

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

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

Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Электроснабжение машиностроительного предприятия»

Студент

А.В. Бердник

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.В. Ермаков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

О.А. Парфенова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

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

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«____» _____ 2018 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Бакалаврская работа выполнена на тему «Электроснабжение машиностроительного предприятия».

Предметом выпускной работы является машиностроительный завод, расположенный в северной части Автозаводского района Тольятти и, в частности, его электрической части. Ключевым вопросом выпускной работы является проведение процедур реконструкции для реконструкции электрической части машиностроительного завода, что необходимо для повышения безопасности и эффективности энергетического оборудования. Мы затрагиваем проблему ржавого, устаревшего силового трансформатора и неэффективной системы релейной защиты и ряда других типов конструкций, которые должны соответствовать существующим нормам и правилам. Начнем с постановки задачи, а затем логично перейдем к ее возможным решениям.

Мы изучаем роль системы светового потока в функционировании здания как единого электротехнического комплекса и анализируем его техническое состояние. Мы также рассмотрим, как уровень напряжения влияет на условия работы силовых трансформаторов и автоматических выключателей и разрабатывает решения для его улучшения.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что с учетом того факта, что машиностроительный завод не прошел капитальный ремонт со времени строительства, выпускной проект позволит нам в полной мере подготовиться к предстоящей реконструкции. Применяемая методика подтвердила, что состояние электрической части подстанции не соответствует существующим нормам и правилам и нуждается в реконструкции

ВКР выполнена на 43 листах и содержит 10 таблиц и 1 рисунок. Графическая часть представляет собой 6 чертежей формата А1.

ABSTRACT

The title of the graduation work is «Power Supply of Machine-Building Enterprise». This graduation work is about the process of forming a machine-building plant reconstruction project.

The subject of the graduation work is the machine-building plant, placed in the northern part of the Avtozavodsky district of Togliatti and, in particular, its electrical part. The key issue of the graduation work is the carrying out a reconstruction procedures for renovation of the electrical part of machine-building plant, which is necessary for rise of safety and efficiency of power equipment. We touch upon the problem of rusty, outdated power transformer and ineffective system of relay protection and a number of other types of structures, which should conform to the existing norms and regulations. We start with the statement of the problem and then logically pass over to its possible solutions.

We study the role of system of lighting current in the functioning of the building as a single unified electrotechnical complex and analyze the technical condition of it. We also examine how voltage level affect to work conditions of power transformers and circuit-breakers and develop solutions to improve it.

In conclusion we would like to stress that taking into consideration the fact that the machine-building plant has not undergone major repairs since the construction, the graduation project will allow us to fully prepare for the upcoming reconstruction. The technique applied has confirmed that the state of the electrical part of the substation does not comply with the existing norms and rules and needs reconstruction.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАВОДА.....	11
2 ВЫБОР ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ И ВЕЛИЧИНЫ ПРИМЕНЯЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ.....	14
2.1 Выбор напряжения питающей и распределительной сети.....	14
2.2 Выбор напряжения силовой и осветительной сети.....	14
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРЕДПРИЯТИЯ.....	17
4 РАСЧЕТ МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПГВ. КАРТОГРАММА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК.....	21
5 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ С УЧЕТОМ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ.....	24
6 ВЫБОР СХЕМЫ И КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ.....	30
7 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	33
7.1 Выбор коммутационной аппаратуры на напряжении 110 кВ	34
7.2 Выбор коммутационной аппаратуры (ячеек) на напряжение 10,5 кВ.....	36
7.3 Выбор оборудования трансформаторной подстанции 10,5/0,4 кВ	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	42
Приложение А	44
Приложение Б	46
Приложение В.....	47
Приложение Г	48

ВВЕДЕНИЕ

В наше время, не один человек, не представляет жизни без электроэнергии. Из-за этого электроэнергия является, основной жизнеобеспечивающей составляющей обыденной жизни граждан, которая составляет более 750 электростанций, мощностью 215,6 млн. кВт. Данная отрасль предоставляет 1 миллион рабочих мест, что улучшает уровень жизни в стране. В 2017 году была разработана стратегия развития энергетики, которая предусматривает улучшение производства электроэнергии в России к 2021 году, которая предусматривает достичь рекордной отметки добывания электроэнергии в 1920 млрд. кВт-ч.

Расход электроэнергии гражданским населением составляет всего 22%, остальные 78% приходятся на промышленные предприятия и различные организации по производству, хранению или сбыту продукта. В Российской Федерации действует программа помощи индивидуальным предпринимателям и обществам с ограниченной ответственностью, что влечёт за собой открытие новых предприятий и организаций, которые способствуют увеличению энергетических затрат государства, за счёт энерготехнологических средств выполнения задач по производству и продаже продукции, для потребителей.

Качественной структурой электроснабжения, должна являться система распределения и потребления электроэнергии. На основе которой, большая часть электроэнергии должна подаваться высокими показателями, с технической и экономической стороны, в основе которой лежит технологический прогресс в развитие электроэнергии. Любое промышленное предприятие должно снабжаться конкурентоспособным электротехническим оборудованием, на основе новейших схем и установок питания, с учётом автоматизации процесса питания электроэнергией.

Технологический прогресс требует качественный и надёжный метод электропитания, который позволит сократить потребление и риски

электрического скачка, который приведёт оборудование в неисправное состояние. На данный момент, процесс выработки электроэнергии требует значительных финансовых затрат от государства, что может привести к нарушению экологических норм. На основе этого, перед всей индустрией энергетики ставится серьёзная проблема, экономии электроэнергии.

Существует множество путей решения проблемы энергосбережения, но не все они являются максимально продуктивными с точки зрения экономической составляющей. Наиболее часто применяемым, является преобразование реактивной мощности, на основе местных источников потребления, где главным показателем, является выбор типа мощности и метода автоматизации. На основе данных исследований, было выявлено, что установки трёхфазного тока с частотой 50 Гц, являются максимально экономичными, так как могут работать с однофазовым и трёхфазным током. Но стоит учитывать, что трёхфазный ток не всегда является максимально продуктивным и экономическим, например железнодорожный и городской электротранспорт использует постоянный ток, который основывается на выпрямление переменного тока.

На данный момент, многие специалисты и учёный исследователи, работают над анализом осуществлением создания и эксплуатации новейших структур электроснабжения производственных предприятий и городских зданий, где главным фактором является распределение электрических нагрузок, которая минимизирует риски энергетических сбоев и скачков, способствующих выведению электротехники или всей системы электроснабжения их строя. За основу взято качество электроэнергии на зажимах электроприёмника, которая имеет электромагнитную совместимость приёмников с питающей сетью, для создания экономии электроэнергии.

При проектировании и конструировании, недопустимы ошибки, потому что они могут привести к многочисленным вложениям со стороны государства или организации, так как в процессе эксплуатации, невозможно рационально исправить ошибки проектирования, что способствуют

неадекватной потере финансовых и энергетических ресурсов, так сказать, причинению народному хозяйству ущерба и возможности электрических аварий, последствие которых может привести к трагедиям. В любой научной отрасли можно применить высказывание, что любое действие имеет противодействие. Это доказывается тем, что уменьшение объёмной толщины стен способствует увеличению тепловой энергии на обогрев здания или предприятия, на основе экономии финансов на строительные материалы. А увеличение расстояния сетевых объектов, может привести к потере мощности электропроводимости и потери напряжения.

На основе этого, был создан морально-этический аспект деятельности инженеров-энергетиков, который несёт ответственность за разработку и монтаж электроснабжения проектированных работ, с учётом обоснования нужды потребителя в построение технического объекта в данном расположении, который будет располагать энерготехнологической экономической характеристикой расхода электроэнергии [1].

Проектирование – это метод создания визуально-наглядной разработки, для дальнейшего применения данных в построение нужных решений проблемы, где сам проект, является результатом субъективного отражения информационной деятельности, а изделие – составляющая материальной сферы.

Показателями успешной деятельности проектировщика, является качество и профессионально выполненный проект, в свою очередь, результатом деятельности конструктора, будет конструкция, в которую входят схема, план и устройство. Для оценки продуктивности выполненных заданий, является функционирование созданных средств процесса эксплуатации. Для выполнения задач проектирования и конструирования, была создана специальная организация ПКБ и КБ, на основе проектных институтов.

Многие организации предприятия создают собственные КБ, которые по мере поступления потребности, состоящие из условий, параметров и

назначения, начинают работу с составления проектного плана выполнения поставленных задач, которое предварительно одобрено заказчиком и только после этого, начинается проектирование и выполнение заказа указанного технического средства или изделия.

Для выполнения технических задач конструирования, создаются высоко технологические элементы: детали, узлы, механизмы, который взаимозаменяемые, в обязательном порядке к каждому изделию предоставляется зарегистрированная документация. Любое изготавливаемое изделие, должно соответствовать требованиям экономической, промышленной составляющей и иметь надёжность.

Любое производство, какого-либо конструирующего элемента, должно фиксироваться в документации и соответствовать производственным нормам [3]. Проектировщики изделий напрямую основываются на системном подходе изготовления продукции, которые должны соответствовать нормам производства. Сама система, является совокупностью элементов производства, которые имеют по следственную связь и создают единство продукции или изделия. Создание любого производственного или биологического продукта, является системой, которое может разделяться на иерархические уровни, в зависимости от признаков элементов.

Но процесс составления системы может состоять и из человеческих групп, обществ и коллективов, технических или информационных структур. Как мы уже знаем, любая система, состоит из подсистем, а система из подсистем. Всё зависит от статуса взаимодействия тех или иных факторов, подходящих в данном функционирование процесса выполнения задач, что вызывает наибольший интерес в изучении [4].

Система электроснабжения (СЭС) – это процесс создания электроустановок, с учётом всех организационных и проектировочных норм, для обеспечения граждан, предприятий или организаций электроэнергией, которая состоит из напряжения 1 кВ и выше 1кВ, которые напрямую связаны с основными регуляторами, трансформаторными подстанциями.

Электроснабжение предприятий или организаций, можно разделить на внешнее и внутреннее.

Внутреннее электроснабжение состоит из системы электротехнических систем, которые связаны точкой подключения к электрической системе до станции приёма электроэнергии организации или предприятия, где подстанциями могут выступать: главная понизительная подстанция или центральный распределительный пункт. А сама система внутреннего электроснабжения, состоит сетей, который включают в себя подстанции, находящихся в области организации или предприятия, обычно они содержат сложно устроенные схемы и много функциональной системой.

Одной из основных положительных черт промышленной организации или предприятия является то, что для их функционирования используется комбинированная система электроснабжения, включающая в себя различные виды электроприёмников, различающиеся силой напряжения и видами подачи тока, однофазовыми и трёхфазовыми подачами тока, иногда используется даже переменный ток, который в системы может отличаться частотой. Для анализа изучения электроснабжения современных предприятий или организаций, нельзя использовать традиционный метод изучения частей и свойств. Для адекватного количественного и качественного метода сбора информации, стоит учитывать системный подход, основа которого заключается в последовательном изучение всех частей и элементов. Данный подход позволяет рассматривать систему, с точки зрения подсистем и связей её, с последовательно связанными подсистемами и частично связанными подсистемами других систем, с предоставлением учёта всех технических и социальных характеристик функционирования иерархического статуса элемента.

Для примера возьмём исследования М.А. Шабад, «При проектировании электрической сети освещения необходимо рассматривать ее как часть внутрицеховой сети, связанной с системой внутризаводского электроснабжения, которая через систему внешнего электроснабжения

соединяется с энергосистемой. Кроме того, следует учитывать вид производственной деятельности, условия окружающей среды, расстановку технологического, санитарно-технического и подъемно-транспортного оборудования и т.д. Все это оказывает влияние на конструктивное исполнение и параметры электрической осветительной сети. В процессе проектирования закладываются основы оптимального функционирования и рациональной эксплуатации технических систем. Целесообразно отметить, что решение большинства актуальных практических задач требует не только системного подхода, но и объединения усилий специалистов разного профиля».

1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАВОДА

Машиностроительный завод - предприятие, обеспечивающее выпуск деталей для техники и продукции широкого потребления. «Основными технологическими процессами в среднем машиностроении являются механическая обработка деталей, сборка их на конвейерах в узлы, агрегаты и готовые машины. Предприятия среднего машиностроения наиболее многочисленны, узкоспециализированы, имеют широкие кооперированные связи. Их продукция массовая и крупносерийная, она включает производство автомобилей и самолетов, тракторов, комбайнов, двигателей для них, средних и небольших металлорежущих станков, и кузнечнопрессовых машин, насосов и компрессоров, машин и различного технологического оборудования для легкой, пищевой и полиграфической промышленности». По своей структуре завод имеет основные, заготовительные, вспомогательные цеха.

К вспомогательным цехам относятся; деревообделочный цех.

К заготовительным цехам относятся литейный цех, кузнечный цех, цех металлоконструкций

К основным цехам относятся электроцех, механосборочный цех.

Цех металлоконструкций предназначен для изготовления металлоконструкций, изделий и деталей к ним из следующих материалов: сортовой прокат, листовой прокат, литые детали из углеродистой и высокоуглеродистой сталей. Для получения заготовок в цехе имеются ножницы, прессы, машины термической резки, гибочные машины.

Обработка металла давлением относится к числу высокопроизводительных технологических процессов. Эти процессы протекают в кузнечных, кузнечно-прессовых цехах, причем металл обрабатывается давлением, свободной ковкой или штамповкой. Процессы горячей штамповки иковки занимают ведущее место в технологическом цикле изготовления многих изделий. Они позволяют получать заготовки

высокого класса точности. Кузнечные и кузнечно-прессовые цехи имеют в своем составе отделения молотов, прессов и термические.

«В литейном цехе занимаются изготовлением фасонных заготовок или деталей путем заливки расплавленного металла в специальную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки (детали). При охлаждении залитый металл затвердевает и в твердом состоянии сохраняет конфигурацию той полости, в которую он был залит. Конечную продукцию называют отливкой. В процессе кристаллизации расплавленного металла и последующего охлаждения формируются механические и эксплуатационные свойства отливок».

В механосборочном цехе ведется мехобработка особо крупных и мелких деталей на различных металлорежущих станках: токарных, токарно-карусельных, горизонтально-расточных, продольно-строгальных, фрезерных, зубообрабатывающих. Цех оснащен оборудованием, позволяющим произвести полную механическую обработку изделий весом от 4 кг до 100 тонн. В цеху выполняется одна из финальных стадий производственного цикла. На этом этапе изготовленные и обработанные детали соединяются между собой тем или иным способом: сварка, на болтах, на заклепках и т.д. В зависимости от способа монтажа тех или иных деталей требуется различный инструмент, оборудование и оснастка. Механосборочный цех располагает всем необходимым электрическим, пневматический, гидравлическим и ручным инструментом, необходимым для осуществления самых разнообразных сборочных, регулировочных, настроечных и ремонтных операций.

«Основными задачами электроцеха являются обслуживание электродвигателей на производстве, следит также за эксплуатацией средств связи и сигнализации, в том числе телефонной, селекторной, железнодорожной, пожарной сигнализации и спецкоммутаторов; ремонтирует электрооборудование завода, контролирует кабельные сети и

защитные средства, а также производит работы по автоматизации управления электрооборудованием» [5].

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.

В Таблице 1.1 представлен состав основных и вспомогательных цехов завода среднего машиностроения.

Таблица 1.1 – Состав производственных и вспомогательных цехов

№ Цеха	Наименование цеха	Руст, кВт	Категория ЭП по надежности питания	Характеристика среды
1	Литейный	690	2	Пожароопасное
3	Инструментальный	800	2	Пожароопасное
4	Штамповочный	500	2	Пожароопасное
5	Деревообрабатывающий	300	2	Пожароопасное
6	Сборочный	200	2	Пожароопасное
7	Кузнечный	800	2	Пожароопасное
8	Экспериментальный	250	2	Пожароопасное
9	Компрессорная	55	2	Нормальная
10	Насосная	920	2	Нормальная
11	Лаборатория	160	2	Нормальная
12	Ремонтно-механический	190	2	Пожароопасное
13	Заводоуправление	33	3	Нормальная

2 ВЫБОР ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ И ВЕЛИЧИНЫ ПРИМЕНЯЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

2.1 Выбор напряжения питающей и распределительной сети

Присоединение завода среднего машиностроения возможно присоединять от подстанции, находящейся на небольшом расстоянии от завода (12 км). Питание завода будем осуществляться по воздушным линиям электропередач на напряжение 110 кВ. Выбор такого напряжения питания целесообразен по причине того, что более высокое напряжение способствует уменьшению потерь электроэнергии в системе электроснабжения.

«Рациональное напряжение распределения электроэнергии в основном зависит от наличия электроприёмников 6 и 10 кВ и их мощности, наличия собственной ТЭЦ и её генераторного напряжения. Для определения рационального напряжения необходимо произвести технико-экономический расчёт. Техничко-экономический расчёт не проводится в случаях, если:

суммарная мощность электроприёмников 6 кВ равна или превышает 40% общей мощности предприятия, тогда напряжение распределения принимается 6 кВ;

суммарная мощность электроприёмников 6 кВ не превышает 15% общей мощности предприятия, тогда напряжение распределения принимается 10 кВ».

Так как все высоковольтные электроприёмники 10 кВ, то можно принять напряжение распределения 6 кВ.

2.2 Выбор напряжения силовой и осветительной сети

Основными приемниками завода среднего машиностроения являются электродвигатели небольшой мощности, работающих от сети переменного тока.

Для проектируемой системы электроснабжения для силовой осветительной нагрузки подразделения завода, будем использовать напряжение 380/220В с промышленной частотой 50Гц по системе с глухозаземленной нейтралью.

На практике очень редко совмещают осветительные и силовые сети, но бывают случаи, когда осветительные установки подключены к общим трансформаторам, к которым подключены силовые сети при заземлении нейтрали в 380 В или 220 В. Обычно, используется отдельное подключение осветительных сетей от общего трансформатора, это обусловлено наличием высокой энергозатратой предприятия, что связано с мощными сварочными аппаратами или мощными электродвигателями, которое не позволяет обеспечить необходимое количество напряжения в лампах, для совместного подключения сетей.

В том случае, когда электроприёмники питаются от энергетической сети с напряжением 660 В или 380 В, то к этой сети можно присоединить приборы, напряжение которых рассчитано на 380 В, то есть газоразрядные лампы, при условии заземлении нейтрали. В такой системы, остальные осветительные приборы питаются электроэнергией за счёт напряжения 660 В или 380 В, но бывают моменты питания за счёт трансформаторов, напряжение которых 10/0.4 кВ.

В случае необходимости в аварийном освещении, которая обеспечивает минимальное освещение при отсутствии основного освещения (рабочего освещения), следует учитывать документационные требования ПУЭ и СНиП. В которых указаны требования к аварийному и эвакуационному освещению. В правилах установки электроустановок, сказано, что аварийное и аварийное освещение, должны подключаться к независимому источнику питания или иметь возможность, в случае необходимости, самостоятельно переключаться на источник питания, при выключении основного питания.

Питающее напряжение для ЭП может быть наиболее распространенным 380 В или 220 В, а так же у старевшим считается напряжение в 220 В и 127В, самыми продуктивными являются установки с напряжением 660 В и 380В. Так как напряжение 220 В и 127 В для питания экономически не оправдано, ввиду больших потерь электроэнергии и большого расхода цветного металла, то к рассмотрению принимаются напряжения 380 В и 220 В и 660 и 380 В.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРЕДПРИЯТИЯ

Расчетная нагрузка цеха определяется по формуле (3.1)

$$P_p = k_c \bullet P_{ном} \quad (3.1)$$

Расчетная максимальная реактивная нагрузка цеха определяется по формуле (3.2)

$$Q_p = P_p \bullet \operatorname{tg} \phi \quad (3.2)$$

Расчетная осветительная нагрузка $P_{р.осв.}$ цеха вычисляется по выражению (3.3) с учетом площади производственной поверхности пола $F_{ц}$ цеха, определяемой по генплану предприятия, удельной осветительной нагрузки $P_{уд.осв.}$ и коэффициента спроса на освещение $K_{с.осв.}$.

$$\begin{aligned} P_{р.осв.} &= P_{уд.осв.} \bullet F_{ц} \\ Q_{р.осв.} &= P_{р.осв.} \bullet \operatorname{tg} \phi \end{aligned} \quad (3.3)$$

В качестве примера рассчитаем электрические нагрузки по литейному цеху. Средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену литейного цеха равна:

$$P_{р(Лит)} = k_{с(Лит)} \bullet P_{ном(Лит)} = 690 \bullet 0,4 = 276 \text{ кВт}$$

Средняя реактивная нагрузка литейного цеха равна:

$$Q_{р.(Лит)} = \operatorname{tg}_{(Лит)} \bullet P_{р.(Лит)} = 276 \bullet 0,88 = 243,41 \text{ кВар}$$

Расчетная осветительная нагрузка котельной равна:

$$\begin{aligned} P_{р.осв.(Лит)} &= P_{уд.осв.(Лит)} \bullet F_{ц.(Лит)} = 0,012 \bullet 6899,76 = 82,79 \text{ кВт} \\ Q_{р.осв.(Лит)} &= P_{р.осв.(Лит)} \bullet \operatorname{tg} \phi = 82,79 \bullet 0,33 = 27,32 \text{ кВар} \end{aligned}$$

Результаты расчетов по остальным цехам завода среднего машиностроения представлены в Таблице А1 Приложении А.

В компрессорной установлены высоковольтные синхронные электродвигатели. Таким образом, имеется возможность компенсации реактивной составляющей в системе питания предприятия. Величину реактивной мощности, которую вырабатывают синхронные электродвигатели можно рассчитать по выражению (3.4)

$$Q_{\text{сдв}} = \frac{n \cdot K_3 \cdot P_{\text{сд}} \cdot \text{tg}\phi}{\eta_{\text{сд}}} \quad (3.4)$$

Рассчитаем мощность, которую генерируют синхронные электродвигатели. В компрессорной установлены 4 синхронных электродвигателя типа СДЗ-2-250-1500У3 со следующими параметрами: $P_{\text{н}}=250\text{кВт}$, $U_{\text{н}}=10,5\text{кВ}$, $\eta_{\text{н}}=92,3\%$, $\cos\phi=0.75$, $K_3=0,9$. Тогда

$$Q_{\text{сдв}} = \frac{4 \cdot 0,9 \cdot 250 \cdot 0,88}{0,92} = 859,94\text{кВар}$$

Так как трансформаторы цеховых подстанций и высоковольтная сеть не рассчитаны то потери активной и реактивной мощности можно определить по формуле (3.5), (3.6), (3.7).

$$\Delta P_{\text{т}} = 0,02 \cdot S_{\text{р}}^{\text{HH}} \quad (3.5)$$

$$\Delta Q_{\text{т}} = 0,1 \cdot S_{\text{р}}^{\text{HH}} \quad (3.6)$$

$$\Delta P_{\text{л}} = 0,03 \cdot S_{\text{р}}^{\text{HH}} \quad (3.7)$$

где $\Delta P_{\text{т}}$, $\Delta Q_{\text{т}}$, $\Delta P_{\text{л}}$ -потери активной и реактивной мощности в цеховых подстанциях и линиях электропередач соответственно. $S_{\text{р}}^{\text{HH}}$ - расчетная мощность предприятия на стороне 0,4кВ.

Суммарная расчетная активная и реактивная нагрузка на стороне 10кВ ГПП определяется по формулам (3.8), (3.9)

$$P_{p\Sigma} = \sum P_p^{HH} + \sum P_p^{BH} + \Delta P_T + \Delta P_L \cdot K_{p.m} + P_{p.осв} \quad (3.8)$$

$$Q_{p\Sigma} = \sum Q_p^{HH} + \sum Q_p^{BH} + \Delta Q_T \cdot K_{p.m} + Q_{p.осв} \quad (3.9)$$

где $K_{p.m}$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприемников, принимаем в пределах 0,9-0,95.

$$P_{p\Sigma} = 164,2 + 100 + 90,92 + 136,39 \cdot 0,95 + 1590,10 = 4812,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{p\Sigma} = 1039,5 + 2537,3 + 454,64 - 859,94 \cdot 0,95 + 524,73 = 2537,3 \text{ кВар};$$

Потери мощности в трансформаторах ГПП определим по формулам:

$$\Delta P_{ТПП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} \quad (3.10)$$

$$\Delta Q_{ТПП} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} \quad (3.11)$$

$$\text{где } S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{4812,1^2 + 2537,3^2} = 5440,02 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_{ТПП} = 0,02 \cdot 5440,02 = 108,80 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{ТПП} = 0,1 \cdot 5440,02 = 544,0 \text{ кВар}$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов определяется по формуле (3.12).

$$S_{pТПП} = \sqrt{\left(\sum P_{p\Sigma} + \Delta P_{ТПП} \right)^2 + \left(\sum Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{ТПП} - Q_{к.у} \right)^2} \quad (3.12)$$

где $Q_{к.у}$ - мощность компенсирующего устройства, кВар

$$Q_{к.у} = Q_{p\Sigma} - Q_c \quad (3.13)$$

Q_c -наибольшая значение реактивной мощности передаваемой из сети энергосистемы в сеть предприятия в режиме наибольших реактивных нагрузок энергосистемы, кВар

$$Q_c = P_{\Sigma} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (3.14)$$

Значение тангенса энергосистемы принимаем равным: $\operatorname{tg} \varphi = 0.48$

$$Q_{к.у} = 2537,3 - 2329,03 = 208,29 \text{ кВар}$$

Таким образом предприятие нуждается в дополнительной компенсации реактивной энергии на стороне 10кВ. К установке принимаем конденсаторную установку типа КЭПЗ-10,5-150УЗ, которую будем устанавливать на секцию распределительного устройства 10,5кВ.

Суммарная нагрузка завода среднего машиностроения на стороне 110кВ равна:

$$S_{\text{р.г.п.п}} = \sqrt{(812,1 + 108,80)^2 + (537,3 + 544,0 - 150)^2} = 5727,78 \text{ кВА}$$

Согласно проведенным расчетам полная мощность главной понизительной подстанции равна 5727,78 кВА

4 РАСЧЕТ МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПГВ. КАРТОГРАММА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

«Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генеральном плане окружности, центры которых совпадают с центрами нагрузок цехов, а площади окружностей пропорциональны расчетным активным нагрузкам. Каждая окружность делится на секторы, площади которых пропорциональны активным нагрузкам электроприемников с напряжением до 1 кВ, электроприемников с напряжением свыше 1 кВ и электрического освещения» [8]. При этом радиус окружности и углы секторов для каждого цеха соответственно определяются:

$$R = \sqrt{\frac{P_p}{\pi \cdot m}} \quad (4.1)$$

где: P_p – активная расчетная нагрузка всего цеха, кВт

m – масштаб площадей картограммы нагрузок, кВт/м²

$$m = \frac{P_{p.min}}{\pi \cdot R_{min}^2} \quad (4.2)$$

где: $P_{p.min}$ – минимальная расчетная активная мощность одного цеха;

R_{min} – минимальный радиус, $R_{min} = 5$ мм.

Углы секторов для освещения цеха определим по формуле:

$$\alpha_{p.освещ} = \frac{360 \cdot P_{p.освещ}}{\sum P} \quad (4.3)$$

Центр электрических нагрузок предприятия является символическим центром потребления электрической энергии (активной мощности) предприятия, координаты которого находятся по выражениям:

$$x_{ц.н} = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i} \quad (4.4)$$

$$y_{ц.н} = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i} \quad (4.5)$$

где: x_i, y_i – координаты центра i -го цеха на плане предприятия, м.

Расчеты произведенные по формулам (4.1) – (4.5) сведем в таблицу 4.1.

По расчетным данным Таблицы 4.1 определим координаты центра электрических нагрузок

$$x_{ц.н} = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i} = \frac{345935,6}{4754,3} = 72,76 \text{ мм}$$

$$y_{ц.н} = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i} = \frac{218212,1}{4754,3} = 45,89 \text{ мм}$$

Таблица 4.1-Расчет электрических нагрузок завода

Номер цеха на плане	Наименование цеха, отделения, участка	P_p , кВт	$P_{ос.}$, кВт	X_m	Y_m	r , мм	α , град	$P_p \times X$, кВт $\times$ мм	$P_p \times Y$, кВт $\times$ мм
1	Литейный	358,80	82,80	65	20	4,78	83,07	23321,8	7175,94
3	Инструментальный	481,71	161,71	115	35	5,54	120,85	55397,0	16859,96
4	Штамповочный	383,27	183,27	115	25	4,94	172,15	44076,6	9581,87
5	Деревообрабатывающий	340,91	130,91	45	87	4,66	138,24	15340,9	29659,22

Продолжение таблицы 4.1

6	Сборочный	324,42	244,42	110	90	4,55	271,23	35686,2	29197,80
7	Кузнечный	481,28	161,28	70	60	5,54	120,64	33689,7	28876,91
8	Эксперимен- тальный	128,50	78,50	20	25	2,86	219,92	2569,98	3212,48
9	Компрессор- ная	128,77	106,77	50	45	2,86	298,49	6438,32	5794,49
10	Насосная	683,96	131,96	150	70	6,60	69,46	102593, 6	47877,05
11	Лаборатори- я	218,01	154,01	50	100	3,73	254,32	10900,6	21801,25
12	Ремонтно- механическ ий	107,79	50,79	23	45	2,62	169,64	2479,25	4850,71
13	Заводоупра- вление	116,88	103,68	115	114	2,73	319,34	13441,3	13324,46
ИТОГО		4754,3	1590,1					345935, 6	218212,1

Картограмма электрических нагрузок представлена в Приложения Б

5 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ С УЧЕТОМ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

«Выбор трансформаторов цеховых ТП является важным этапом проектирования, существенно влияющим на основные технико-экономические показатели разрабатываемой схемы электроснабжения промышленного предприятия. В общем случае выбор трансформаторов представляет собой достаточно сложную задачу, которая может иметь не одно, а несколько решений, из которых следует выбрать наилучшее. Основой расчетов при этом служит, как правило, технико – экономическое сравнение вариантов.

Мощность трансформаторов цеховой ТП зависит от величины нагрузки электроприемников, их категории по надежности электроснабжения, от размеров площади цеха и т.п. При одной и той же равномерно распределенной нагрузке с увеличением площади цеха должна уменьшаться единичная мощность трансформаторов».

Существует связь между экономически целесообразной мощностью отдельного трансформатора $S_{эт}$ цеховой ТП и плотностью σ электрической нагрузки, эта связь приведена в [4]. Плотность электрической нагрузки цеха определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{S_p}{F_{ц}} \quad (5.1)$$

где - расчетная электрическая нагрузка цеха, кВА;

F - площадь цеха, м².

В Таблице 5.1 представлена связь между плотностью электрической нагрузки цеха и экономически целесообразной мощностью трансформаторов цеховой трансформаторной подстанции.

Таблица 5.1- Плотность электрической нагрузки и мощность трансформатора цеховой ТП

Плотность электрической нагрузки цеха σ , кВА/м ²	0,03...0,05	0,05...0,06	0,06...0,08	0,08...0,11	0,11...0,14	0,14...0,18	0,18...0,25
Экономически целесообразная мощность тр-ра цеховой ТП SЭ.Т, кВ×А	250	400	500	630	800	1000	1250

Выбор цеховых ТП сводится к решению нескольких задач:

- выбор единичной мощности трансформатора;
- выбор числа трансформаторов на подстанции;
- выбор местоположения.

Оптимальное количество трансформаторов всех подстанций цеха обычно определяется по выражению:

$$N_{\text{ТР}}^{\text{ОПТ}} = N_{\text{ТР}} = N_{\text{Тмин}} + m \quad (5.2)$$

где $N_{\text{Тмин}}$ выбирается из условия $N_{\text{Тмин}} = \max(N_{\text{Тмин}}^{\text{Н}}; N_{\text{Тмин}}^{\text{Э}})$;

m - функция, зависящая от $N_{\text{Тмин}}$, $k_{\text{зд}}$, ΔN [3].

$N_{\text{Тмин}}^{\text{Э}}$ считаем по следующей формуле:

$$N_{\text{Тмин}}^{\text{Э}} = \frac{P_{\text{р}}}{k_{\text{зд}} \cdot S_{\text{ЭТ}}} + \Delta N \quad (5.3)$$

где $P_{\text{р}}$ - расчетная активная нагрузка цеха от низковольтных потребителей, кВт; $k_{\text{зд}}$ - допустимый коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме;

$S_{\text{ЭТ}}$ - выбранная номинальная мощность трансформаторов цеховых ТП по таблице 5.1

ΔN - добавка до целого числа;

Полученный результат округляем до ближайшего целого числа.

Мощность конденсаторной установки необходимую для компенсации реактивной энергии определяем по формуле (5.4)

$$Q_{KV} = P_p \cdot (\operatorname{tg} \varphi_\phi - \operatorname{tg} \varphi_3) \quad (5.4)$$

Требуемое значение принимаем равным $\operatorname{tg} \varphi_3 = 0,4$;

$$\operatorname{tg} \varphi_\phi = \frac{Q_p}{P_p} \quad (5.5)$$

Результирующее значение реактивной энергии после компенсации определяется по формуле (5.6)

$$Q_p' = Q_p - NQ_{KV.cm} \quad (5.6)$$

В качестве примера подберем трансформатор для электроснабжения литейного цеха с учетом компенсации реактивной энергии. Расчетная активная и реактивная нагрузка литейного цеха с учетом нагрузки силовых постов равняется: $P_{p_{KTP1}} = 723,85 \text{ кВт}$, $Q_{p_{KTP1}} = 477,19 \text{ кВар}$.

Требуемое значение конденсаторной установки равно:

$$Q_{KV.KTP1} = 723,85 \cdot \left(\frac{477,19}{723,85} - 0,4 \right) = 187,65 \text{ кВар}$$

Для компенсации реактивной энергии KTP1 выбираем конденсаторную установку типа УК-0,4-75-УХЛЗ, которую будем подключать на 1 и 2 секцию KTP.

Значение реактивной энергии после компенсации для KTP1 определим по формуле:

$$Q_p' = 477,19 - 2 \cdot 75 = 327,19 \text{ кВар}$$

Определим плотность электрической нагрузки KTP1 после компенсации реактивной энергии

$$\sigma = \frac{794,37}{6899,76} = 0,11 \text{ кВА / м}^2$$

Для КТП1 выбираем трансформатор типа ТМ-630 кВА

Определяем количество трансформаторов по формуле:

$$N_{\text{тр.КТП1}} = \frac{723,85}{630 \bullet 0,8} = 1,43.$$

Принимаем к установке 2 трансформатора типа ТМ-630кВА.

Выбор компенсирующих устройств представлен в Таблице 5.2. Расчет мощности и количества трансформаторов представлен в Таблице 5.3

Таблица 5.2-Выбор компенсирующих устройств для КТП

№ КТП	№ цеха	Рр, кВт	Qр, кВар	Число и мощность КУ		Марка КУ	Qку, кВар	QрТП, кВар	SpТП, кВА
1	Литейный (СП8+СП9+СП12)	723,86	477,20	2	75	УК-0,4-75-УХЛЗ	150	327,2	794,3
3	Инструментальный	481,71	335,58	2	60	УК-0,4-160-УХЛЗ	120	215,5	527,7
4	Штамповочный	383,27	236,86	2	40	УК-0,4-40-УХЛЗ	80	156,8	414,1
5	Деревообрабатывающий (СП11)	558,92	373,56	2	75	УК-0,4-75-УХЛЗ	150	223,5	601,9
6	Сборочный (СП13)	441,30	198,89	2	10	УК-0,4-10-УХЛЗ	20	178,8	476,1
7	Кузнечный	481,28	335,44	2	60	УК-0,4-60-УХЛЗ	120	215,4	527,3
10	Насосная	683,96	606,70	2	150	УК-0,4-150-УХЛЗ	300	306,7	749,5

Таблица 5.3-Выбор кол-ва и мощности трансформаторов

Номер КТП	Наименование цеха, отделения, участка	Sp, кВА по 0,4кВ	ΣР, кВт по 0,4кВ	Fц, м²	σ, кВА /м²	Стр-р,кВ А	N	Kз	Число трансформаторов	Количество КТП
КТП1	Литейный	794,37	723,8	6899,7	0,12	630	1,44	0,8	2	1
КТП3	Инструментальный	527,75	481,7	10780,8	0,05	400	1,51	0,8	2	1
КТП4	Штамповочный	414,13	383,2	10780,8	0,04	250	1,92	0,8	2	1
КТП5	Деревообрабатывающий	601,98	558,9	7700,6	0,08	400	1,75	0,8	2	1

Продолжение таблицы 5.3

КТП6	Сборочный	476,18	441,3	22220,0	0,02	400	1,38	0,8	2	1
КТП7	Кузнечный	527,30	481,2	9487,1	0,06	400	1,50	0,8	2	1
КТП10	Насосная	749,57	683,9	7762,2	0,10	630	1,36	0,8	2	1

Данные по выбранным трансформаторам сведем в Таблицу 5.4

Таблица 5.4-Номинальные параметры трансформаторов

Тип трансформатора	P _{xx}	P _к	U _к	I _{xx}
ТМ 250/10	0,74	3,7	4,5	2,3
ТМ 400/10	0,95	5,5	4,5	2,1
ТМ 630/10	1,31	7,6	5,5	2

При определении мощности, передаваемой по кабельным линиям предприятия, необходимо учитывать потери мощности в цеховых трансформаторах.

Потери полной мощности в трансформаторах цеховых подстанций ΔS_T складываются из активной ΔP_T и реактивной ΔQ_T составляющих:

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} \quad (5.7)$$

Активная составляющая потерь

$$\Delta P_T = n\Delta P_{xx} + \frac{1}{n}\beta^2\Delta P_{кз} = n\Delta P_{xx} + nk_3^2\Delta P_{кз} \quad (5.8)$$

где n - количество трансформаторов на подстанции;

$\beta = \frac{S_{P\Sigma}}{S_H}$ - отношение суммарной мощности, протекающей по всем трансформаторам группы, к номинальной мощности одного трансформатора;
 k_3 - коэффициент загрузки каждого трансформатора группы в нормальном режиме.

Реактивная составляющая потерь:

$$\Delta Q_T = n\Delta Q_{XX} + \frac{1}{n}\beta^2\Delta Q_{K3} = n\Delta Q_{XX} + nk_3^2\Delta Q_{K3} \quad (5.9)$$

Потери холостого хода:

$$\Delta Q_{XX} = S_H \frac{I_{XX}}{100} \quad (5.10)$$

Потери короткого замыкания:

$$\Delta Q_{K3} = S_H \frac{U_K}{100} \quad (5.11)$$

Ток холостого хода I_{XX} и напряжение короткого замыкания U_K трансформаторов получены из их паспортных данных (Табл. 5.4).

Мощность цеховой ТП на стороне 10 кВ определяется по формуле:

$$S_{ТП\ 10} = \sqrt{(P_{ТПКУ} + \Delta P_T)^2 + (Q_{ТПКУ} + \Delta Q_T)^2} \quad (5.12)$$

В качестве примера рассмотрим расчёт потерь мощности и нахождение мощности на стороне высокого напряжения для цеховой КТП-1

$$\Delta P_T = n \cdot \Delta P_{XX} + n \cdot k_3^2 \cdot \Delta P_{K3} = 2 \cdot 1,31 + 2 \cdot 0,8^2 \cdot 7,6 = 12,34 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{XX} = S_H \cdot \frac{I_{XX}}{100} = 630 \cdot \frac{2,1}{100} = 13,23 \text{ кВар};$$

$$\Delta Q_{K3} = S_H \cdot \frac{U_{K3}}{100} = 630 \cdot \frac{5,5}{100} = 34,65 \text{ кВар};$$

$$\Delta Q_T = n \cdot \Delta Q_{XX} + n \cdot k_3^2 \cdot \Delta Q_{K3} = 2 \cdot 13,23 + 2 \cdot 0,8^2 \cdot 34,65 = 69,55 \text{ кВар};$$

$$S_T = \sqrt{23,85^2 + 12,34^2} + \sqrt{27,19^2 + 69,55^2} = 836,30 \text{ кВА}$$

Результаты расчётов потерь в трансформаторах и мощности ТП на стороне 10 кВ приведены в Таблице В1. Приложения В

6 ВЫБОР СХЕМЫ И КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Распределительную сеть предприятия будем выполнять алюминиевым кабелем в броне из стальных оцинкованных лент в два слоя из полиэтилентерефталатных лент в подушке под броней.

Прокладку кабеля будем производить по эстакаде по причине того, что такой вид проводки обеспечивает более надежную защиту кабеля от механических повреждений и воздействия агрессивных средств грунта.

Распределительную сеть предприятия будем выполнять по радиальному принципу, так как он обеспечивает более высокую надежность проектируемой системы электроснабжения.

«Сечение кабелей распределительной сети предприятия будем выбирать по экономической плотности тока и проверяются по допустимому току кабеля в нормальном режиме работы с учетом условий по его прокладке, по току перегрузки, по потерям напряжения в послеаварийном режиме и термической стойкости к токам короткого замыкания. Расчетный ток в кабельной линии в нормальном режиме:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (6.1)$$

где S_p - мощность которая должна передаваться по кабельной линии в нормальном режиме, кВт·А.

Сечение кабельной линии, определяется по экономической плотности тока:

$$F_3 = \frac{I_p}{j_3} \quad (6.2)$$

где j_3 - экономическая плотность тока, зависящая от типа кабеля и продолжительности максимальной нагрузки [4] $j_3 = 1,4$.

По результатам расчета выбирается кабель, имеющий ближайшее меньшее стандартное сечение по отношению к экономически целесообразному. Допустимый ток кабеля с учетом условий его прокладки:

$$I'_{\text{л}} = \kappa_{\text{л}} \cdot \kappa_t \cdot I_{\text{л}} \geq \frac{I_p}{N_k} \quad (6.3)$$

где $\kappa_{\text{л}}$ - поправочный коэффициент на число параллельно прокладываемых кабелей [4]; κ_t - поправочный коэффициент на температуру среды, в которой прокладывается кабель [4]; N_k - число параллельно прокладываемых кабелей. Допустимая перегрузка кабеля в послеаварийном режиме:

$$I'_{\text{ал}} = \kappa_{\text{ан}} \cdot I'_{\text{л}} \geq \frac{I_{\text{ан}}}{N_k} \quad (6.4)$$

где $\kappa_{\text{ан}}$ - коэффициент перегрузки [4].

Потеря напряжения в кабельной линии определяется по формуле:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot r_0 \cdot l + Q_p \cdot x_0 \cdot l}{N_k \cdot U_H^2} \cdot 100\% \leq 5\% \quad (6.5)$$

где P_p, Q_p - расчетная активная и реактивная нагрузки;

x_0, r_0 - удельное индуктивное и активное сопротивление кабеля, Ом/км».

В качестве примера определим питающий кабель для питания КТП1 и проверим выбранный кабель по потере напряжения.

Расчетный ток питания КТП1 в нормальном режиме работы определим по формуле:

$$I_{\text{рКТП1}} = \frac{S_{\text{рКТП1}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{836,42}{2 \cdot 1,73 \cdot 10} = 24,17 \text{ А}$$

Расчетный ток в аварийном режиме работы определим по формуле:

$$I_{\text{ав.КТП1}} = 2I_{\text{рКТП1}} = 2 \cdot 24,17 = 48,35 \text{ А}$$

Экономическую плотность тока определим по формуле:

$$F_{\text{кТП1}} = \frac{48,35}{1,4} = 34,53 \text{ мм}^2$$

Для питания КТП1 выбираем кабель ААБ2л 3×50мм²

Потери напряжения для кабельной линии определим по формуле:

$$\Delta U_{\text{кТП1}} = \frac{736,2 \bullet 0,12 + 396,74 \bullet 0,017}{10^2} = 0,096 \%$$

Данные по кабельным нагрузкам сведем и по выбранному кабелю распределительной сети сведем в Таблицу Г1 и Таблицу Г2 Приложения Г

7 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

«Аппараты должны удовлетворять условиям длительной номинальной работы, режиму перегрузки (форсированный режим) и режиму возможных коротких замыканий. Аппараты должны соответствовать условиям окружающей среды (открытая или закрытая установка, температура, запыленность, влажность и другие показатели окружающей среды). Как правило, все элементы системы электроснабжения выбираются по номинальным параметрам и проверяются по устойчивости при сквозных токах короткого замыкания и перенапряжениях.

Номинальное напряжение аппарата соответствует классу его изоляции. Всегда имеется определенный запас электрической прочности, оговариваемый техническими условиями на изготовление и позволяющий аппарату работать длительное время при напряжении 10-15% выше номинального (максимальное рабочее напряжение аппарата). Отклонения напряжения на практике обычно не превышают этих значений. Поэтому при выборе аппарата достаточно соблюсти условие:

$$U_{НОМА} \geq U_{НОМ}$$

где $U_{НОМА}$ - номинальное напряжение аппарата;

$U_{НОМ}$ - номинальное напряжение электроустановки, в которой используется аппарат.

Повышению высоты установки аппарата над уровнем моря соответствует снижение применяемого напряжения. При высоте установки аппарата до 1000 м допускаются максимальные рабочие напряжения на аппарате.

При протекании номинального тока при номинальной температуре окружающей среды аппарат может работать неопределенно долго без недопустимого перегрева. Поэтому аппарат надлежит выбирать так, чтобы максимальный действующий рабочий ток цепи не превышал номинального тока, указанного в паспорте аппарата.

Аппараты, выбранные по номинальному напряжению и номинальному току, подлежат проверке на термическую и динамическую стойкость при токах короткого замыкания, на отключающую способность. Измерительные трансформаторы, кроме того, проверяются на соответствие их работы требуемому классу точности».

7.1 Выбор коммутационной аппаратуры на напряжении 110 кВ

Выключатель выбирается:

- по номинальному напряжению,
- по максимальному рабочему току,
- по конструктивному исполнению,
- по климатическому исполнению,
- по категории размещения.

Выключатель проверяется:

- на коммутационную способность по току отключения и включения,
- на электродинамическую стойкость,
- на термическую стойкость,
- на симметричный ток отключения,
- на возможность отключения апериодической составляющей тока КЗ.

Принимая во внимание высокую надёжность и хорошие эксплуатационные характеристики элегазовых выключателей, намечаем их к установке, хотя они примерно в 2 раза дороже маломасляных.

С учетом вышеперечисленных условий выбора и проверки на высокой стороне трансформаторов ПГВ выбираются элегазовые выключатели для эксплуатации в условиях умеренного климата при размещении на открытом воздухе типа ВЭБ-110-40/2500 УХЛ1.

Выключатель имеет до шести встроенных трансформаторов тока ТВГ - 110 на фазу, из которых до 4 предназначаются для цепей релейной защиты.

Для трансформатора с расщеплённой обмоткой мощностью 10000 кВ·А напряжением 110/10 кВ номинальный ток на высокой стороне:

$$I_{\text{ТР}} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Н}}} = \frac{25000}{1.73 \cdot 115} = 50,26 \text{ А}$$

$$\text{Расчётный ток: } I_{\text{РАБ}} = 1.5 \cdot I_{\text{ТР}} = 1.5 \cdot 50,26 = 75,39 \text{ А}$$

Таблица 7.1-Выбор коммутационной аппаратуры на напряжение 110кВ

Наименование электрооборудования	Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
Высоковольтный выключатель ВЭБ-110-40/2500 УХЛ1.	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{Н}}, \text{В}$	$U_{\text{с}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{Н}} = 110 \text{ кВ}$
	$I_{\text{р}} \leq I_{\text{н}}, \text{А}$	$I_{\text{р}} = 75,39 \text{ А}$	$I_{\text{Н}} = 2500 \text{ А}$
	$I_{\text{уд}} \leq I_{\text{пр}}, \text{кА}$	$I_{\text{уд}} = 3,3 \text{ кА}$	$I_{\text{отк.н}} = 40 \text{ кА}$
	$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр}}$	$i_{\text{уд}} = 5 \text{ кА}$	$I_{\text{пр}} = 102 \text{ кА}$
	$B_{\text{К}} \leq I^2 \times t, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{К}} = 15,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{от}}^2 \cdot t_{\text{терм.н}} = 1040,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Разъединитель РПД-2-110/1250УХЛ1	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{Н}}, \text{В}$	$U_{\text{с}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{Н}} = 110 \text{ кВ}$
	$I_{\text{р}} \leq I_{\text{н}}, \text{А}$	$I_{\text{р}} = 50,26 \text{ А}$	$I_{\text{Н}} = 2500 \text{ А}$
	$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр}}$	$i_{\text{уд}} = 5 \text{ кА}$	$I_{\text{пр}} = 102 \text{ кА}$
	$B_{\text{К}} \leq I^2 \times t, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{К}} = 15,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{от}}^2 \cdot t_{\text{терм.н}} = 1040,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Трансформатор тока ТВГ-110-400/5-0,2/5Р УХЛ1	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{Н}}, \text{В}$	$U_{\text{с}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{Н}} = 126 \text{ кВ}$
	$I_{\text{р}} \leq I_{\text{н}}, \text{А}$	$I_{\text{р}} = 50,26 \text{ А}$	$I_{\text{Н}} = 400 \text{ А}$
	$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр}}$	$i_{\text{уд}} = 5 \text{ кА}$	$I_{\text{пр}} = 40 \text{ кА}$
	$B_{\text{К}} \leq I^2 \times t, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{К}} = 15,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{от}}^2 \cdot t_{\text{терм.н}} = 160 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Трансформатор напряжения ЗНГ-110У1	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{Н}}, \text{В}$	$U_{\text{с}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{Н}} = 126 \text{ кВ}$
	$S_{\text{Н}} \leq S_{\text{ном}}$	130	150
Ограничитель перенапряжения ОПН-110У1	$U_{\text{уст}} / \sqrt{3} \leq U_{\text{Н}}, \text{В}$	63,58	73

В трансформаторах 110/10 кВ в первичной обмотке предусматриваем установку заземлителя нейтрали типа ЗОН-110-УХЛ1 и ограничитель перенапряжения типа ОПН-110, предназначенный для защиты нейтрали трансформатора от коммутационных и атмосферных перенапряжений.

7.2 Выбор коммутационной аппаратуры (ячеек) на напряжение 10,5 кВ

Все высоковольтные потребители ПГВ и РП (цеховые трансформаторы, высоковольтные двигатели) подсоединяют к шинам ПГВ посредством высоковольтных ячеек (шкафов) КРУ. В настоящем проекте в качестве коммутационных аппаратов принимаются к установке ячейки КРУ «Самарского завода «Электрощит» типа КРУ СЭЩ-63(К-63) на номинальные токи выключателей от 1000 А и 1600 А для отходящих линий и типа КРУ СЭЩ-61М (К-61М) для вводных и секционных ячеек на номинальные токи выключателей до 3150 А. Во вводных и секционных ячейках 10,5 кВ выбраны вакуумные выключатели типа ВВУ-СЭЩ-10-ЭЗ- 31,5(40)/2000, а в ячейках отходящих линий - вакуумные выключатели типа ВВУ-СЭЩ-6-ЭЗ-10(20)/1000.

Такое решение позволяет существенно повысить производительность монтажных работ, сократить стоимость подстанции, повысить надежность электроснабжения и безопасность обслуживания. Выбор конкретной ячейки КРУ с выключателем зависит от токов рабочего режима и короткого замыкания в соответствующем присоединении, предопределяющих выбор выключателя или другого коммутационного аппарата».

Таблица 7.2 – Основные параметры выключателей РУ НН ППЭ

Тип выключателя	U _Н , кВ	I _Н , А	I _{Н.ОТКЛ} , кА	I _{ПРЕД.СКВ.} , кА		I _{Н.ВКЛ} , кА		I _Т t, кА с	t _{от.соб.} , с
				пик	периодичес.	пик	периодичес.		
ВВУ-СЭЩ-10-31,5..40/2500	10	1600 3150	31,5 40,0	80 100	31,5 40	80 100	31,5 40	40/3	0,03
ВВУ-СЭЩ -10-20...31,5/1000, 1600	10	1000 1600	20 31,5	50 79	20 31,5	50 79	20 31,5	20/3	0,03

Выбор высоковольтных выключателей производится:

по напряжению электроустановки

$$U_{НОМ.А} \geq U_{НОМ}$$

где $U_{НОМ.А}$ - номинальное напряжение аппарата;

$U_{НОМ}$ - номинальное напряжение электроустановки, в которой используется аппарат по длительному току

$$I_{РАБМАК} \leq I_{НОМ}$$

где $I_{НОМ}$, - номинальный ток выключателя, кА;

$I_{РАБ МАК}$ - наибольший ток утяжеленного режима кА.

Для вводных выключателей наибольшим током утяжеленного режима является номинальный ток трансформатора с учётом возможной 1,4-кратной перегрузки, а для секционных выключателей - длительный рабочий ток самого мощного трансформатора.

Номинальный ток трансформатора мощностью 10000 кВ·А на низкой стороне определим по формуле:

$$I_{ТР} = \frac{10000}{1.73 \cdot 2 \cdot 10,5} = 275,54 \text{ А}$$

Расчётный ток:

$$I_P = 1,4 I_{ТР} = 1,4 \cdot 275,54 = 385,35 \text{ А}$$

Для выключателей отходящих линий (для самой загруженной линии питания литейного цеха №1):

$$I_{лит} = \frac{836,3}{1.73 \cdot 2 \cdot 10,5} = 23,01 \text{ А}$$

Данные по выбранной коммутационной аппаратуре сведем в Таблицу

7.3

Таблица 7.3-Выбор коммутационной аппаратуры на напряжение 10,5 кВ

Наименование электрооборудования	Условия выбора	Расчетные данные	Каталожные данные
Высоковольтный вводной и секционный выключатель ВВУ-СЭЩ-10-20/1000	$U_{уст} \leq U_H, В$	$U_c = 10,5 \text{ кВ}$	$U_H = 10,5 \text{ кВ}$
	$I_p \leq I_H, А$	$I_p = 385,35 А$	$I_H = 1000 А$
	$I_{уд} \leq I_{пр}, \text{ кА}$	$I_{уд} = 6,9 \text{ кА}$	$I_{отк.н} = 20 \text{ кА}$
	$i_{уд} \leq i_{пр}$	$i_{уд} = 15,7 \text{ кА}$	$I_{пр} = 50 \text{ кА}$
	$B_K \leq I^2 \times t, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 15,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{от}^2 \cdot t_{терм.н} = 250 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Высоковольтные выключатели отходящих линий ВВР-10-20/630	$U_{уст} \leq U_H, В$	$U_c = 10,5 \text{ кВ}$	$U_H = 12 \text{ кВ}$
	$I_p \leq I_H, А$	$I_p = 23,01 А$	$I_H = 630 А$
	$I_{уд} \leq I_{пр}, \text{ кА}$	$I_{уд} = 7,1 \text{ кА}$	$I_{отк.н} = 20 \text{ кА}$
	$i_{уд} \leq i_{пр}$	$i_{уд} = 13,4 \text{ кА}$	$I_{пр} = 51 \text{ кА}$
	$B_K \leq I^2 \times t, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 17,95 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{от}^2 \cdot t_{терм.н} = 260,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Трансформатор тока вводной ТОЛ-СЭЩ-10,5-400/5-0,2 У2	$U_{уст} \leq U_H, В$	$U_c = 10,5 \text{ кВ}$	$U_H = 12 \text{ кВ}$
	$I_p \leq I_H, А$	$I_p = 383,35 А$	$I_H = 400 А$
	$i_{уд} \leq i_{пр}$	$i_{уд} = 15,7 \text{ кА}$	$I_{пр} = 100 \text{ кА}$
	$B_K \leq I^2 \times t, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 15,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{от}^2 \cdot t_{терм.н} = 1000 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Трансформатор тока отходящих линий ТОЛ-СЭЩ-10,5-50/5-0,2 У2	$U_{уст} \leq U_H, В$	$U_c = 10,5 \text{ кВ}$	$U_H = 12 \text{ кВ}$
	$I_p \leq I_H, А$	$I_p = 23,01 А$	$I_H = 50 А$
	$i_{уд} \leq i_{пр}$	$i_{уд} = 13,3 \text{ кА}$	$I_{пр} = 17,5 \text{ кА}$
	$B_K \leq I^2 \times t, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_K = 17,68 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{от}^2 \cdot t_{терм.н} = 30,62 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Трансформатор напряжения 3×3НОЛ-СЭЩ-10,5-0,2-30У2	$U_{уст} \leq U_H, В$	$U_c = 10,5 \text{ кВ}$	$U_H = 12 \text{ кВ}$
	$S_H \leq S_{ном}$	24	30

7.3 Выбор оборудования трансформаторной подстанции 10,5/0,4 кВ

Оборудование трансформаторной подстанции состоит из силового трансформатора и распределительного устройства низкого напряжения со сборными шинами и коммутационной аппаратурой для защиты сборных шин и отходящих потребителей.

Выбор автоматических выключателей КТП производится по напряжению электроустановки

$$U_{\text{НОМ.А}} \geq U_{\text{НОМ}}$$

где $U_{\text{НОМ.А}}$ - номинальное напряжение аппарата;

$U_{\text{НОМ}}$ - номинальное напряжение электроустановки, в которой используется аппарат по длительному току

$$I_{\text{РАБ МАК}} \leq I_{\text{НОМ}}$$

где $I_{\text{НОМ}}$ - номинальный ток выключателя, кА;

$I_{\text{РАБ МАК}}$ - наибольший ток утяжеленного режима кА.

Для вводных выключателей наибольшим током утяжеленного режима является номинальный ток трансформатора с учётом возможной 1,4-кратной перегрузки, а для секционных выключателей - длительный рабочий ток самого мощного трансформатора.

Подберем автоматические выключатели для КТП1 электроснабжения литейного цеха. КТП1 включает в себя два трансформатора типа ТМ-630/10.

Номинальный ток на вводный автоматический выключатель на секцию определим по формуле:

$$I_{\text{ТР}} = \frac{630}{1.73 \cdot 2 \cdot 0.4} = 455,2 \text{ А}$$

Расчётный ток:

$$I_p = 1,4 I_{\text{ТР}} = 1,4 \cdot 455,2 = 637,28 \text{ А}$$

Для вводного и секционного автоматического выключателя КТП1 выбираем автоматический выключатель ВА-СЭЩ-АС 1000. На номинальный ток $I_n = 1000 \text{ А}$.

Автоматические выключатели для остальных трансформаторных подстанций, сведен в Таблицу 7.4

Таблица 7.4-Выбор коммутационной аппаратуры для КТП

Комплектная трансформаторная подстанция	Тип вводного автоматического выключателя	Тип вводного секционного выключателя
КТП1	ВА-СЭЩ-АС 1000	ВА-СЭЩ-АС 1000
КТП3	ВА-СЭЩ-АС 800	ВА-СЭЩ-АС 800
КТП4	ВА-СЭЩ-АС 800	ВА-СЭЩ-АС 800
КТП5	ВА-СЭЩ-АС 800	ВА-СЭЩ-АС 800
КТП6	ВА-СЭЩ-АС 800	ВА-СЭЩ-АС 800
КТП7	ВА-СЭЩ-АС 800	ВА-СЭЩ-АС 800
КТП10	ВА-СЭЩ-АС 1000	ВА-СЭЩ-АС 1000

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении дипломной работы дана краткая характеристика завода, определена расчетная нагрузка цехов и завода в целом, найден центр электрических нагрузок завода, осуществлён выбор компенсирующих устройств и системы распределения электроэнергии предприятия.

Электроснабжение завода осуществляется от подстанции энергосистемы по двум воздушным ЛЭП-110кВ, выполненным проводом марки АС-95 на двучепных железобетонных опорах.

Подстанция глубокого ввода (ПГВ) расположена с минимальным смещением от найденного расчетным путем центра электрических нагрузок.

На ПГВ установлены два трансформатора типа ТДН-10000/110.

Большинство цеховых подстанций выполнено двух трансформаторными. В некоторых цехах установлены силовые пункты, которые получают питание от ближайших ТП. Высоковольтные потребители получают питание непосредственно с РУ-10кВ ПГВ.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что с учетом того факта, что машиностроительный завод не прошел капитальный ремонт со времени строительства, выпускной проект позволит нам, в полной мере подготовиться к предстоящей реконструкции. Применяемая методика подтвердила, что состояние электрической части подстанции не соответствует существующим нормам и правилам, и нуждается в реконструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2011. - 854 с.
2. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.12г. - 87 / Минэнерго СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 56 с.
3. Долгинов, А.И. Техника высоких напряжений в электроэнергетике. / А.И. Долгинов. - М.: Энергия, 1968. - 464 с.
4. Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-98/ Под ред. Б.Н. Неклепаева. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. - 144 с.
5. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 456 с.
6. Справочник по проектированию электрических сетей. Под редакцией Д.Л. Файбисовича. - 3-е изд., - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2009. - 392 с.
7. Опалева, Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. / Г.Н. Опалева - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. - 480 с.
8. Барыбин, Ю.Г. Справочник по проектированию электроснабжения. / Ю.Г. Барыбин, Л.Е. Федоров. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.
9. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТ РМ-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2011. - 206 с.
10. Гофман, Г.Д., Справочник сметчика по электрическим сетям. / Г.Д. Гофман. М.: Энергоатомиздат, 1985.
11. Чернобровов, Н.В., Релейная защита. / Н.В. Чернобровов. - М, Энергия, 1974.
12. Найфельд, М.Р. Заземление и другие защитные меры. /М.Р. Найфельд - М.: Энергия, 1975.

13. Федоров, А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. / А.А. Федоров, Л.Е. Старкова. - М.: Энергоатомиздат, 1987.
14. «ielectro» информационная система [Электронный ресурс] : URL: <http://www.ielectro.ru/> (Дата обращения:17.03.2018)
15. Степкина Ю. В. Вахнина В. В. Электрооборудование станций и подстанций предприятий : учеб. пособие Т. : ТГУ, 2009. 68 с.
16. W. Erickson, D. Maksimovic. Fundamentals of Power Electronics, Second Edition, R. / N.J : 2000. 873 p.
17. P. T. Krein. Elements of Power Electronics, / N.Y : 1998. 746 p.
18. P. Konstantin, M. Konstantin. The Power Supply Industry: Best Practice Manual for Power Generation and Transport, Economics and Trade, / B : 2018. 393 p.
19. P. Konstantin, M. Konstantin. Power and Energy Systems Engineering Economics: Best Practice Manual, / B : 2018. 188 p.
20. V. Gurevich . Power Supply Devices and Systems of Relay Protection, / B. R. : 2013. 264 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А-Г

Приложение А

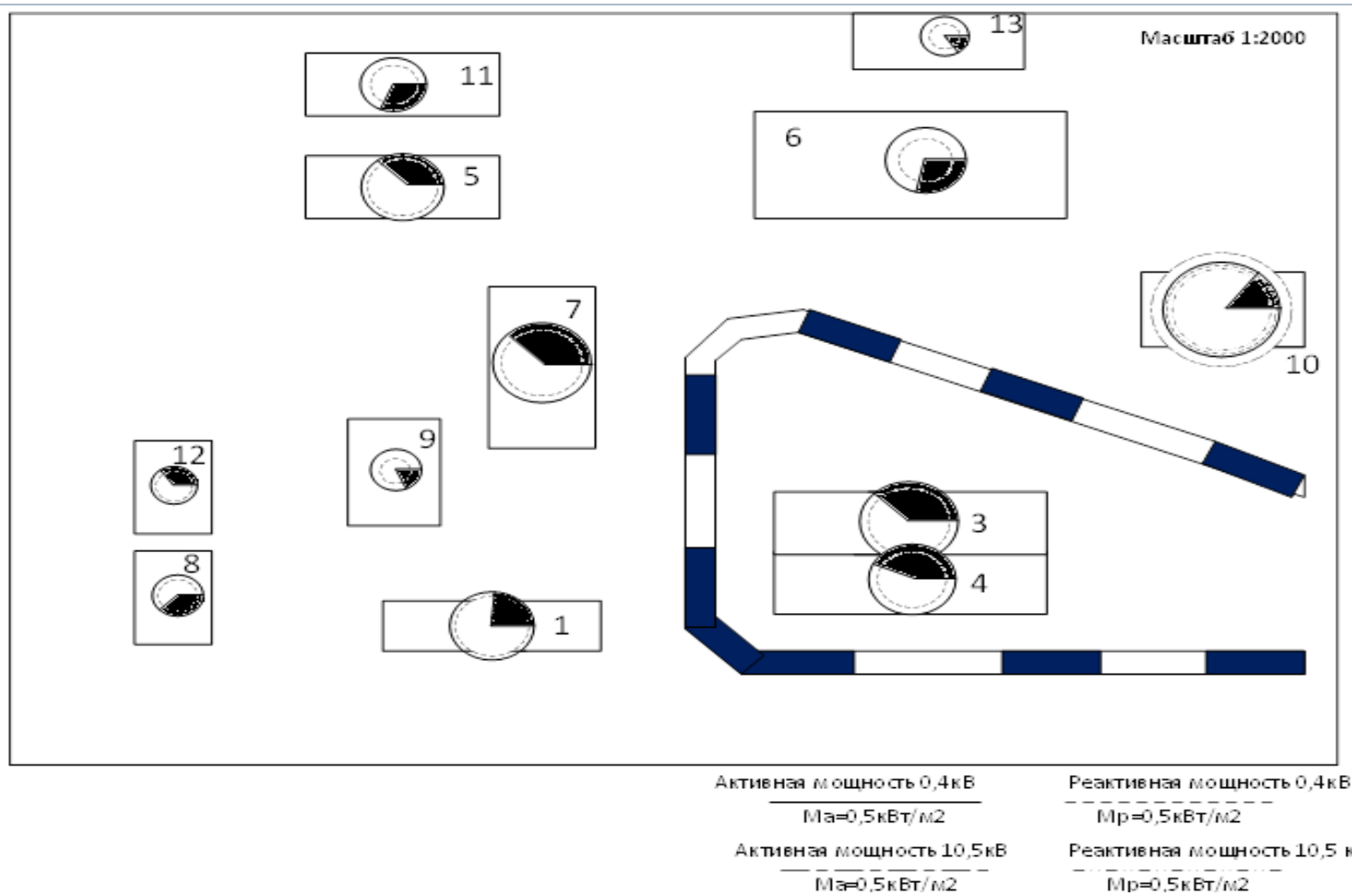
Таблица А

Но мер цеха на плане	Наименование цеха, отделения, участка	Установле нная мощность $P_{ном}$ электропри ёмников, напряжени ем 0,4 кВ, кВт	Коэффи циент спроса, K_c	$\cos$ φ		$T_{гф}$	P_p , кВт	Q_p , кВар	$P_{уд.осве}$	$F_{ц}$, м ²	Росвещ , кВт	Q , кВар
1	Литейный	690	0,4	0,75		0,8 8	276	243,4 1	0,012	6899,76	82,80	27,32
3	Инструментальны й	800	0,4	0,75		0,8 8	320	282,2 1	0,015	10780,88	161,71	53,37
4	Штамповочный	500	0,4	0,75		0,8 8	200	176,3 8	0,017	10780,88	183,27	60,48
5	Деревообрабатыва ющий	300	0,7	0,7		1,0 2	210	214,2 4	0,017	7700,63	130,91	43,20
6	Сборочный	200	0,4	0,75		0,8 8	80	70,55 3	0,011	22220,00	244,42	80,66
7	Кузнечный	800	0,4	0,75		0,8 8	320	282,2 1	0,017	9487,17	161,28	53,22
8	Эксперимент	250	0,2	0,7		1,0	50	51,01	0,017	4617,60	78,50	25,90

Продолжение таблицы А

9	Компрессорная	55	0,4	0,75		0,8 8	22	19,40 2	0,017	6280,38	106,77	35,23
10	Насосная	920	0,6	0,7		1,0 2	552	563,1 5	0,017	7762,23	131,96	43,55
11	Лаборатория	160	0,4	0,7		1,0 2	64	65,29 3	0,02	7700,63	154,01	50,82
12	Ремонтно-механический	190	0,3	0,7		1,0 2	57	58,15 2	0,011	4617,60	50,79	16,76
13	Заводоуправление	33	0,4	0,7		1,0 2	13,2	13,46 7	0,017	6098,90	103,68	34,21
	ИТОГО нагрузка по силовому оборудованию по 0,4кВ						2164,2	2039,5				
	ИТОГО нагрузка по освещению										1590,10	524,736
	ИТОГО суммарная нагрузка по 0,4кВ						3754,3	2564,2				

Приложение Б



Приложение В

Таблица В1

Номер КТП	Тип трансформ атора	Число трансфо рматоро в	Кз	P _{xx}	P _к	U _к	I _{xx}	Стр- р,кВА	ΣP, кВт по 0,4кВ	Q _p ТП, кВар	ΔP _{т,кВт}	ΔQ _{т, кВар}	S _{т, кВА}
КТП1	ТМ 630/10	2	0,8	1,31	7,6	5,5	2	630	723,8	327,20	12,34	69,55	836,3
КТП3	ТМ 400/10	2	0,8	0,95	5,5	4,5	2,1	400	481,7	215,5	8,94	39,84	553,1
КТП4	ТМ 250/10	2	0,8	0,74	3,7	4,5	2,3	250	383,2	156,8	6,216	25,9	430,2
КТП5	ТМ 400/10	2	0,8	0,95	5,5	4,5	2,1	400	558,9	223,5	8,94	39,84	625,9
КТП6	ТМ 400/10	2	0,8	0,95	5,5	4,5	2,1	400	441,3	178,8	8,94	39,84	500,5
КТП7	ТМ 400/10	2	0,8	0,95	5,5	4,5	2,1	400	481,2	215,4	8,94	39,84	552,7
КТП10	ТМ 630/10	2	0,8	1,31	7,6	5,5	2	630	683,9	306,7	12,34	69,55	791,4

Приложение Г

Таблица Г1

Начало линии	Конец линии	R0, ом/км	X0, ом/км	Длинна,м	Длинна,км	ΔРл, кВт	ΔQл, кВт	Рл, кВт	Qл, кВт	Spл, кВА
Линии к ТП										
ПГВ	КТП1	0,625	0,09	194,25	0,19	0,12	0,017	736,20	396,75	836,42
ПГВ	КТП3	0,625	0,09	416,25	0,42	0,26	0,037	490,65	255,42	553,40
ПГВ	КТП4	0,625	0,09	388,5	0,39	0,24	0,035	389,49	182,76	430,47
ПГВ	КТП5	0,625	0,09	444	0,44	0,28	0,040	567,86	263,40	626,25
ПГВ	КТП6	0,625	0,09	721,5	0,72	0,45	0,065	450,24	218,73	501,00
ПГВ	КТП7	0,625	0,09	610,5	0,61	0,38	0,055	490,22	255,28	553,07
ПГВ	КТП10	0,625	0,09	1110	1,11	0,69	0,100	696,31	376,25	792,12
Линии к РУ10кВ										
ПГВ	Синхр. электр. СДЗ-2-250- 1500У3	0,625	0,09	1110	1,11	0,69	0,0999	1000	484,32	277,94
Линии к СП										
КТП1	СП8	0,261	0,081	166,5	0,17	0,04	0,013	128,54	76,92	149,84
КТП1	СП9	0,261	0,081	55,5	0,06	0,01	0,004	128,78	54,64	139,90
КТП1	СП12	0,326	0,0602	222	0,22	0,07	0,013	107,86	74,92	131,40
КТП5	СП11	0,13	0,075	83,25	0,08	0,01	0,006	218,02	116,12	247,03
КТП6	СП13	0,26	0,060	194,25	0,19	0,05	0,012	116,93	47,69	126,33

Таблица Г2

Начало линии	Конец линии	Число линии	Число ниток в линии	Расчетный ток линии в нормальном режиме, А	Расчетный ток линии в аварийном режиме, А	Рэ,мм²	Кабель	Идоп, А	ΔU, %
Линии к ТП									
ПГВ	КТП1	2	1	24,17	48,35	34,53	ААБ2л3×50	134	0,096
ПГВ	КТП3	2	1	15,99	31,99	22,85	ААБ2л 3×50	134	0,137
ПГВ	КТП4	2	1	12,44	24,88	17,77	ААБ2л3×50	134	0,101
ПГВ	КТП5	2	1	18,10	36,20	25,86	ААБ2л3×50	134	0,168
ПГВ	КТП6	2	1	14,48	28,96	20,69	ААБ2л3×50	134	0,217
ПГВ	КТП7	2	1	15,98	31,97	22,84	ААБ2л3×50	134	0,201
ПГВ	КТП10	2	1	22,89	45,79	32,71	ААБ2л3×50	134	0,521
Линии к сихронным электродвигат. 10кВ									
ПГВ	Синхр. электр. СДЗ-2- 250-1500У3	1	1	16,07	32,13	22,95	ААБ2л3×50	134	0,742
Линии к СП									
КТП1	СП8	2	1	108,27	108,27	77,34	ААБ2л3×120	248	2,070
КТП1	СП9	2	1	101,09	101,09	72,21	ААБ2л3×120	248	0,660
КТП1	СП12	2	1	94,94	94,94	67,82	ААБ2л3×95	219	2,752
КТП5	СП11	2	1	178,49	178,49	127,49	ААБ2л3×240	359	1,068
КТП6	СП13	1	1	182,57	182,57	130,40	ААБ2л3×95	219	4,040