}, \%} = \frac{0,048}{110} \cdot 100 = 0,48 \%$$

$$\Delta U'_{\text{кл1}} = \frac{1307 \cdot 0,29 + 51 \cdot 0,06}{10} = 38 \text{ В}$$

$$\Delta U'_{\text{кл1}, \%} = \frac{0,038}{10} \cdot 100 = 0,38 \%$$

ТП 6

$$\Delta U_{\text{тп6}} = \frac{817 \cdot 1,12 + 63 \cdot 5,38}{10} = 126 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{тп6}, \%} = \frac{0,126}{10} \cdot 100 = 1,26 \%$$

$$\Delta U'_{\text{тп6}} = \frac{654 \cdot 1,12 + 51 \cdot 5,38}{10} = 98 \text{ В}$$

$$\Delta U'_{\text{тп6}, \%} = \frac{0,098}{10} \cdot 100 = 0,98 \%$$

КЛ – 2

$$\Delta U_{\text{кл2}} = \frac{817 \cdot 0,037 + 63 \cdot 0,007}{10} = 3 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{кл2}, \%} = \frac{0,003}{10} \cdot 100 = 0,03 \%$$

$$\Delta U'_{\text{кл2}} = \frac{654 \cdot 0,037 + 51 \cdot 0,007}{10} = 2,5 \text{ В}$$

$$\Delta U'_{\text{кл2}, \%} = \frac{0,0025}{10} \cdot 100 = 0,025 \%$$

ТП 7

$$\Delta U_{\text{тп7}} = \frac{817 \cdot 1,12 + 63 \cdot 5,38}{10} = 126 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{тп7}, \%} = \frac{0,126}{10} \cdot 100 = 1,26 \%$$

$$\Delta U'_{\text{тп7}} = \frac{654 \cdot 1,12 + 51 \cdot 5,38}{10} = 98 \text{ В}$$

$$\Delta U'_{\text{тп7}, \%} = \frac{0,098}{10} \cdot 100 = 0,98 \%$$

КЛ – 3

$$\Delta U_{\text{кл3}} = \frac{38 \cdot 0,156 + 25 \cdot 0,004}{0,4} = 15 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{кл3}, \%} = \frac{0,015}{0,4} \cdot 100 = 3,75 \%$$

$$\Delta U'_{\text{кл3}} = \frac{30 \cdot 0,156 + 20 \cdot 0,004}{0,4} = 12 \text{ В}$$

$$\Delta U'_{\text{кл3}, \%} = \frac{0,012}{0,4} \cdot 100 = 3 \%$$

КЛ – 4

$$\Delta U_{\text{кл4}} = \frac{10 \cdot 0,156 + 7,5 \cdot 0,002}{0,4} = 4 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{кл4}, \%} = \frac{0,004}{0,4} \cdot 100 = 1 \%$$

$$\Delta U'_{\text{кл4}} = \frac{8 \cdot 0,156 + 6 \cdot 0,002}{0,4} = 3 \text{ В}$$

$$\Delta U'_{\text{кл4}, \%} = \frac{0,003}{0,4} \cdot 100 = 0,75 \%$$

Отклонение напряжения составляет:

– максимальная нагрузка

$$\delta U = \delta U_{\text{нп}} - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{гпш}} - \Delta U_{\text{кл1}} - \Delta U_{\text{тпб}} - \Delta U_{\text{кл2}} - \Delta U_{\text{тп7}} - \Delta U_{\text{кл3}} - \Delta U_{\text{кл4}};$$

$$\delta U = 0 - 0,5 - 2,41 - 0,48 - 1,26 - 0,03 - 1,26 - 3,75 - 1 = -10,663\%$$

– минимальная нагрузка

$$\delta U = 2 - 0,49 - 1,93 - 0,38 - 0,98 - 0,025 - 0,98 - 3 - 0,75 = -6,535\%$$

2.4 Регулирование напряжения с помощью устройства РПН трансформатора ГПП

Основное преимущество трансформаторов с РПН заключается в том, что эти трансформаторы не требуют отключения, а их коэффициенты трансформации изменяются более плавно и в значительных пределах.

На ГПП установлены два трансформатора типа ТДН – 10000/110 с РПН в диапазоне регулирования $\pm 16\%$ с 18 регулировочными ответвлениями (± 9 ступеней по 1,78%): $\Delta P_{\text{кз}} = 58 \text{ кВт}$; $U_{\text{к}} = 10,5\%$; $\Delta P_{\text{хх}} = 14 \text{ кВт}$; $U_{\text{нп}} = 11 \text{ кВ}$.

– в режиме максимальных нагрузок:

$$S_{\text{нб}} = 16094 \text{ кВА}; \quad \cos \varphi = 0,96; \quad \sin \varphi = 0,28; \quad U_{1\text{НБ}} = 110 \text{ кВ}; \quad U_{2\text{НБ}} = 10 \text{ кВ}.$$

Потери напряжения в трансформаторе составляют:

$$\Delta U_{\text{T}^*} = \beta (R_{\text{T}^*} \cdot \cos \varphi + X_{\text{T}^*} \cdot \sin \varphi);$$

$$\Delta U_{\text{T}^*} = \frac{S_{\text{НБ}}}{S_{\text{НТ}}} \left(\frac{\Delta P_{\text{кз}} \cdot \cos \varphi}{S_{\text{НТ}}} + \frac{U_{\text{к}} \cdot \sin \varphi}{100} \right);$$

$$\Delta U_{\text{T}^*} = \frac{16094}{10000} \left(\frac{58 \cdot 0,96}{10000} + \frac{10,5 \cdot 0,28}{100} \right) = 0,056 \text{ о.е.};$$

$$U_{2\text{НБ}^*} = 10,5/10 = 1,05; \quad U_{1\text{НБ}^*} = 115/110 = 1,045.$$

Определим целесообразный при рассматриваемых условиях коэффициент трансформации:

$$K_{\text{T}^*} = \frac{U_{1\text{НБ}^*} - \Delta U_{\text{T}^*}}{U_{2\text{НБ}^*}} = \frac{1,045 - 0,056}{1,05} = 0,94.$$

По известному значению R_T^* желаемое напряжение регулировочного ответвления можно рассчитать:

$$U_{OTB}^* = K_{T^*} \cdot \frac{U_{BH}}{100} = 0,94 \cdot \frac{110}{100} = 1,034 \text{ о.е.}$$

Это соответствует регулировочному ответвлению $110 + 2 \cdot 1,78\%$ или напряжению ответвления:

$$U_{OTB} = 110 \cdot 1,034 = 113,74 \text{ кВ.}$$

Действительное напряжение на стороне НН при выборе U_{OTB} будет равно

$$U_{2НБ} = \frac{0,94 \cdot 110}{113,74} \cdot 11 = 10 \text{ кВ.}$$

– в режиме минимальных нагрузок

$S_{нб} = 12875 \text{ кВА}$; $\cos\varphi = 0,85$; $\sin\varphi = 0,53$; $U_{1НМ} = 115$; $U_{2НМ} = 10,5 \text{ кВ}$;

Потери напряжения в трансформаторе составляют:

$$\Delta U_{T^*} = \frac{12875}{10000} \left(\frac{58 \cdot 0,85}{10000} + \frac{10,5 \cdot 0,53}{100} \right) = 0,023 \text{ о.е.};$$

$$U_{2НМ}^* = 10,5 / 10,5 = 1; \quad U_{1НМ}^* = 115 / 110 = 1,045;$$

$$K_{T^*} = \frac{U_{1НБ}^* - \Delta U_{T^*}}{U_{2НБ}^*} = \frac{1,045 - 0,023}{1} = 1,022;$$

$$U_{OTB}^* = K_{T^*} \cdot \frac{U_{BH}}{100} = 1,022 \cdot \frac{115}{100} = 1,18 \text{ о.е.}$$

Это соответствует регулировочному ответвлению $115 + 2 \cdot 1,78\%$ или напряжению ответвления: $U_{OTB} = 115 \cdot 1,031 = 118,565 \text{ кВ}$.

Действительное напряжение на стороне НН при выборе U_{OTB} будет равно

$$U_{2НБ} = \frac{1,022 \cdot 115}{118,565} \cdot 10 = 9,9 \approx 10 \text{ кВ.}$$

Пересчитываем потери в трансформаторе ГПП при включении РПН:

$$\Delta U_{Тр} = \frac{7782 \cdot 7,018 + 1870 \cdot 126,8}{113,74} = 2565 \text{ В}; \quad \Delta U_{Тр, \%} = \frac{2,565}{113,74} \cdot 100 = 2,25 \%;$$

$$\Delta U'_{\text{тр}} = \frac{6226 \cdot 7,018 + 1496 \cdot 126,8}{113,74} = 1968 \text{ В}; \quad \Delta U'_{\text{тр}, \%} = \frac{1,968}{118,565} \cdot 100 = 1,66 \%$$

При этом, имеем до включения РПН: $\Delta U_{\text{тр}, \%} = 2,41 \%$; $\Delta U'_{\text{тр}, \%} = 1,93 \%$.

2.5 Регулирование напряжения на трансформаторе ТП 7 при помощи ПБВ

При максимальной нагрузке отклонение напряжения на первичной обмотке трансформатора составляет $\delta U = -4,68\%$.

Потери напряжения в трансформаторе $\Delta U_{\text{тп}} = 1,26\%$.

Потери напряжения до ЭП №5 (вентилятор) $\Delta U_1 = 3,75\%$.

Потери напряжения в питании осветительной сети $\Delta U_2 = 0,95\%$.

Максимальное допустимое отклонение напряжения для электродвигателей составляет $\delta U_{\text{доп}}^+ = 10\%$, для осветительной сети $\delta U_{\text{доп}}^+ = 5\%$.

Допустимое отклонение напряжения на шинах трансформатора:
– для силовой нагрузки:

$$\delta U_2 = \delta U_{\text{доп}}^+ + \Delta U_1 = 10 + 3,75 = 13,75\%;$$

– для осветительной нагрузки:

$$\delta U_2 = \delta U_{\text{доп}}^+ + \Delta U_2 = 5 + 0,95 = 5,95\%;$$

Максимально возможная добавка напряжения

$$E = \delta U_2 - \delta U + \Delta U_{\text{тп}} = 5,95 - (-4,68) + 1,26 = 11,89\%.$$

Выбираем максимально возможную добавку $E = 0$, т.е. ответвление $+5\%$.

При такой добавке отклонение напряжения:

$$\delta U_2 = \delta U_1 + E\Delta - U_T = -4,68 + 5 - 1,26 = 0,94\%.$$

Допустимые потери в сети:

– для силовой нагрузки

$$\Delta \delta U_{\text{доп}}^C = \delta U_2 - \delta U_{\text{доп}} = -0,94 - (-5) = 4,06\%.$$

– для осветительной нагрузки

$$\Delta \delta U_{\text{доп}}^{\text{осв}} = \delta U_2 - \delta U_{\text{доп}} = -0,94 - (-2,5) = 1,56\%.$$

Потери в распределительной сети:

$$\Delta U_3 = \Delta U_{\text{доп}}^{\text{OCB}} - \Delta U_2 = 1,56 - 0,95 = 0,61\%.$$

Расчеты, выполненные для отклонений напряжения у электроприемников при максимальной и минимальной нагрузках показывают и график наглядно подтверждает, что для устойчивой работы необходимо чтобы:

1. РПН на трансформаторах ГПП в часы минимальных нагрузок автоматически отключались, так как при включенном РПН при минимальной нагрузке – отклонения напряжения выше допустимого по ГОСТу и близко расположенные к энергосистеме электроприемники будут работать при повышенном напряжении.

В часы максимальных нагрузок во избежание перенапряжения у электроприемников необходимо перевести РПН с трех ступеней на две ступени по 1,78%.

2. ПБВ на цеховом трансформаторе устанавливается как для максимального, так и для минимального режима и максимально возможная добавка составляет 5% и является оптимальной при работе электроприемников в данных условиях.

3 Безопасность жизнедеятельности

3.1 Анализ условий труда на электроаппаратном заводе

При небольшой насыщенности предприятий электроаппаратной промышленности сложными механизмами и установками по выпуску деталей для техники и продукции широкого потребления, перемещению, складированию и отгрузке огромного количества товаров, наличию большого количества электродвигателей особое внимание при проектировании заводов и их эксплуатации уделяется созданию благоприятных и безопасных условий для работы трудящихся. Охрану труда осуществляют в полном соответствии с «Правилами по технике безопасности и производственной санитарии на предприятиях электроаппаратной промышленности».

Поступающие на предприятие рабочие допускаются к работе только после обучения их безопасным приемам работы и инструктажа по технике безопасности. Ежеквартально проводится дополнительный инструктаж и ежегодно повторное обучение по технике безопасности на рабочем месте.

Во избежание несчастных случаев и производственных травм на производстве, приняты меры препятствующие возникновению чрезвычайных происшествий: ограждены движущиеся части всех механизмов и двигателей, а также электроустановки, приямки, люки, площадки и т. п. Заземлены электродвигатели и электрическая аппаратура.

Большое внимание уделяется обеспыливанию воздуха и отходящих газов печей для создания нормальных санитарно-гигиенических условий труда. В соответствии с санитарными нормами проектирования промышленных предприятий концентрация в воздухе помещений пыли не должна превышать $0,04 \text{ мг/м}^3$. Содержание в воздухе СО не допускается более $0,03 \text{ мг/м}^3$, сероводорода — более $0,02 \text{ мг/м}^3$. В воздухе, выбрасываемом в атмосферу, концентрация пыли не должна быть более $0,06 \text{ г/м}^3$. При нормальной эксплуатации пылеочистных систем содержание пыли в выбрасываемом воздухе составляет $0,04—0,06 \text{ г/м}^3$. [22]

Одним из основных способов нормализации параметров микроклимата в помещении является вентиляция. Для создания нормальных условий труда все помещения завода обеспечены системами искусственной и естественной вентиляции.

Вентиляция в цехах, помещениях и отделах электроаппаратного завода спроектирована согласно требованиям СНиП II-33-75 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Нормы проектирования». [26]

Цех пластмасс и штамповочный цех характеризуются повышенным шумом и вибрациями. Шум, возникающий при работе многих механизмов на электроаппаратном заводе, характеризуется зачастую высокой интенсивностью, превышающей допустимую норму (90 дБ). Особенно неблагоприятны в этом отношении условия работы персонала в помещениях штамповочного цеха, цеха пластмасс, компрессорной, где уровень звукового давления достигает $95—105 \text{ дБ}$, а иногда и более. На заводе приняты меры по

снижению шума у рабочих мест, такие как применение демпфирующих прокладок, замена в штамповочных механизмах стальных облицовочных плит резиновыми. При этом звуковое давление снижается на 5—12 дБ. Укрытие штамповочных механизмов шумоизолирующими кожухами, облицовка источников шума звукопоглощающими материалами также дает хороший эффект (снижение на 10—12 дБ).

3.2 Меры по укреплению охраны труда и соблюдению правил техники безопасности

Все пыльные процессы в электроаппаратном производстве оборудованы адекватными вентиляционными сетями.

Проводятся улучшения конструкции действующего оборудования с целью предохранения работающих от ранений, устройство новых и улучшение конструкции действующих защитных приспособлений к станкам, машинам и нагревательным установкам, устраняющим возможность травматизма.

Производятся улучшения условий работы: обеспечение достаточной освещенности, хорошей вентиляции, отсосов пыли от мест обработки, своевременное удаление отходов производства, поддержание нормальной температуры в цехах, на рабочих местах и у теплоизлучающих агрегатов.

Проходят систематические мероприятия по устранению возможностей аварий при работе оборудования, разрыва шлифовальных кругов, поломки быстро вращающихся дисковых пил, разбрызгивания кислот, взрыва сосудов и магистралей, работающих под высоким давлением, выброса пламени или расплавленных металлов и солей из нагревательных устройств, внезапного включения электроустановок, поражения электрическим током.

Рабочие места в горячем цеху оборудуются аэрационными душевыми установками с холодным воздухом и специальными термозащитными экранами. Так как работа на электроаппаратном заводе относится к категории средней тяжести, согласно ГОСТ 12.1.005-88 «Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений» температура воздуха находится в пределах от 15 до 21°С при скорости движения воздуха не более 0,4 м/с. [27]

3.3 Электробезопасность

Обслуживание электрооборудования и установок, выполнение различных технологических операций требуют строгого выполнения организационных и технических мероприятий, а также применения технических средств по предупреждению поражения человека электрическим током.

К основным техническим средствам, обеспечивающим безопасность работ с электроустановками, относят: защитное заземление, зануление и отключение; выравнивание потенциалов; применение малого напряжения; ограждение и блокировку; изоляцию токоведущих частей; электротехнические средства.

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение металлических частей оборудования, не находящихся под напряжением в нормальных условиях эксплуатации, но которые могут оказаться под напряжением, с землей посредством заземляющих проводников. Назначение защитного заземления заключается в устранении опасности поражения электрическим током при прикосновении человека к корпусу или другим нетоковедущим частям оборудования, случайно оказавшимся под напряжением.

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) сопротивление защитного заземления в любое время года не должно превышать для установок напряжением до 1000 В: 10 Ом – при суммарной мощности трансформаторов (генераторов), питающих данную сеть, не более 100 кВА; 4 Ом – если эта мощность более 100 кВА.

Защитное заземление – наиболее распространенное и весьма эффективное средство защиты от поражения электрическим током.

Заземляющее устройство состоит из заземлителей и заземляющих проводников. Заземлителем называется проводник или совокупность металлических соединенных в единую цепь проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей.

3.4 Анализ подстанции

Подстанция является понижающей, имеет два автотрансформатора 110/10 кВ; для питания собственных нужд имеется трансформатор 10/0,4 кВ; распределительные устройства 110 кВ открытого типа, 10 кВ - закрытого. Территория подстанции занимает 6400 м². Грунт двухслойный, верхний слой – речной песок с сопротивлением $\rho_1=230 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, нижний слой – суглинок с сопротивлением $\rho_2=80 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Мощность верхнего слоя земли $h_1=2,8 \text{ м}$. [14]

Поскольку в процессе работы на подстанции возможны повреждения изоляции электрооборудования, неисправность электротехнических защитных средств, различных электротехнических аппаратов, приборов, устройств и блокировок, а также нарушения технологии производства работ, могут возникнуть аварии и произойти несчастные случаи с людьми. Большое количество несчастных случаев со смертельным исходом происходит при поражении электрическим током, поэтому так как на подстанции имеется оборудование до и выше 1000 В, то мы рассчитаем заземляющее устройство для защиты людей от поражения электрическим током. Это является необходимой мерой защиты на электрической подстанции.

В летний период электроустановки подстанции могут оказаться под воздействием грозových атмосферных электрических разрядов в виде прямых ударов молнии и ее вторичных проявлений – электростатический и электромагнитной индукций. Прямой удар молнии возможен в оборудование открытых распределительных устройств (ОРУ), в здания закрытых распределительных устройств (ЗРУ) и подстанции. В результате прямого удара молнии и разрушения изоляции электрооборудования может возникнуть пожар. Это приведет к тому, что оборудование будет испорчено, а также может возникнуть опасность для жизни людей, работающих на подстанции. Поэтому большое внимание данного разделе дипломного проекта уделяется рассмотрению такого вопроса, как расчет молниезащиты подстанции.

Инженер релейной защиты проводит свой рабочий день в здании подстанции, в зале панелей релейной защиты. Панели релейной защиты издадут шум, который оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье человека. сильный продолжительный шум может быть причиной функциональных изменений сердечно – сосудистой и нервной систем. Поэтому в дипломном проекте уделяется большое внимание выбору мероприятий по снижению шума. Это включает в себя расчет требуемого снижения шума, а также выбор защитных конструкций.

3.5 Разработка заземляющего устройства

Защитное заземление является наиболее простой и в тоже время весьма эффективной мерой защиты от поражения током при появлении напряжения на металлических нетоковедущих частях.

Принцип действия защитного заземления основан на снижении до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус и другими причинами.

В результате расчета заземляющего устройства мы должны определить составные параметры заземления – число, размеры и порядок размещения заземлителей и заземляющих проводников, при которых напряжение прикосновения и шага в период замыкания фазы на заземленный корпус не превышает допустимых значений.

Подстанция является понижающей, имеет два автотрансформатора 110/10 кВ; для питания собственных нужд имеется трансформатор 10/0,4 кВ; распределительные устройства 110 кВ открытого типа, 10 кВ - закрытого. Территория подстанции занимает 6400 м². Ожидаемый ток короткого замыкания на стороне 220 кВ – 1790 А. Заземлитель предполагается выполнить из горизонтальных полосовых электродов сечением 4*40 мм и вертикальных стержневых электродов длиной $l_b = 5$ м, диаметром $d = 12$ мм; глубина заложения электродов в землю $t = 0,8$ м. Грунт двухслойный, верхний слой – речной песок с сопротивлением $\rho_1 = 230$ Ом*м, нижний слой – суглинок с сопротивлением $\rho_2 = 80$ Ом*м. Мощность верхнего слоя земли $h_1 = 2,8$ м. [29]

Составляем предварительную схему заземлителя, по которой определяем площадь территории, занимаемой заземлителем, $S, \text{м}^2$.

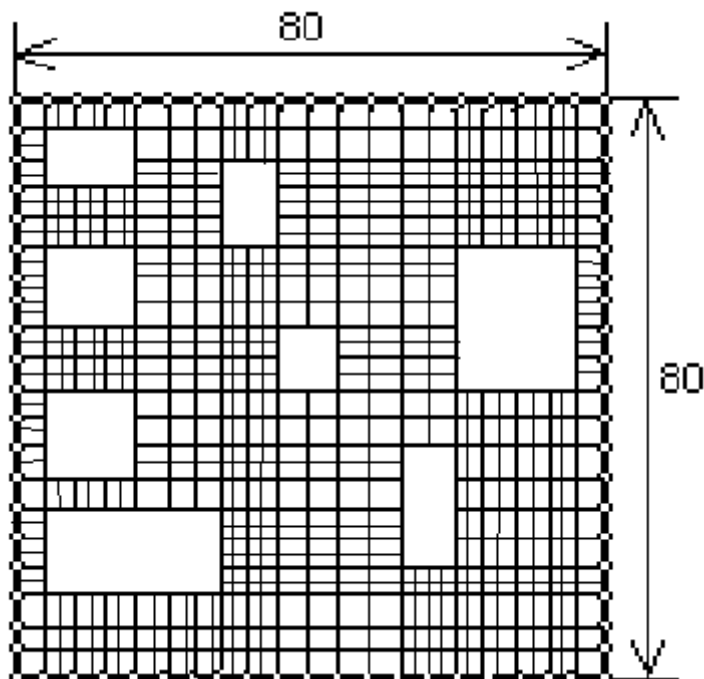


Рисунок 3.1 – Расчетная модель заземлителя

Сетка заземления не должна пролегать непосредственно под оборудованием, поэтому, рассчитав количество электродов, необходимо сгустить линии сетки там, где нет оборудования, и, наоборот, разредить там, где находится оборудование.

$$\rho_{1\text{расч}} = \rho_1 * \psi.$$

где ψ – коэффициент сезонности для слоя сезонных изменений в многослойной земле, $\psi=2,2$, для северных районов.

$$\rho_{1\text{расч}} = 230 * 2,7 = 621, \text{ Ом*м.}$$

Так как условная толщина слоя сезонных изменений в 1 климатической зоне $h=2,2$ м, что меньше толщины верхнего слоя земли $h_1=2,8$ м, то

$$\rho_{2\text{расч}} = \rho_2.$$

где $\rho_{2\text{расч}} = 80 \text{ Ом*м.}$

Отношение ρ_1 / ρ_2 с учетом коэффициента сезонности:

$$\rho_{1\text{расч}} / \rho_{2\text{расч}} = 621 / 80 = 7,8.$$

Примем расстояние между электродами в модели заземлителя $a=4\text{м.}$

Определим число вертикальных электродов при известном a :

$$n = 4\sqrt{S}/a,$$

где S – площадь территории, занимаемой заземлителем, м²;
 n – число вертикальных электродов.

$$n = 4 \cdot 80 / 4 = 80.$$

или

$$n = P/a,$$

где P – периметр контура заземлителя.

$$n = 320 / 4 = 80.$$

Относительная длина верхней части вертикального электрода, то есть части находящейся в верхнем слое земли, $l_{отн}$, определяется из выражения

$$l_{отн} = (h_1 - t) / l_v,$$

$$l_{отн} = (2,8 - 0,8) / 5 = 0,4, \text{ м.}$$

Эквивалентное удельное сопротивление ρ_3 двухслойной земли для сплошного заземлителя в виде горизонтальной сетки с вертикальными электродами может быть определено по формуле:

$$\rho_3 = \rho_2 (\rho_1 / \rho_2)^k.$$

где $k = 0,43(l_{отн} + 0,272 \ln 4 \sqrt{2} / 5)$ при $1 \leq \rho_1 / \rho_2 \leq 10$.

Таким образом

$$\rho_3 = 80 \cdot (621 / 80)^{0,1864} = 117,22, \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Определим сопротивление сплошного заземлителя, состоящего из контура вертикальных заземлителей, соединенных горизонтальными электродами и сетки, которая находится внутри контура.

Сопротивление сложного заземлителя, состоящего из сетки и ряда вертикальных проводников, может быть определено из следующего выражения:

$$R_3 = 0,443 \frac{\rho_2}{\sqrt{S}} \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^k + \frac{\rho_1}{L + nl_g},$$

где

$$g = 2 * h_1 / (\sqrt{S} + n l_e),$$

$$l_e = l_1 + l_2 * \rho_1 / \rho_2,$$

Значения l_1 и l_2 показаны на рисунке 3.2.

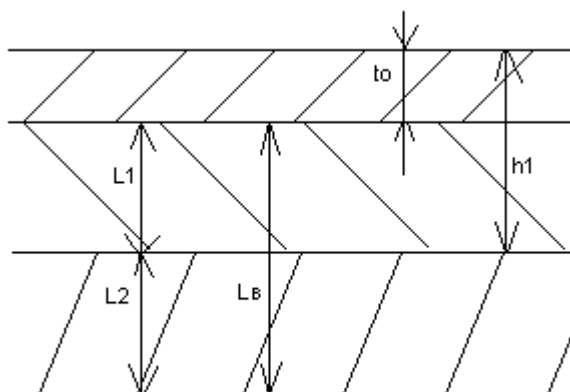


Рисунок 3.2 – Двухслойная модель земли

$$l_e = l_1 + l_2 * \rho_1 / \rho_2 = 2 + 3 * 7,8 = 25,4, м$$

$$g = 2 * h_1 / (\sqrt{S} + n l_e) = 2 * 2,8 / (80 + 80 * 25,4) = 0,003$$

$$L = 80 * 19 + 80 * 19 = 3040, м$$

$$R_s = 0,443 \frac{\rho_2}{\sqrt{S}} \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)^g + \frac{\rho_1}{L + n l_e} = 0,443 \frac{80}{80} \left(\frac{621}{80}\right)^{0,003} + \frac{621}{3040 + 80 * 25,4} = 0,57, Ом$$

Коэффициент напряжения прикосновения λ_1 может быть определен из следующего приближенного выражения для заземлителей типа сетки с равномерным распределением проводником и дополненной вертикальными проводниками.

$$\lambda_1 = M \left(\frac{a * \sqrt{S}}{l_e * L} \right)^{0,45},$$

где M – функция отношения ρ_1 / ρ_2 .

Находим λ_1 :

$$\lambda_1 = M \left(\frac{a * \sqrt{S}}{l_g * L} \right)^{0,45} = 0,8 * \left(\frac{4 * 80}{5 * 3040} \right)^{0,45} = 0,141$$

Коэффициент снижения напряжения прикосновения, зависящий от удельного сопротивления верхнего слоя земли может быть определен из формулы:

$$\lambda_2 = \frac{R_h}{R_h + 1,5\rho_1},$$

где ρ_1 - удельное сопротивление верхнего слоя земли;
 R_h – сопротивление тела человека.

$$\lambda_2 = \frac{R_h}{R_h + 1,5\rho_1} = \frac{1000}{1000 + 1,5 * 621} = 0,52$$

Напряжение прикосновения определяем по следующей формуле:

$$U_{np} = I_3 R_3 \lambda_1 \lambda_2,$$

$$U_{np} = I_3 R_3 \lambda_1 \lambda_2 = 1790 * 0,57 * 0,141 * 0,52 = 74,8, B$$

Допустимое напряжение при времени воздействия $t=0,15$ с для расчета напряжения прикосновения и шага составляет 450 В.

Потенциал заземлителя определяется по формуле:

$$\varphi_3 = I_3 R_3,$$

$$\varphi_3 = I_3 R_3 = 1790 * 0,57 = 1020,3, B$$

Находим максимальное напряжение прикосновения

$$U_{np \max} = \varphi_3 \lambda_1,$$

$$U_{np \max} = \varphi_3 \lambda_1 = 1020,3 * 0,141 = 143,86, B$$

Условие безопасности прикосновения человека к заземленным предметам в зоне ЗУ в эффективно заземленной сети:

$$U_{np} = U_{np \max} - I_h * 1,5\rho_c = I_3 R_3 \lambda_1 \lambda_2 \leq U_{дон},$$

Ток через человека определяется по формуле:

$$I_h = \frac{U_{np \max}}{R_h + 1.5\rho_c},$$

$$I_h = \frac{U_{np \max}}{R_h + 1.5\rho_c} = \frac{143.86}{1000 + 1.5 * 621} = 0.074, A = 74mA$$

Проверим условие безопасности, где $U_{пр.доп}=450$ В, определяемое ГОСТ 12.1.038 – 82.

$$143,86 - 0,074 * 1,5 * 621 \leq 450,$$

$$75 \leq 450.$$

Условие выполняется.

Коэффициент напряжения шага для сложного заземлителя, состоящего из сетки и ряда вертикальных проводников, может быть определен в зависимости от типа заземлителя. Принимаем $\beta_1=0,17$. Определяем коэффициент β_2 - коэффициент снижения напряжения шага, зависящий от удельного сопротивления верхнего слоя земли согласно следующей формуле:

$$\beta_2 = \frac{R_h}{R_h + 6\rho_1},$$

$$\beta_2 = \frac{R_h}{R_h + 6\rho_1} = \frac{1000}{1000 + 6 * 621} = 0,212$$

По следующей формуле определяем напряжение шага:

$$U_{ш} = I_3 R_3 \beta_1 \beta_2,$$

$$U_{ш} = I_3 R_3 \beta_1 \beta_2 = 1790 * 0,57 * 0,15 * 0,212 = 32,44, B$$

Условие безопасности для человека, шагающего в зоне распространения тока

$$U_{ш} = U_{1-2 \max} - I_h * 6\rho_c = I_3 R_3 \beta_1 \beta_2 \leq U_{доп},$$

где $U_{доп} = 450$ В согласно ГОСТ для времени действия короткого замыкания с учетом АПВ $t=0,15$ с.

$$U_{1-2 \max} = \varphi_3 \beta_1,$$

$$U_{1-2 \max} = \varphi_3 \beta_1 = 1020.3 * 0.15 = 153.05, B$$

Ток через человека находим по следующей формуле:

$$I_h = \frac{U_{1-2 \max}}{R_h + 6\rho_c},$$

$$I_h = \frac{U_{1-2 \max}}{R_h + 6\rho_c} = \frac{153,05}{1000 + 6 * 621} = 0,032, A = 32, mA$$

Проверим условие безопасности:

$$U_{1-2 \max} - I_h * 6\rho_c \leq U_{\text{дон}},$$

$$153,05 - 0,032 * 6 * 621 \leq 450$$

$$33,8 \leq 450.$$

Условие выполняется.

Рассмотрим возможность использования данного заземлителя по требованиям Rз.

$$R'_3 = \frac{U_{\text{нр.дон}}}{I_3 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2},$$

$$R'_3 = \frac{U_{\text{нр.дон}}}{I_3 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2} = \frac{450}{1790 \cdot 0,141 \cdot 0,52} = 3,43, Ом$$

$$R''_3 = \frac{U_{\text{ш.дон}}}{I_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2},$$

$$R''_3 = \frac{U_{\text{ш.дон}}}{I_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2} = \frac{450}{1790 \cdot 0,15 \cdot 0,212} = 7,91, Ом$$

Полученное в результате расчетов сопротивление заземления Rз=0,57 Ом, удовлетворяет условиям Rз < R'з, Rз < R''з.

Рассмотрим возможность использования заземляющего устройства ОРУ 220 кВ в качестве выносного для РУ с.н. 10/0,4 кВ и сети 10/0,4 кВ.

Протяженность кабелей питания двигателей составляет 150 м. Длина отдельных кабелей достигает 1500 м на 1 блок, соответственно длина увеличивается в 3 раза. Необходимо учесть, что ответственные механизмы собственных нужд имеют резервные двигатели, которые питаются по своим отдельным кабелям, с учетом этого имеем длину кабелей: lк=3*(4*1,5+0,15)=18,45, км.

В электроустановках выше 1000 В с изолированной нейтралью в качестве расчетного тока можно принять ток, вычисленный приближенно по формуле:

$$I_3 = \frac{\sqrt{3}U(35 \cdot l_k + l_0)}{350},$$

где U – фазное напряжение сети, кВ;

l_k – общая длина подключенных к сети кабельных линий, км;

l_0 – общая длина подключенных к сети воздушных линий, км.

$$I_3 = \frac{\sqrt{3}U(35 \cdot l_k + l_0)}{350} = \frac{10(35 \cdot 18,45 + 0)}{350} = 18,45, A.$$

При выносном исполнении заземления заземлители располагаются на некотором удалении от заземляемого оборудования. Поэтому заземленные корпуса находятся вне поля растекания – на земле, и человек, касаясь корпуса, оказывается под полным напряжением относительно земли, если не учитывать коэффициента λ_2 , $U_{пр} = U_3$. Так как $\lambda_1 = 1$, ток через человека.

$$I_h = I_3 \frac{R_3}{R_h},$$

где $R_3 = 0,57$, Ом;

$R_h = 1000$, Ом;

$I_3 = 18,45$, А.

С учетом $\lambda_2 = 0,52$.

$$I_h = I_3 \frac{R_3}{R_h} \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2,$$

$$I_h = I_3 \frac{R_3}{R_h} \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 = 18,45 \frac{0,57}{1000} \cdot 1 \cdot 0,52 = 0,0055 A = 5,5, mA$$

Находим $U_{пр}$:

$$U_{пр} = 18,45 \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot 0,52 = 5,46, В.$$

Находим $U_{ш}$:

$$U_{ш} = 18,45 \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot 0,212 = 2,22, В.$$

Ток через человека:

$$I_h = I_3 \frac{R_3}{R_h} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 = 18,45 \frac{0,57}{1000} \cdot 1 \cdot 0,212 = 0,0022 A = 2,2, mA.$$

Допустимые значения напряжения прикосновения $U_{пр}$ и проходящего через человека тока для сети выше 1000 В с изолированной нейтралью при $t=1$ с и более $U_{пр}=36$, В и $I_h=6$, мА, то есть условия безопасности выполнены и существует возможность использования заземляющего устройства ОРУ 110 кВ в качестве выносного для РУ с.н. 10/0,4 кВ и сети 10/0,4 кВ.

3.6 Молниезащита понижающей подстанции 110/10

Так как на подстанции находится большое количество электрооборудования, которое необходимо беречь от ударов молний ниже будет рассчитана молниезащита подстанции. Молниезащитой называется комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий и сооружений, оборудования и материалов от возможных взрывов, загораний и разрушений, возникающих при воздействии молнии.

При прямом ударе молния имеет непосредственный контакт с поражаемым объектом, сопровождаемый кратковременным (импульсным) током молнии. Помимо прямого удара проявления молний могут быть в виде электростатической и электромагнитной индукции.

Электростатическая индукция заключается в том, что на наземных предметах в результате изменения электрического поля грозового облака наводятся опасные электрические потенциалы, в результате чего возможно искрение между отдельными металлическими элементами конструкции и оборудования.

Электромагнитная индукция заключается в наведении потенциалов (ЭДС) в незамкнутых металлических контурах в результате изменения тока молнии (изменения магнитного поля), создающим опасность искрения в местах сближения этих контуров.

При грозе во время ударов молнии в различные объекты, находящиеся вдали от зданий и сооружений, возможен занос высоких электрических потенциалов в защищаемое здание по внешним металлическим сооружениям и коммутациям (эстакады, трубопроводы, кабели с металлическими оболочками). Для приема электрического разряда молнии и отвода ее тока в землю служат специальные устройства, называемые молниеотводы.

Молниеотвод состоит из несущей части (опоры), молниеприемника, токоотвода и заземлителя. Наиболее распространены стержневые и тросовые молниеотводы. Каждый молниеотвод имеет определенную зону защиты – часть пространства, в пределах которого обеспечивается защита зданий и сооружений от прямых ударов молнии.

При прохождении тока молнии через молниеотвод на почве вблизи заземлителей могут возникать опасные для людей потенциалы. Поэтому разместим заземлители молниеотводов в редко посещаемых местах в

удалении 5 м и более от проезжих и пешеходных дорог. Токоотводы расположим в отдалении от входов в здания.

ОРУ будем защищать от прямых ударов молнии при помощи стержневых одиночных молниеотводов, расположенных вблизи защищаемого оборудования. Указанные молниеотводы имеют заземление, которое обычно совмещаются с заземлением электрооборудования.

Среднегодовая продолжительность гроз в часах определяется по региональным картам продолжительности гроз. Подсчет ожидаемого количества N поражений молнией в год производится по формуле:

$$N = [(S + 6h)(L + 6h) - 7.7h^2]n \cdot 10^{-6},$$

где h – наибольшая высота здания или сооружения, м;

S, L – ширина и длина здания или сооружения, м;

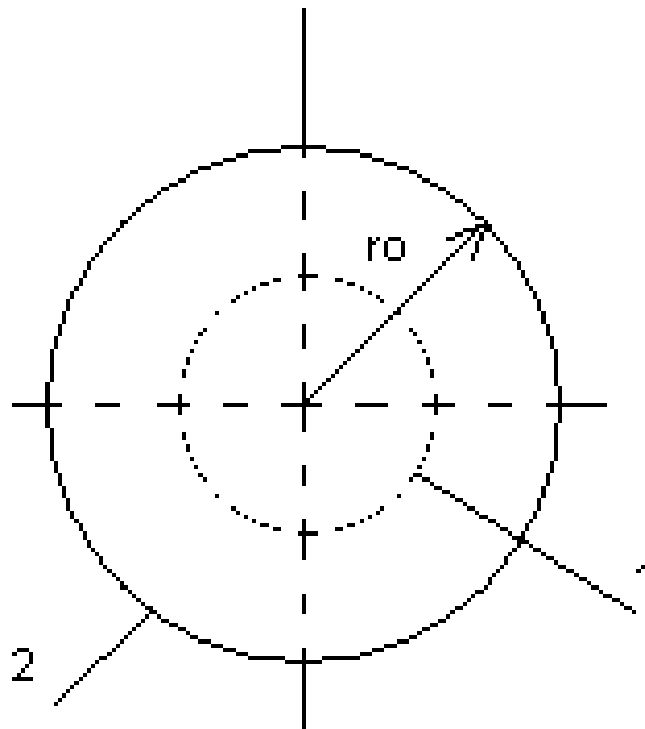
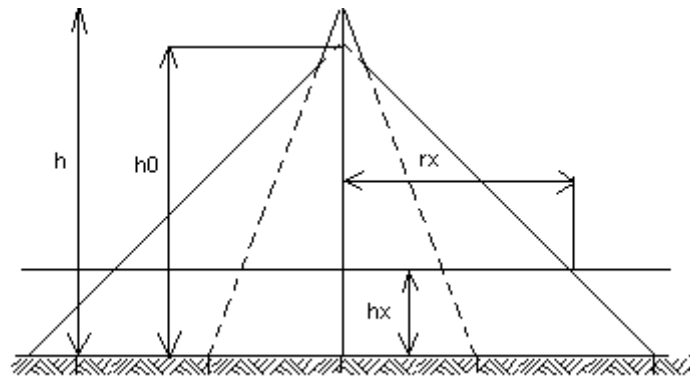
n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности (удельная плотность ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.

Так как среднегодовая продолжительность гроз в области месторасположения подстанции составляет 40 часов, то удельная плотность ударов молнии в землю $n=2, 1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$.

Рассчитаем количество поражений молнией в год:

$$N = [(80 + 6 \cdot 30)(80 + 6 \cdot 30) - 7.7 \cdot 30^2] \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 1.21.$$

Для одиночного стержневого молниеотвода высотой $h \leq 150$ м зона защиты представляет собой конус. Основание конуса имеет радиус $r=1.5h$. Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения h_x представляет собой окружность радиусом r_x (радиус защиты). Для графического построения образующей конуса зоны защиты необходимо соединить вершину молниеотвода с точками, расположенными на уровне земли, отстоящими от основания молниеотвода на расстоянии $r/2=0.75h$ в обе стороны от него. Затем точку на молниеотводе, расположенную на высоте $0,8 h$, соединить с точками на уровне земли, отстоящими от основания молниеотвода на расстоянии $r=1.5h$ в обе стороны от него.



1-граница защиты зоны на уровне h_x ; 2- то же на уровне земли.
 Рисунок 3.3 - Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода.

Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов имеют следующие габариты:

Зона, которая обладает надежностью 99.5% и выше (зона А):

$$h_0=0.85h; r_0=(1.1-0.002h)h; r_x=(1.1-0.002h)*(h-h_x/0.85).$$

Зона, которая обладает надежностью 95 % и выше (зона Б):

$$h_0=0.92h; r_0=1,5h; r_x=1,5(h-h_x/0.92).$$

Примем высоту молниеотвода $h= 60$ м.
 Тогда основание конуса $r= 1,5*60=90$, м .

Высота защищаемого сооружения $h_x = 30$ м.

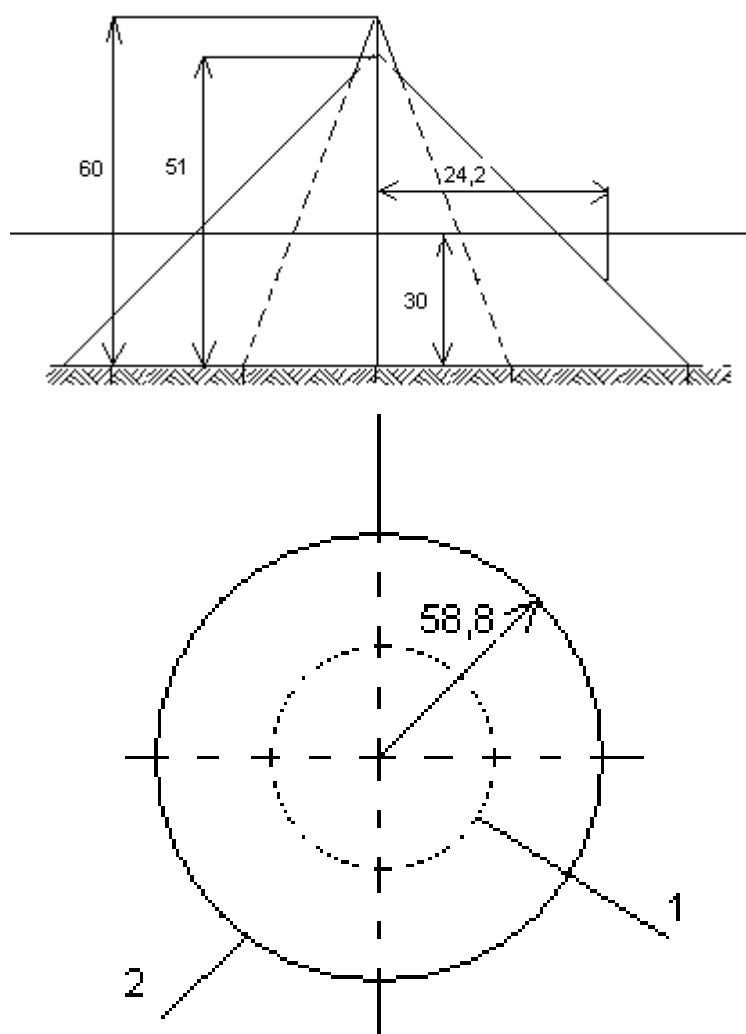
Рассчитаем габариты зон защиты:

Зона А: $h_0 = 51$; $r_0 = 58,8$; $r_x = 24,2$.

Зона Б: $h_0 = 55,2$; $r_0 = 90$; $r_x = 41,1$.

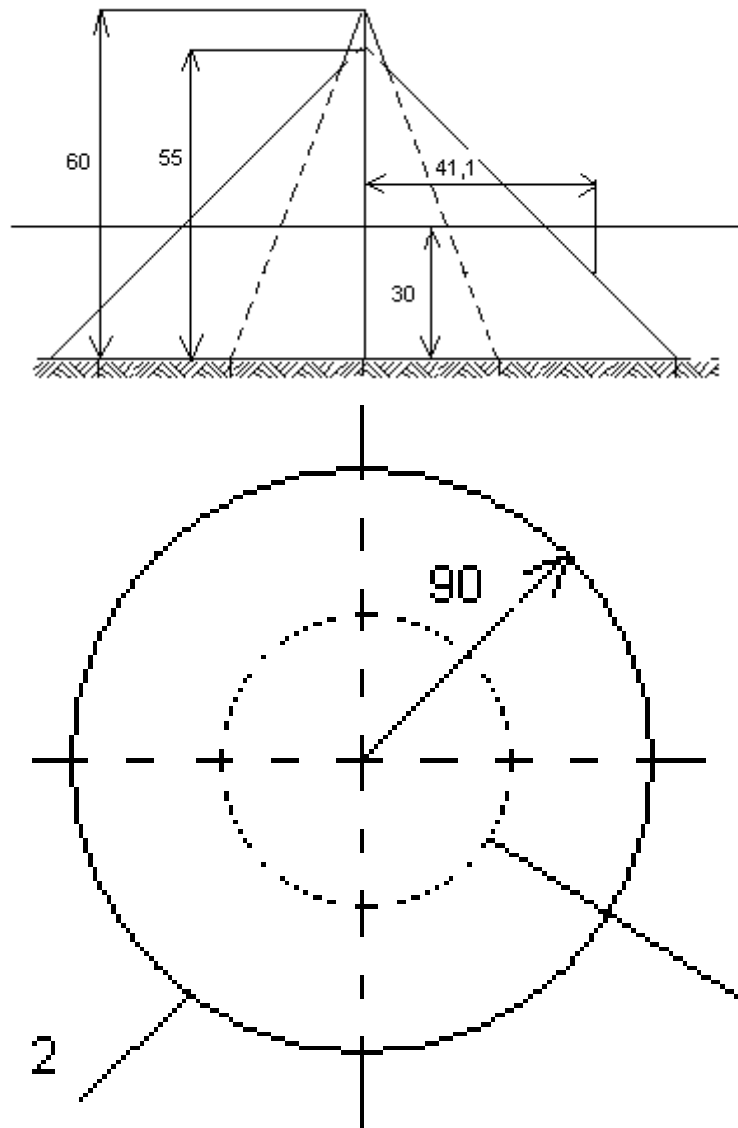
При установке отдельно стоящих и изолированных стержневых молниеотводов удалим элементы молниеотвода от защищаемого объекта и подземных металлических сооружений на достаточно безопасное расстояние во избежание их перекрытия. Так, согласно СНиП-305-69 расстояние от токоотвода отдельно стоящего стержневого молниеотвода до защищаемого объекта при высоте объекта 30 м, должно быть равным 4 м.

Так как радиус защиты зоны А составляет 24 м, а размеры подстанции – 80×80 м², то требуется поставить 4 молниеотвода на границах подстанции.



1-граница защиты зоны на уровне 30 м; 2- то же на уровне земли.

Рисунок 3.4 - Зона защиты А.



1-граница защиты зоны на уровне 30 м; 2- то же на уровне земли.

Рисунок 3.4 - Зона защиты Б

3.7 Выбор мероприятий по снижению шума

Создаваемые технологическим оборудованием шумы могут возникать при различных процессах: механических (соударения, вибрации, трение), аэродинамических (нестационарные процессы в газах, при истечении сжатого воздуха или газа, при горении жидкого или распыленного топлива в форсунках), гидродинамических (истечение жидкости) и электромагнитных (переменные магнитные поля в электрооборудовании). [31]

Одним из методов уменьшения шума на объектах энергетического производства является снижение или ослабление шума в его источниках.

Строительные нормы и правила предусматривают защиту от шума строительными-акустическими методами. При этом для снижения уровня шума предусматриваются следующие меры:

а) звукоизоляция ограждающих конструкций; уплотнение по периметру притворов окон, ворот, дверей; звукоизоляция мест пересечения ограждающих конструкций инженерными коммуникациями; устройство звукоизолированных кабин наблюдения и дистанционного управления; укрытия; кожухи;

б) звукопоглощающие конструкции и экраны;

в) глушители шума, звукопоглощающие облицовки в газовоздушных трактах вентиляционных систем с механическим побуждением и систем кондиционирования воздуха, а также газодинамических установок.

Согласно СНиП 11-12-77 требуемую изоляцию воздушного шума в дБ ограждающей конструкцией следует определять:

а) при проникновении шума из одного помещения в другое по формуле:

$$R_{тр} = L_{ш} - 10 \lg V_{и} + 10 \lg S_{и} - L_{доп} + 10 \lg n$$

где $L_{ш}$ – октавный уровень звукового давления в не защищаемом от шума помещении, м2;

$V_{и}$ – постоянная защищаемого от шума помещения, м2;

$L_{доп}$ – допустимый октавный уровень звукового давления;

n – общее количество ограждающих конструкций, через которые проникает шум;

б) при проникновении шума из помещений на прилегающую территорию по формуле:

$$R_{тр} = L_{ш} + 10 \lg S_{и} - 15 \lg r_{и} - L_{доп} + 10 \lg n - 11,$$

где $S_{и}$ – площадь рассматриваемой ограждающей конструкции, через которую проникает шум, м2.

$r_{и}$ – расстояние от ограждающей конструкции или ее элемента до расчетной точки, м;

в) при проникновении шума с прилегающей территории в помещение по формуле

$$R_{тр} = L_{нар} + 10 \lg S_{и} - 10 \lg V_{и} - L_{доп} + 10 \lg n + 6$$

где $L_{нар}$ – суммарный октавный уровень звукового давления в дБ от всех источников шума в 2 м от рассматриваемой ограждающей конструкции.

В здании подстанции необходимо запроектировать стену, с окном и дверью и перекрытие кабины дежурного в зале панелей релейной защиты, имеющей размеры 16*10*5 м. Площадь глухой стены $S_1 = 45$, м2, и площадь перекрытия кабины наблюдения $S_2 = 72$, м2. Площадь двери $S_3 = 6$, м2, окна – $S_4 = 4$, м2. Суммарный уровень звуковой мощности $L_{р.сум}$, излучаемой всеми панелями релейной защиты приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Суммарный уровень звуковой мощности

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Среднегеометрическая частота, Гц | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Lp.сум, дБ | 93 | 90 | 91 | 108 | 117 | 116 | 115 | 117 |

Определяем требуемую звукоизолирующую способность каждого элемента ограждения. Выбрав тип помещения, определяем постоянную помещения V_{1000} . С небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, машинные залы, генераторные, испытательные стенды):

$$V_{1000} = \frac{V}{10} = \frac{16 \cdot 10 \cdot 5}{10} = 80$$

Результаты расчета сводим в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты акустического расчета

| Величина\Частоты | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| V_{1000} | 80 | | | | | | | |
| μ | 0,65 | 0,62 | 0,64 | 0,75 | 1 | 1,5 | 2,4 | 4,2 |
| B | 52 | 50 | 51 | 60 | 80 | 120 | 192 | 336 |
| $L_{ш}$ | 93 | 90 | 91 | 108 | 117 | 116 | 115 | 117 |
| $L_{доп}$ | 94 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 70 |
| $10 \lg n$ | 6 | | | | | | | |
| $10 \lg B$ | 17 | 17 | 17 | 18 | 19 | 21 | 23 | 25 |
| $10 \lg S_1$ | 17 | | | | | | | |
| $10 \lg S_2$ | 19 | | | | | | | |
| $10 \lg S_3$ | 8 | | | | | | | |
| $10 \lg S_4$ | 6 | | | | | | | |
| $R_{тр1}$ | 5 | 9 | 15 | 35 | 46 | 45 | 44 | 45 |
| $R_{тр2}$ | 7 | 11 | 17 | 37 | 48 | 47 | 46 | 47 |
| $R_{тр3}$ | -4 | 0 | 6 | 26 | 37 | 36 | 35 | 36 |
| $R_{тр4}$ | -6 | -2 | 4 | 24 | 35 | 34 | 33 | 34 |

Пример расчёта для частоты 63 Гц :

$$V_{1000} = \frac{V}{10} = \frac{16 \cdot 10 \cdot 5}{10} = 80;$$

$$\mu = 0,65 \text{ для частоты } 63 \text{ Гц};$$

$$B = V_{1000} \cdot \mu = 80 \cdot 0,65 = 52;$$

$$L_{\text{доп}} = 93.$$

$$10 \cdot \lg n = 10 \cdot \lg 4 = 6; \quad 10 \cdot \lg B = 10 \cdot \lg 52 = 17;$$

$$10 \cdot \lg S_1 = 10 \cdot \lg 45 = 17; \quad 10 \cdot \lg S_2 = 10 \cdot \lg 72 = 19;$$

$$10 \cdot \lg S_3 = 10 \cdot \lg 6 = 8; \quad 10 \cdot \lg S_4 = 10 \cdot \lg 4 = 6.$$

$$R_{\text{мп1}} = 93 - 17 + 17 - 94 + 6 = 5; \quad R_{\text{мп2}} = 93 - 17 + 19 - 94 + 6 = 7;$$

$$R_{\text{мп3}} = 93 - 17 + 8 - 94 + 6 = -4; \quad R_{\text{мп4}} = 93 - 17 + 6 - 94 + 6 = -6.$$

Узнав величину требуемой изоляции воздушного шума в дБ ограждающей конструкции, можно произвести выбор конструкций.

Таблица 3.3- Конструкции, обеспечивающие требуемую звукоизоляцию

| Конструкция | Звукоизолирующая способность (дБ) на среднегеометрической частоте, Гц | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Стены и перекрытия из железобетона | 34 | 40 | 40 | 44 | 50 | 55 | 60 | 60 |
| Обыкновенная фанерная дверь с уплотняющей резиновой прокладкой | 13 | 17 | 21 | 25 | 28 | 25 | 29 | 33 |
| Окно с органическим стеклом | 17 | 21 | 25 | 28 | 3 | 31 | 34 | 38 |

Таким образом, в помещении должны быть установлены стены и перекрытия из железобетона, фанерная дверь с уплотняющей резиновой прокладкой и окно с органическим стеклом. Все эти меры не являются особо дорогостоящими, поэтому они вполне приемлемы.

В ходе акустического расчёта были рассчитаны параметры кабины наблюдения в качестве меры защиты персонала от действия шума.

Для уменьшения прохождения шума в изолируемое помещение могут также быть использованы следующие строительно-акустические мероприятия:

а) применение необходимых материалов и конструкций при проектировании перекрытий стен, перегородок, дверей, окон, кабин наблюдений, щитов управления и т.д.

б) применение плавающего пола для виброизоляции турбоагрегатов;

в) применение звукоизолирующих и вибродемпфирующих покрытий на поверхности трубопроводов.

4 Экономическая часть

Оценка эффективности схемы внешнего электроснабжения электроаппаратного завода.

4.1 Цели разработки проекта

Целью разработки проекта строительства подстанции 110/35/10 кВ и прилегающих к ней сетей 110, 35 и 10 кВ.

Строящаяся подстанция предназначена для реализации электроэнергии электроаппаратному заводу Карасайского района со стороны 35 и 10 кВ.

Проектируемую подстанцию и прилегающие к ней сети предполагается разместить вне населенных пунктов в равнинной местности. Сооружение ЛЭП 110, 35 и 10 кВ предполагается с использованием железобетонных опор.

Для строительства подстанции, передачи электроэнергии по тарифу, который ниже действующего, создается ТОО «АппаратЭнерго», чтобы создать конкуренцию действующей монопольной организации «КарасайЭнергоСбыт» на розничном рынке по передаче электроэнергии.

Целью создания ТОО «АппаратЭнерго» – получение прибыли от передачи электроэнергии с шин подстанции до потребителя, обеспечение требований надежности и противоаварийной автоматики, обеспечение качества поставляемой электроэнергии.

4.2 Анализ рынка сбыта

Проведя анализ энергоснабжения потребителей Карасайского района, мы можем предположить, что строительство межсистемной связи нашего ТОО «АппаратЭнерго» позволит нам продавать дополнительную электроэнергию районным потребителям. При этом снижается дефицит электроэнергии данном районе.

Таким образом, строительство подстанции “Западная” объединит интересы всех промышленных на сторонах 110 и 10 кВ, следствием чего является ее необходимость.

4.3 Технические характеристики подстанции

Подстанция является понижающей, в ней установлены два трансформатора классом напряжения 110/35/10 кВ; для питания собственных нужд имеются два трансформатора напряжением с высокой и низкой стороны соответственно 10/0,4 кВ; распределительные устройства:

- а) на стороне 110 кВ применена схема “четырёхугольника”;
- б) на стороне 35 кВ применена схема открытого типа с «двумя рабочими и обходной системами шин»;
- в) на стороне 10 кВ – закрытого типа.

Так как установка на подстанции двух трансформаторов, работающих параллельно на сторонах высокого и среднего напряжения, отдельно на

низкой стороне, обеспечивает надежность систем электроснабжения при аварии одного из трансформаторов, когда оставшийся в работе трансформатор полностью или с некоторым ограничением обеспечит потребную мощность нагрузки, то на подстанции установлены два трансформатора мощностью 40 МВА каждый, классом напряжения 110/35/10 кВ.

Устанавливаются элегазовые выключатели на РУ 110, 35 кВ и выключатели ВВ/TEL на ЗРУ 10 кВ.

На РУ 110, 35 кВ устанавливаем трансформаторы напряжения типа НКФ и на ЗРУ 10 кВ – НТМИ-10-66УЗ.

4.4 Расчет потребности в инвестициях для строительства подстанции

Расчет инвестиций для строительства подстанций включает в себя следующие составляющие:[7]

$$I_0 = I_{п/с} + I_{общ} + I_{зем} + I_{ЛЭП}.$$

где $I_{п/с}$ – инвестиции на сооружение подстанции;
 $I_{общ}$ – общепроизводственные расходы;
 $I_{ЛЭП}$ – инвестиции на сооружение ЛЭП;
 $I_{зем}$ – инвестиции на покупку земли.

Рассчитаем необходимые инвестиции в строительство подстанции по формуле:

$$I_{п/с} = K_{транс} + K_{оборуд} + I_{мат}.$$

где $K_{транс}$ - стоимость трансформаторов, с учетом их транспортировки;
 $K_{оборуд}$ - стоимость оборудования подстанции;
 $I_{мат}$ – затраты на дополнительные материалы на подстанции.

Рассчитаем затраты на сооружение линий, стоимость одного километра линии зависит от класса напряжения, и принимается равным 4,032 млн.тенге для линии 110 кВ, 2,7 млн.тенге для линии 35 кВ и 1,89 млн. тенге для кабельных линии 10 кВ. Результаты расчет сведем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Стоимость сооружения ЛЭП

| Линия | Общая длина линии, км | Стоимость одного км длины линии, млн.тенге | Общая стоимость линии, млн.тенге |
|-------------|-----------------------|--|----------------------------------|
| W1 ВЛ 110кВ | 3 | 4,032 | 12,096 |
| W2 ВЛ 35кВ | 2 | 2,7 | 5,4 |
| КЛ 10 кВ | 5 | 1,89 | 9,45 |
| Итого | | | 26,946 |

Определим затраты в необходимые материалы для строительства ЛЭП, они составляют $0,15(K_{уд} * L_{ЛЭП}) = 0,15 * 26,946 = 4,04$ млн. тенге.

Таким образом, стоимость сооружения ЛЭП составит:

$$K_{\text{ЛЭП}} = K_{\text{вд}} * L_{\text{ЛЭП}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{мат}}, \text{ млн. тенге,}$$

$$K_{\text{ЛЭП}} = 26,946 + 4,04 = 30,98 \text{ млн. тенге.}$$

Оборудование и автотрансформаторы приобретем у фирмы «Самара трансформатор».

Таблица 4.2 – Стоимость оборудования и автотрансформаторов

| Вид оборудования | Поставщики | Самара трансформатор |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------------|
| | млн.тенге | |
| Трансформаторы | 2*65,5 | |
| Трансформаторы собственных нужд | 2*1,597 | |
| Выключатели на РУ 110, 35 и 10 кВ | 1,81 + 0,98 + 0,24 | |
| Трансформаторы напряжения | 0,12 + 0,08 + 0,00707 | |
| Трансформаторы тока | 0,0162 + 0,01423 + 0,0135 | |
| Итого | 137,475 | |

Комплекты релейной защиты приобретаются у фирмы «Механотроника». Стоимость приобретения комплектов релейной защиты и автоматики приведена в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Стоимость комплектов релейной защиты

| Наименование | Стоимость, млн. тенге |
|--|-----------------------|
| Дифференциальная защита трансформаторов с использованием реле ДЗТ – 21 | 9,132 |
| Газовая защита автотрансформатора | 4,717 |
| Дифференциальная защита регулировочных трансформаторов с использованием реле ДЗТ – 11 | 5,63 |
| Дистанционная защита линий с использованием реле ЭПЗ – 1636 | 7,92 |
| Дифференциальная защита шин с использованием реле РНТ – 565 | 6,89 |
| Защита отходящих кабельных линий с использованием МТЗ с реле РТ – 80 и ТО с реле РТ – 40 | 5,94 |
| Прочие | 10 |
| Итого, млн. тенге | 50,23 |

Определим затраты в материалы для строительства подстанции, они составляют:

$$0,15 \cdot (K_{\text{обор}}) = 0,15 \cdot 137,475 = 20,62 \text{ млн. тенге.}$$

Рассчитаем необходимые инвестиции в строительство подстанции по формуле:

$$I_{\text{п/с}} = 137,475 + 50,23 + 20,62 = 208,325 \text{ млн. тенге.}$$

Определим общепроизводственные расходы на строительство подстанции по формуле:

$$I_{\text{общ}}=0,25(I_{\text{ао}}+I_{\text{тр}})$$

где $I_{\text{ао}}$ – амортизационные отчисления, принимаемые равными $0,04(K_{\text{оборуд}})$;

$I_{\text{тр}}$ - затраты на текущий ремонт, принимаемые равными $0,15(K_{\text{оборуд}})$.

Результаты расчета заносим в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Общепроизводственные расходы

| Затраты | Стоимость, млн.тенге |
|------------------|----------------------|
| $I_{\text{ао}}$ | 5,5 |
| $I_{\text{тр}}$ | 20,62 |
| $I_{\text{общ}}$ | 6,53 |

Подстанция занимает площадь равную 3200 м^2 , стоимость 100 м^2 в предполагаемом районе строительства составляет 0,956 млн. тенге. Таким образом, чтобы купить участок земли потребуется 30,592 млн. тенге.

Итого необходимые капиталовложения на строительство подстанции 110/35/10 кВ составляют:

Таблица 4.5 – Суммарные капиталовложения

| Суммарные капиталовложения | Стоимость, млн.тенге |
|------------------------------|----------------------|
| Сооружение подстанции | 137,475 |
| Общепроизводственные расходы | 6,53 |
| Покупка земли | 30,592 |
| Затраты на устройства РЗ | 50,23 |
| Затраты на ЛЭП | 26,946 |
| Итого | 251,773 |

Создаем ТОО «АппаратЭнерго» основным видам деятельности данного предприятия относятся:

а) услуги по передаче и распределению электроэнергии;

б) покупка электроэнергии с целью ее перепродажи.

Необходимую инвестицию берем в банке, через кредит, с 10 % годовых.

Таблица 4.6 – Потребление и потери электроэнергии

| Наименование | |
|--|-----|
| Отпуск электроэнергии в сеть, млн. кВт*ч | 300 |
| Потери, % | 15 |
| Потери, млн. кВт*ч | 45 |
| Полезный отпуск, млн. кВт*ч | 255 |

Подстанция покупает электроэнергию у Карагандинского ГРЭС – 1, по цене 5,51 тенге/кВтч. Для всех потребителей установлен единый среднеотпускной тариф в размере $T_{\text{сротп}}=10,3$ тенге/кВтч.

Тариф через сети НЭС «KEGOC» составляет – 0,94 тенге за кВтч.

Тариф через сети АО «АЖК» составляет – 3,41 тенге за кВтч.
Себестоимость электроэнергии: [7]

$$C_{ГЭС} + C_{НЭС} + C_{АЖК} = 5,51 + 0,94 + 3,41 = 9,86 \text{ тенге/кВтч.}$$

Доход предприятия составляет:

$$255 * 10,3 = 2626,5 \text{ млн.тенге.}$$

Затраты на передачу 1 кВтч составляют 9,86 тенге/кВтч.

В этом случае затраты составляют

$$255 * 9,86 = 2514,3 \text{ млн.тенге.}$$

В этом случае прибыль организации составляет:

$$\text{Доход} - \text{Затраты} = 2626,5 - 2514,3 = 112,2 \text{ млн. тенге}$$

С учетом налога на прибыль в размере 20 %, чистая прибыль составляет:

$$112,2 * 0,8 = 89,76 \text{ млн. тенге}$$

Затраты на амортизационные отчисления – 4% = 3,59 млн.тенге

$$89,76 - 3,59 = 86,17 \text{ млн.тенге.}$$

Прибылью закрываем кредит в банке за 10% годовых на сумму 251,773 млн.тенге.

4.5 *Дисконтированные оценки или временные оценки.*

Они включают в себя:

- 1) ЧПС (NPV) - чистая приведенная стоимость (чистый приведенный эффект, чистый приведенный доход, чистая приведенная прибыль);
- 2) ИРИ (PI) - индекс рентабельности инвестиций;
- 3) ВНП (IRR) - внутренняя норма прибыли (внутренняя норма доходности. Норма окупаемости);
- 4) МВНП (MIRR) - модифицированная норма прибыли
- 5) ДСОИ (DPP) - дисконтированный срок окупаемости инвестиций;
- 1 Простые оценки:
- 6) СОИ (PP) - срок окупаемости инвестиций;
- 7) КЭИ (ARR) - коэффициент эффективности инвестиций.

Необходимость использования всех методов оценки вызвана тем, что оценки по различным методам могут иметь противоречивый характер. Сравнивая оценки инвестиций по различным методам аналитик делает выводы о приемлемости того или иного проекта.

ЧПС (NPV) "Чистая приведенная стоимость"

Этот метод основан на сопоставлении дисконтированных денежных потоков с инвестициями. При этом ЧПС(NPV) может использоваться в двух вариантах: [7]

$$\text{ЧПС} = \sum_{t=1}^n \text{FV}_t / (1+rt)^n - I_c,$$

где FV_t - будущая стоимость (ценность) денег или возвратная стоимость;

r_t - темп прироста - ставка - банковская процентная ставка;

n - количество лет;

I_c - инвестиции.

$\text{FV}_t = \text{PV}_t (1+rt)^n$, где:

PV_t - сегодняшняя (текущая) стоимость денег (ценностей)

$$\text{ЧПС} = \sum_{t=1}^n \text{FV}_t / (1+rt)^n - \sum_{t=1}^n I_{c_t} / (1+rt)^n$$

Лучшим инвестиционным проектом, по данному методу, будет считаться тот у которого:

$\text{ЧПС(NPV)} > 0$ и по максимальной его величине, следовательно фирма получает дополнительную рыночную стоимость.

$\text{ЧПС(NPV)} = 0$, то аналитик обязан провести дополнительные исследования по рассматриваемым проектам с учетом выплачиваемых налогов.

$\text{ЧПС(NPV)} < 0$, то проект отвергается, т.к. рыночная стоимость имущества уменьшается.

ВНП (IRR) "Внутренняя норма прибыли"

Внутренняя норма прибыли равна показателю цены капитала или $\text{ЧПС} = 0$.

Для определения цены капитала:

- 1) аналитически выполняется несколько расчетов с тем чтобы довести $\text{ЧПС} = 0$, изменяя при этом r_t ;
- 2) рассчитывается по формуле:

$$\text{ВНП(IRR)} = r_1 * ([\text{ЧПС}_1^+ + (r_2 - r_1)] / [\text{ЧПС}_1^+] + [\text{ЧПС}_2^-]),$$

где ЧПС_1^+ - ЧПС при расчете капитала (процентной ставки) r_1 ;

ЧПС_2^- - ЧПС при расчете капитала (процентной ставки) r_2 ;

r_1 - цена капитала (процентная ставка) при которой ЧПС минимально превышает 0 ;

r_2 - цена капитала (процентная ставка) при которой ЧПС минимально меньше 0 ;

Оценка ВНП(IRR) имеет следующие свойства:

- 1) не зависит от вида денежного потока;
- 2) не линейная форма зависимости;
- 3) представляет собой убывающую функцию;
- 4) не обладает свойством адетивности;
- 5) позволяет предположить ожидать ли максимальную прибыль (норму доходности).

СОИ (PP) "Срок окупаемости инвестиций"
Это простой метод рассчитывается по формуле:

$$PP = I_c / CF$$

где I_c – инвестиции;
 CF – денежный поток.

Недостатки метода СОИ (PP):

- 1) не учитывает влияние денежных притоков последних лет;
- 2) не делает различия между накопленными денежными потоками и их распределением по годам;
- 3) не обладает свойством аддитивности.

Преимущества данного метода:

- 1) прост для расчетов;
- 2) способствует расчетам ликвидности предприятия, т.е. окупаемости инвестиций;
- 3) показывает степень рискованности того или иного инвестиционного проекта, чем меньше срок окупаемости тем меньше риск и наоборот.

Индекс рентабельности (PI)

Индекс рентабельности – это отношение суммарного дисконтированного дохода к суммарным дисконтированным затратам. Если инвестиции осуществлены разовым вложением, то данный показатель рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{(1+r)^i} \div K_0$$

Если инвестиции представляют собой некоторый поток, распределенный во времени, то индекс рентабельности рассчитывается по следующей формуле:

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{(1+r)^i} \div \frac{K_i}{(1+r)^i}$$

Очевидно, что если:

- $PI > 1$, то проект следует принять;
- $PI < 1$, то проект следует отвергнуть;
- $PI = 1$, проект ни прибыльный, ни убыточный.

В отличие от чистого дисконтированного дохода индекс рентабельности является относительным показателем. Благодаря этому он очень удобен при выборе одного проекта из ряда альтернативных, имеющих примерно одинаковые значения NPV, либо при комплектовании портфеля инвестиций с максимальным суммарным значением NPV.

Для определения NPV, необходимо спрогнозировать величину финансовых потоков в каждый год проекта, а затем привести их к общему знаменателю, для сравнения во времени. То есть NPV – это разница между суммой денежных поступлений порождаемых реализацией проекта и дисконтированных текущих стоимостей и всех затрат необходимых для реализации этого проекта.

Чистая приведенная стоимость определяется:

$$NPV = \sum_1^n \frac{CF_n}{(1+r)^n} - I_0,$$

где CF – ежегодные денежные поступления;

n - годы реализации проекта;

I₀ - полные суммарные инвестиции;

r – процентная ставка.

Т а б л и ц а 4.7 – Результаты расчета чистой текущей стоимости

| Процентная ставка 10% | | | | | | |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------|------------|--------|
| Годы проекта | I ₀ , тенге | CF _t , тенге | 1/(1+k) ^t | PV, тенге | NPV, тенге | IRR |
| 0 | -176 133 | | | | | 20,58% |
| 1 | | 37 130 | 0,909 | 33 751 | -142 382 | |
| 2 | | 37 130 | 0,826 | 30 669 | -111 712 | |
| 3 | | 37 130 | 0,751 | 27 885 | -83 828 | |
| 4 | | 37 130 | 0,683 | 25 360 | -58 468 | |
| 5 | | 37 130 | 0,621 | 23 058 | -35 410 | |
| 6 | | 37 130 | 0,564 | 20 941 | -14 469 | |
| 7 | | 37 130 | 0,512 | 19 011 | 4 542 | |
| 8 | | 37 130 | 0,467 | 17 340 | 21 881 | |
| 9 | | 37 130 | 0,4 | 14 852 | 36 733 | |
| 10 | | 37 130 | 0,386 | 14 332 | 51 065 | |
| 11 | | 37 130 | 0,35 | 12 996 | 64 061 | |
| 12 | | 37 130 | 0,318 | 11 807 | 75 868 | |
| 13 | | 37 130 | 0,2898 | 10 760 | 86 629 | |
| 14 | | 37 130 | 0,263 | 9 765 | 96 394 | |
| 15 | | 37 130 | 0,239 | 8 874 | 105 268 | |
| 16 | | 37 130 | 0,218 | 8 094 | 113 362 | |
| 17 | | 37 130 | 0,198 | 7 352 | 120 714 | |
| 18 | | 37 130 | 0,179 | 6 646 | 127 360 | |
| 19 | | 37 130 | 0,163 | 6 052 | 133 412 | |
| 20 | | 37 130 | 0,149 | 5 532 | 138 945 | |
| Итого PV, тенге | | | | 315 078 | | |

Из приведенных расчетов видно, что срок окупаемости инвестиций составит около 7 лет.

Индекс рентабельности, PI, представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине инвестиционных затрат и рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{PV / (1+r)^t}{K_0}. \quad (4.27)$$

Если: $PI > 1$, то проект следует принять, $PI < 1$, то проект следует отвергнуть, $PI = 1$, то проект ни прибыльный, ни убыточный. Логика критерия PI такова: он характеризует доход на единицу затрат. В отличие от чистого приведенного эффекта индекс рентабельности является относительным показателем. PI следует считать уже по времени расчета t, когда NPV положительный.

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{PV / (1+r)^t}{K_0} = \frac{180,675 / 0,512}{176,133} = 2$$

Так как $PI > 1$, то проект следует принять. Техничко – экономическое обоснование строительства подстанции 110/10 показало, что необходимые суммарные капиталовложения, составляющие 176,133 млн. тенге, дисконтированной стоимости, составляющей 180,675 млн. тенге окупятся за 7 лет, т.е. строительство можно считать экономически целесообразной.

Целью разработки проекта является строительство подстанций 115/10,5 кВ и прилегающих к ней сетей 110 и 10 кВ. Строящаяся подстанция предназначена для реализаций электроэнергий электроаппаратного завода. Для более экономический целесообразной электроэнергий создается ТОО "Электроаппарат" цель создания является получение прибыли от передачи электроэнергий.

Анализируя выше произведенный расчет мы видим, что капиталовложения составляют 176,133 млн.тенге из них большую часть занимает стоимость оборудования, которое равно 78,694млн.тенге. Общее число эксплуатационных издержек – 7,74 млн. тенге, амортизационные издержки (5,13 млн.тенге),издержки на ремонт (2,61 млн.тенге).

Срок окупаемости составляет 7 лет, а общий срок службы электрического оборудования – около 25 лет. Таким образом этот проект является экономически эффективным.

Заключение

Дипломный проект посвящен проектированию электроснабжения электроаппаратного завода. В работе рассчитан расчет электрических нагрузок по заводу методом коэффициента использования, выбор числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций. Полная мощность по предприятию составила $S_{p0,4} = 17827$ кВА. Экономическое целесообразное число трансформаторов равняется $N_{т.э} = 18$. Для расчета было выбрано трансформаторы марки ТМЗ-1000-10/0,4.

Также в работе рассмотрел вопросы компенсации реактивной мощности и выбор количества и мощности компенсирующих устройств, к которым относятся батареи конденсаторов на низкой стороне. Для компенсации на шинах ГПП выбираем конденсаторные батареи типа УК-0,38-300 УЗ.

После расчета компенсации реактивной мощности был произведен уточненный расчет нагрузок по заводу, после которого полная мощность составила $S_p = 16592$ кВА .

Предложены два варианта питания завода, произведен технико-экономический расчет и сравнение вариантов по суммарным затратам. По суммарным приведенным затратам, которые являются мерой стоимости проходит первый вариант. Затраты составили 62,47 тыс.у.е. Вторым вариантом нам не подошёл из-за больших потерь в трансформаторе.

В работе был произведен расчет токов короткого замыкания и выбрано оборудование на напряжение 10 кВ. В частности выбраны вводные и секционный выключатели, трансформаторы тока и напряжения, выключатели нагрузки, силовые кабели отходящих линии, шины, изоляторы. Все выбранные оборудования отвечают стандартам и качествам современных технологий.

В разделе «Регулирование уровня напряжения в схеме электроаппаратного завода» были рассмотрены следующие вопросы: показатели качества электроэнергии. Способы регулирования напряжения, регулирование напряжения с помощью РПН и ПБВ. Произведен расчет потерь напряжения в элементах сети при минимальном и максимальном режимах.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы: анализ условий труда на электроаппаратном заводе; меры по укреплению охраны труда и соблюдению правил техники безопасности; произведен расчет заземления и молниезащиты; выбор мероприятий по снижению шума.

В экономической части проведено решение вопросов, связанных с технико-экономическим обоснованием схемы электроснабжения и был определен срок окупаемости оборудования. Анализируя расчет видно, что капиталовложения на приобретение оборудования составляют 251,773 млн. тенге. Срок окупаемости составил 7 лет без учета дисконтирования. А с учетом дисконтирования составляет около 5 лет.

Для расчета данной работы применены ЭВМ и Интернет. Расчет проводился на ПК с применением программ: Microsoft Word, Microsoft Excel, AutoCAD, MathCAD.

Список литературы

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений .Б.И. Кудрин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005.
2. Живаева О.П., М.А.Тергеусизова., Методические указания и задания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности 050718 – Электроэнергетика. Алматы АИЭС - 2009
3. Киреева Э.А. Справочные данные по электрооборудованию (цеховые электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий), 2004.
4. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учебник для проф. Учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2001.
5. Правила устройства установок. –СПб.: Издательство ДЕАН, 2001.
6. Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса. - М.: Высшая школа, 2003.-416 с.
7. Экономика отрасли. Жакупов Алмаз Аусыдыкович, Хижняк Роман Степанович. Методические указания к выполнению экономической части выпускных работ (для бакалавров, обучающихся по направлению «Электроэнергетика») Алматы 2009г.
8. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. «Релейная защита энергетических систем: учебное пособие для техникумов». – М.: Энергоатомиздат, 1998.
9. Положение об аттестации производственных объектов организации по условиям труда. Постановление коллегии от 22 мая 1995 года.
10. “Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования” под редакцией Ю.Г.Барыбина и др. – М. Энергоатомиздат, 1991 г,
11. Шидловский А.К., Вагин Г.Я., Куренный Э.Г. “Расчеты электрических нагрузок систем электроснабжения промышленных предприятий” – М. Энергоатомиздат, 1992.
12. Андреев В.А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения в системах электроснабжения. – М.: Высшая школа, 1991. – 496
13. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. “Электрическая часть электростанций и подстанций”. Справочник – М. Энергоатомиздат, 1989 г.
14. Баклашов Н.И., Китаева Н.Ж., Терехов Б.Д. “Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды” – М.: Радио и связь, 1989.
15. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. “Электрооборудование станций и подстанций” - М. Энергоатомиздат, 1987 г.
16. “Справочник по электроснабжению и электрооборудованию” В 2 т. под редакцией А.А.Федорова. – М. Энергоатомиздат, 1986 г, 568 с.
17. Айзенберг Ю.Б. “Световые приборы” .- М.Энергия, 1986, 464 с.
18. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.:Энергоатомиздат,1985.

19. Борисов Б.П., Вагин Г.Я. “Электроснабжение электротехнологических установок” – Киев: Наук.думка, 1985. – 248 с.
20. Федоров А.А., Каменева В.В. “Основы электроснабжения промышленных предприятий” – М. Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
21. Васин В.М., Липкин Б.Ю. Дипломное проектирование для специальности “Электрооборудование промышленных предприятий и установок” - М. Высшая школа, 1977 г.
22. “Охрана труда в электроустановках” под редакцией Б.А. Князевского – М. Энергия, 1977.
23. Справочная книга для проектирования электрического освещения” под редакцией К.Н.Кнорринга, - М.: Энергия, 1976, 387 с.
24. Чернобровов Н.В. “Релейная защита” Учебное пособие. – М. Энергия.
25. Липкин Б.Ю. “Электроснабжение промышленных предприятий” - М., 1975 г.
26. СНиП II-33-75 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Нормы проектирования».
27. ГОСТ 12.1.005-88 «Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений»
28. «Правилами по технике безопасности и производственной санитарии на предприятиях электроаппаратной промышленности».
29. «Охрана труда и техника безопасности», Аманжолов, Астана 2007г.
30. Скалкин Ф., «Энергетика и окружающая среда», Энергоиздат, 1981г.
31. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума».
32. www.tavrida.ru
33. www.yanviktor.ru
34. www.samruk.kz
35. ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Приложение А Применение вычислительной техники

| Расчет осветительной нагрузки | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|----------------|--------|---------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------|---------|--|
| № по плану | Наименование производственного помещения | Размеры помещ. | | Площадь | ρ ₀ | K _с | P ₀ | P _{р0} | cosφ | tgφ | |
| | | Длина | Ширина | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 1 | Цех магнитных станций | 154 | 85 | 13165 | 0,011 | 0,6 | 144,8 | 86,9 | 43,5 | 0,9/0,5 | |
| 2 | Заготовительно-сварочный цех | 134 | 119 | 15966 | 0,015 | 0,8 | 239,5 | 191,6 | 95,8 | 0,9/0,5 | |
| 3 | Цех пластмасс | 138 | 35 | 4878 | 0,015 | 0,8 | 73,1 | 58,48 | 29,2 | 0,9/0,5 | |
| 4 | Аппаратный цех | 144 | 31 | 4494 | 0,015 | 0,8 | 67,4 | 53,9 | 26,9 | 0,9/0,5 | |
| 5 | Цех нормалей | 56 | 48 | 2681 | 0,012 | 0,8 | 32,2 | 25,8 | 12,9 | 0,9/0,5 | |
| 6 | Штамповочный цех | 134 | 50 | 6720 | 0,015 | 0,8 | 100,8 | 80,6 | 40,3 | 0,9/0,5 | |
| 7 | Цех асбоцементных плит | 97 | 22 | 2122 | 0,015 | 0,8 | 31,8 | 25,44 | 12,7 | 0,9/0,5 | |
| 8 | Склад готовой продукции | 6 | 251 | 1507 | 0,01 | 0,6 | 15,07 | 9,04 | 4,52 | 0,9/0,5 | |
| 9 | Склад металлических отходов | 25 | 14 | 352 | 0,01 | 0,6 | 3,5 | 2,1 | 1,05 | 0,9/0,5 | |
| 10 | Гальванический цех | 77 | 16 | 1195 | 0,015 | 0,8 | 17,9 | 14,3 | 7,15 | 0,9/0,5 | |
| 11 | Ремонтно-механический цех | 34 | 22 | 753 | 0,02 | 0,8 | 15,06 | 12,04 | 6,02 | 0,9/0,5 | |
| 12 | Станция нейтрализации | 28 | 16 | 438 | 0,015 | 0,8 | 5,25 | 22,05 | 11 | 0,9/0,5 | |
| 13 | Очистка кислотной канализации | 41 | 15 | 633 | 0,012 | 0,8 | 7,6 | 6,08 | 3,04 | 0,9/0,5 | |
| 14 | Насосная | 28 | 14 | 394 | 0,01 | 0,8 | 3,9 | 3,12 | 1,56 | 0,9/0,5 | |
| 15 | Столовая | 31 | 28 | 878 | 0,02 | 0,9 | 17,5 | 15,75 | 7,9 | 0,9/0,5 | |
| 16 | Электроцех | 34 | 22 | 753 | 0,02 | 0,85 | 15,06 | 12,8 | 6,4 | 0,9/0,5 | |
| 17 | Заводоуправление | 22 | 16 | 342 | 0,02 | 0,9 | 6,84 | 6,2 | 3,1 | 0,9/0,5 | |
| 18 | Градирная | 28 | 65 | 1813 | 0,02 | 0,8 | 36,3 | 29,04 | 14,5 | 0,9/0,5 | |
| 19 | Склад кислот | 31 | 14 | 439 | 0,01 | 0,6 | 4,39 | 2,6 | 1,3 | 0,9/0,5 | |
| 20 | Компрессорная | 44 | 14 | 616 | 0,01 | 0,8 | 6,16 | 4,9 | 2,5 | 0,9/0,5 | |
| 21 | Территория | 720 | 140 | 100948 | 0,002 | 1 | 201,89 | 201,89 | 101 | 0,9/0,5 | |

Рисунок А.1 – Расчет осветительной нагрузки

| Расчет силовых нагрузок по цехам завода | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|-------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|----|----------------|------|------|-----------------------|------------------------|----------------|----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------|
| № по плану | Наименование цеха | Кол-во ЭП л | Установленная мощность | | | m | K _и | cosφ | tgφ | Сред. мощн. | | | | | | | |
| | | | P _{мин} , кВт | P _{max} , кВт | Суммарная P _н , кВт | | | | | P _{см} , кВт | Q _{см} , квар | ρ _н | K _м | P _р , кВт | Q _р , квар | S _р , кВА | I, А |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 1 | Цех магнитных станций | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | а) силовая | 280 | 1 | 100 | 6500 | >3 | 0,4 | 0,70 | 1,00 | 2275 | 2275 | 130 | 1,08 | 2457 | 2275 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | | | 86,9 | 43,5 | | |
| | Итого | | | | | | | | | | | | | 2543,9 | 2318,5 | 3441,9 | 4973,8 |
| 2 | Заготовительно-сварочный цех | 200 | 10 | 100 | 8200 | >3 | 0,4 | 0,60 | 1,30 | 3280 | 4264 | 164 | 1,07 | 3509,6 | 4264 | | |
| | а) силовая | | | | | | | | | | | | | 191,6 | 95,8 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | | | 3701,2 | 4359,8 | 5718,9 | 8264,3 |
| | Итого | | | | | | | | | | | | | 1049,7 | 432,4 | 1135,3 | 1640,6 |
| 3 | Цех пластмасс | 100 | 1 | 120 | 2100 | >3 | 0,4 | 0,90 | 0,48 | 840 | 403,2 | 35 | 1,18 | 991,2 | 403,2 | | |
| | а) силовая | | | | | | | | | | | | | 58,48 | 29,24 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | | | 1049,7 | 432,4 | 1135,3 | 1640,6 |
| | Итого | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Аппаратный цех | 100 | 10 | 80 | 1700 | >3 | 0,3 | 0,70 | 1,00 | 510 | 510 | 43 | 1,18 | 601,8 | 510 | | |
| | а) силовая | | | | | | | | | | | | | 53,9 | 26,9 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | | | 655,7 | 536,9 | 847,5 | 1224,7 |
| | Итого | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Цех нормалей | 70 | 1 | 50 | 1850 | >3 | 0,3 | 0,75 | 0,88 | 648 | 569,8 | 70 | 1,12 | 725,2 | 569,8 | | |
| | а) силовая | | | | | | | | | | | | | 25,8 | 12,9 | | |
| | б) осветительная | | | | | | | | | | | | | 751 | 582,7 | 950,5 | 1373,6 |
| | Итого | | | | | | | | | | | | | | | | |

Рисунок А.2 – Расчет силовых нагрузок по цехам завода

| Распределение низковольтных нагрузок по цеховым ТП | | | | | | | | | | |
|--|---------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------|--|--|--|--|--|
| №ТП, S _{лп} , Q _{нбк} | № цехов | P _{рд,к} , кВт | Q _{рд,к} , квар | S _{рд,к} , кВА | Кз | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | |
| ТП1 (2x1000) | 1 | 2543,9 | 2318,5 | | | | | | | |
| ТП2 (2x1000) | 8 | 51,14 | 25,53 | | | | | | | |
| ΣS _{лп} =4000 кВА | 7 | 423,2 | 420,7 | | | | | | | |
| Q _{нбк} =4x300 квар | | | -1200 | | | | | | | |
| | | 3018,24 | 1564,73 | 3399,7 | 0,82 | | | | | |
| ТП 3(2x1000) | 6 | 2064,2 | 1545,1 | | | | | | | |
| ТП 4(2x1000) | 20 | 156,1 | 134,5 | | | | | | | |
| | 14 | 439,9 | 371,1 | | | | | | | |
| | 9 | 35,7 | 28,8 | | | | | | | |
| | 19 | 32,6 | 23,8 | | | | | | | |
| | 13 | 28,8 | 17,9 | | | | | | | |
| | 12 | 79,3 | 44 | | | | | | | |
| | 7 | 75,9 | 55,1 | | | | | | | |
| ΣS _{лп} =4000кВА | | 2912,5 | 2220,3 | | | | | | | |
| Q _{нбк} =4x300 квар | | | -1200 | | | | | | | |
| Итого | | 2912,5 | 1020,3 | 3086,1 | 0,76 | | | | | |
| ТП 5 (2x1000) | | | | | | | | | | |
| ТП 6 (2x1000) | 2 | 3701,2 | 4359,8 | | | | | | | |
| ТП 7 (2x1000) | 10 | 680,4 | 379,15 | | | | | | | |
| Q _{нбк} =6x300 квар | | | -1800 | | | | | | | |
| Итого | | 4381,6 | 2638,9 | 5114,9 | 0,85 | | | | | |

Рисунок А.3 – Распределение низковольтных нагрузок по цеховым ТП

| Р53 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------|-----|-------------|-------------|----------|------|----------|-----------|----|-----|---------|----------|---------|---------|--|
| Расчет нагрузок на шинах 10 кВ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Уточненный расчет нагрузок по заводу | | | | | | | | | | | | | | | |
| №ТП | № цехов | n | Rn.min, кВт | Rn.max, кВт | ΣRn, кВт | Kи | Rсм, кВт | Qсм, квар | γ | Kм | Pp, кВт | Qp, квар | Sp, кВА | | |
| ТП1, ТП2 (4x1000) кВА | 1 | 280 | 1 | 100 | 6500 | | 2275 | 2275 | | | | | | | |
| | 8 | 15 | 1 | 20 | 85 | | 26 | 19 | | | | | | | |
| | 7 | 50 | 10 | 40 | 595 | | 238 | 286 | | | | | | | |
| Силовая | | 345 | 1 | 100 | 7180 | 0,35 | 2539 | 2579,7 | | 149 | 1,1 | 2893,8 | 519,9 | | |
| Осветительная | | | | | | | | | | | | 121,38 | 60,74 | | |
| Qнк | | | | | | | | | | | | -1550 | | | |
| | | | | | | | | | | | | 3015,2 | 1090,4 | 3206,3 | |
| ТП3, ТП4 (4x1000 кВА) | 6 | 100 | 10 | 100 | 3800 | | 3800 | 1504,8 | | | | | | | |
| | 20 | 15 | 10 | 40 | 200 | | 200 | 120 | | | | | | | |
| | 14 | 8 | 40 | 100 | 560 | | 560 | 336 | | | | | | | |
| | 9 | 15 | 1 | 14 | 70 | | 70 | 25,2 | | | | | | | |
| | 19 | 2 | 10 | 20 | 30 | | 30 | 9 | | | | | | | |
| | 13 | 3 | 10 | 10 | 30 | | 30 | 13,5 | | | | | | | |
| | 12 | 10 | 10 | 10 | 100 | | 100 | 30 | | | | | | | |
| | 17 | 20 | 1 | 20 | 130 | | 130 | 52 | | | | | | | |
| Силовая | | 173 | 10 | 100 | 5175 | 0,46 | 2408 | 2212,9 | 98 | 1,2 | 2793,3 | 2212,9 | | | |
| Осветительная | | | | | | | | | | | 127,6 | 63,84 | | | |
| Осв. территории | | | | | | | | | | | | -1200 | | | |
| Qнк | | | | | | | | | | | | 2920,9 | 1076,8 | 3113,06 | |
| ТП5 (2x1000) | 2 | 200 | 10 | 100 | 8200 | | 3280 | 4264 | | | | | | | |

Рисунок А.4 – Уточненный расчет нагрузок по заводу