

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
РГП «Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова»

Наби И.А.

Кошкин И.В.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Учебное пособие



Костанай 2015г.

УДК 621.311.1
ББК 31.29-5я73
Н13

Авторы.

Наби Искак Айткулович, доктор педагогических наук, профессор кафедры электроэнергетики и физики

Кошкин Игорь Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики физики.

Рецензенты:

Кушнир В.Г. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Машин, тракторов и автомобилей КГУ имени А.Байтурсынова

Моисеенко О.В. – кандидат технических наук, заведующий кафедрой транспорт и сервис КИиЭУ, Костанай

Есимханов С.Б. – кандидат технических наук, декан Инженерно-технического факультета, КГУ имени А.Байтурсынова

И.А.Наби, И.В.Кошкин

Н13 Проектирование систем электроснабжения. – Учебное пособие. Костанай: Костанайский государственный университет имени А.Байтурсынова.

ISBN _____

В учебном пособии даны рекомендации по организации курсового проектирования на тему «Проектирование электроснабжения предприятия», а также приведена методика расчета курсового проекта.

Написано в соответствии с ГОСО РК 5.04.019-2011 Высшее образование. Бакалавриат. Основные положения образования, и предназначено для студентов инженерных специальностей электротехнического направлений обучения.

ББК 13
УДК 621.311.1

Утверждено учебно-методическим советом КГУ имени А.Байтурсынова, протокол № ____ от _____.20__ г.

ISBN _____

© Костанайский
государственный
университет, 2015

Содержание

Введение	4
1 Область применения.....	6
2 Нормативные ссылки.....	6
3 Обозначения и сокращения.....	6
4 Общие положения.....	6
5 Этапы выполнения работы.....	8
6 Содержание и структура работы.....	10
7 Правила оформления работы.....	12
8 Указания к выполнению основной части работы.....	18
9 Порядок защиты курсовой работы.....	52
10 Список использованных источников	53
Приложение А Варианты заданий на курсовую работу.....	54
Приложение Б Образец оформления задания на курсовую работу.....	76
Приложение В Образец оформления титульного листа курсовой работы...	77
Приложение Г Образец оформления списка использованных источников..	78
Приложение Д Форма рецензии на курсовую работу.....	79
Приложение Е. Коэффициенты спроса и мощности	80
Приложение Ж Данные к расчету однофазного короткого замыкания	85

Введение

Учебное пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Проектирование систем электроснабжения» предназначено для студентов инженерных специальностей электротехнического направления обучения.

Пособие состоит из двух разделов:

1. Рекомендации по организации курсового проектирования на тему «Проектирование систем электроснабжения». В данном разделе приводятся требования к курсовому проекту, его структуре, содержанию, тематике, объему, оформлению расчетной части иллюстраций и таблиц. Отражены организация и содержание консультаций, порядок защиты и оценки курсового проекта.

2. Методические указания для студентов по выполнению отдельных разделов курсового проекта.

«Проектирование систем электроснабжения» является профилирующей дисциплиной и позволяет расширить познания по модулю «Основы проектирования СЭС».

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать

- принципы, методы и алгоритмы проектирования систем электроснабжения и электроустановок предприятий минерально-сырьевого комплекса с применением современных технических средств.

уметь

- производить расчеты электрических нагрузок и показателей надежности объектов горного производства, режимов напряжения и реактивной мощности; производить выбор оптимальных схем и параметров электроснабжения, проектировать электроподстанции, установки поперечной и продольной компенсации, фильтрокомпенсирующие устройства; устройства защиты и электросетевой автоматики линий электропередачи, трансформаторов, шин, распределительных устройств и потребителей электроэнергии.

владеть

- навыками работы с проектно-сметной документацией, нормативными базами и методами обеспечения электробезопасности на стадии проектирования систем электроснабжения предприятий минерально-сырьевого комплекса.
- навыками применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- навыками обработки результатов экспериментов.

быть компетентным

- в вопросах обобщения, анализа, восприятия информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;
- к самостоятельной, индивидуальной работе, принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции;
- демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовностью использовать основные законы в профессиональной

- деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- готовым работать над проектами электроэнергетических и электротехнических систем и их компонентов;
 - в разработке простых конструкций электроэнергетических и электротехнических объектов;
 - в обосновании принятия конкретного технического решения при создании электроэнергетического и электротехнического оборудования;
 - в расчетах схем и элементов основного оборудования, вторичных цепей, устройств защиты и автоматики электроэнергетических объектов

1 Область применения

Настоящее учебное пособие содержит требования к выполнению, оформлению и защите курсовой работы по дисциплине «Проектирование систем электроснабжения», выполняемые студентами инженерных специальностей электротехнического направления.

2 Нормативные ссылки

Учебное пособие разработано в соответствии с Методическими инструкциями. Требования к выполнению, оформлению и защите курсовых и дипломных работ с изменениями от 31.01.2014г КГУ имени А.Байтурсынова.

3 Обозначения и сокращения

- РК – Республика Казахстан;
- СТ РК – Стандарт Республики Казахстан;
- ГОСО – Государственный общеобязательный стандарт образования;
- ПК– персональный компьютер;
- ГОСТ – Государственный стандарт;
- НТО – новые технологии обучения;
- МОН РК – Министерство образования и науки Республики Казахстан;
- ГАК – Государственная аттестационная комиссия.

4 Общие положения

Курсовой проект является одним из важных видов учебной деятельности, и представляют собой самостоятельную работу студентов университета на одну из предложенных ему руководителем тем по программе дисциплины.

Целью выполнения курсового проекта, является:

- систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний и практических навыков по дисциплине и применение их при решении конкретных технических задач;
- развитие навыков ведения самостоятельной работы и овладение современной методикой проектирования;
- подготовка студента к дипломному проектированию по направлению организация систем электроснабжения аграрных и промышленных предприятий.

Сроки выполнения определяются учебным планом. Разработка тематики курсовых проектов (КП) производится преподавателями кафедры и руководителем программы. Тема может быть связана с производственной (профессиональной) практикой студента. Курсовой проект может стать составной частью (разделом, главой) выпускной работы (дипломного проекта).

Общее руководство и контроль за ходом выполнения курсового проекта осуществляет преподаватель дисциплины.

На время выполнения проекта планируются консультации за счет объема времени, отведенного в рабочем учебном плане на проведение СРОП.

В ходе консультаций преподаватель разъясняет назначение и задачи, структуру и объем, принципы разработки и оформления, распределение времени, отвечает на вопросы.

Курсовой проект должна обладать:

- целевой направленностью;
- четкой структурой;
- логической последовательностью изложения материала;
- глубиной исследования и полнотой освещения вопросов;
- убедительностью аргументации;
- краткостью и точностью формулировок;
- конкретностью изложения результатов работы;
- доказательностью выводов и обоснованностью рекомендаций;
- соответствием требованиям к ее оформлению.

Защита курсового проекта является обязательной и проводится за счет объема времени, предусмотренного на изучение дисциплины.

Студент, получивший неудовлетворительную оценку, имеет право выбрать новую тему или, по решению преподавателя, дорабатывает выбранную ранее. Сроки устанавливаются новые в период летнего семестра.

Оценка курсового проекта производится согласно методике балльно-рейтингового контроля знаний студента по дисциплине «Проектирование СЭС». Рейтинговым контролем охватываются следующие виды учебной работы студентов по курсовому проектированию:

- 1) составление и написание пояснительной записки – организуемая самостоятельная работа студентов (орг. СРС);
- 2) выполнение графической части курсового проекта – организуемая самостоятельная работа студентов (орг. СРС);
- 3) защита курсового проекта.

Распределение баллов по видам контроля дано в таблице 1.

Тематика курсовых проектов:

- Электроснабжение завода режущих инструментов.
- Электроснабжение металлургического завода.
- Электроснабжение нефтеперерабатывающего завода.
- Электроснабжение завода торгового машиностроения.
- Электроснабжение комбината стройиндустрии.
- Электроснабжение химического завода.
- Электроснабжение электроаппаратного завода.
- Электроснабжение завода горношахтного оборудования.
- Электроснабжение деревообрабатывающего завода.
- Электроснабжение текстильного комбината.

Таблица 1 – Распределение баллов по видам контроля

Вид работы	Оценка	
	min	max
Характеристика нагрузок, классификация объектов, расчет нагрузок	0	100
Построение картограммы нагрузок	0	100
Определение количества ТП	0	100
Расчет и выбор компенсирующих устройств.	0	100
Выбор мощности трансформаторов ТП	0	100
Выбор сечения линий 0,38 и 10 кВ	0	100
Выполнение ГЧ. лист 1. «Генеральный план с сетями электроснабжения»	0	100
Определение расчетных нагрузок предприятия	0	100
Выбор мощности трансформаторов ГПП	0	100
Расчет токов короткого замыкания	0	100
Расчет и выбор аппаратов защиты	0	100
Выполнение ГЧ лист 2. «Однолинейная схема электроснабжения»	0	100
Итого за семестр	0	100
Защита курсового проекта	0	100
Итоговая оценка	0	100

5 Этапы выполнения работы

5.1 Ознакомление с литературой

Начальным этапом работы является изучение литературы: учебников, монографий, периодических отечественных и зарубежных изданий, нормативно-справочных и патентных материалов, непубликуемых документов (депонированных рукописей; диссертаций, архивных материалов); просмотрены должны быть все виды источников, связанные с темой исследования.

Подбор литературы целесообразно начинать с изучения книг и изданий, которые рекомендованы руководителем. Затем следует ознакомиться с информационными изданиями, цель выпуска которых - оперативная информация, как о самих публикациях, так и об их основном содержании. Такие издания подразделяются на три вида:

- библиографические издания, которые содержат библиографическое описание, извещающие о том, что издано по интересующему вопросу;
- реферативные издания, которые содержат публикации рефератов, включающих краткое изложение содержания, основные фактические сведения и выводы из опубликованных работ (реферативный журнал - РЖ по отраслям наук, реферативные сборники, экспресс- информация);
- обзорные издания, которые содержат обзор публикаций по одной проблеме или направлению.

Изучение литературы следует продолжать, переходя от общих работ, дающих представление об основных вопросах, к которым примыкает избранная тема, к поиску нового материала. Возможно использование данных, полученных при помощи глобальной информационной сети Интернет.

Во всех случаях отбирать следует только последние данные, выбирать самые авторитетные источники. При отборе фактов из литературных источников необходимо подходить к ним критически, так как наука, техника и культура постоянно развиваются и то, что считалось абсолютно точным вчера, сегодня может оказаться неточным, а иногда и неверным.

Отобранный материал следует тщательно регистрировать, одновременно составляя библиографическое описание, в которое входят и Интернет-источники и материалы научной периодической печати за 5 последних лет.

5.2 Выбор методов проектирования

Курсовой проект по проектированию системы электроснабжения предприятия состоит в создании модели системы электроснабжения предприятия, представленной в разработанных чертежах, схемах, таблицах и описаниях, разработанной на основании анализа и логической переработки исходной информации, выполнения инженерных расчетов и технико-экономического сравнения нескольких альтернативных вариантов.

Курсовой проект должна иметь целью достижение оптимального конечного результата, т.е. оптимального проекта. Под оптимальным проектом подразумевается проект, имеющий наименьшие приведенные расчетные затраты при эксплуатации и строительстве объекта, обеспечивающий выполнение всех нормативных требований к качеству и надежности электроснабжения.

Процесс проектирования является творческой работой, при выполнении которой могут быть предложены не известные ранее науке и практике инженерные решения. Вместе с тем при проектировании всегда следует считаться с рядом ограничений, к основным из которых относятся следующие:

- ограничения, вытекающие из требований обязательных нормативных, директивных и руководящих документов, к основным из которых относятся строительные нормы и правила (СНиП), инструкции по проектированию (СН), правила устройства электроустановок (ПУЭ), правила технической эксплуатации (ПТЭ), правила техники безопасности (ПТБ), государственные стандарты (ГОСТ), отраслевые стандарты (ОСТ), руководящие документы (РД), руководящие материалы по проектированию (РУМ);

- ограничения, вызванные особенностями и свойствами оборудования (габаритами, расположением точек подключения энергоносителей, требованиями к режиму работы оборудования и др.);

- строительные ограничения, вызванные нормируемыми строительными габаритами (размерами пролетов, проходов, проемов), а также взаимной увязкой различных технологических и инженерных коммуникаций;

- привязочные ограничения, вызванные необходимостью увязки проектируемых инженерных сооружений с существующими на площадке, а также с

необходимостью выполнения требований технических условий на подключение к существующим инженерным коммуникациям, выданных эксплуатирующими организациями.

Исходя из темы задания на проектирование, студент под руководством научного руководителя решает вопрос о выборе методов проектирования, которые служат инструментом для достижения поставленной в работе цели.

6 Содержание и структура работы

Курсовой проект состоит из пояснительной записки объемом 30 ÷ 40 страниц машинописного текста и 2-х чертежей формата А3 (А1).

Пояснительная записка к курсовому проекту должна включать следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- задание по выполнению работы,
- содержание;
- введение;
- основную часть;
- заключение (выводы);
- список использованных источников;
- приложения (при необходимости).

Титульный лист является первой страницей работы и служит источником информации, необходимой для обработки и поиска документа. Образец оформления титульного листа курсовой работы приведен в приложении В. Титульный лист входит в общую нумерацию страниц работы, но на нем номер страницы (цифра «1») не проставляется.

Задание на курсовую работу выполняется по установленной форме (приложение В) и вкладывается в пояснительную записку, к заданию прикладываются исходные данные для выполнения курсовой работы в соответствии с полученным вариантом (приложение А).

Содержание включает введение, порядковые номера и наименования всех разделов, подразделов, заключение, список использованных источников и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы работы (проекта). Заголовки содержания (рубрики) должны точно повторять заголовки в тексте, сокращать или давать их в другой формулировке нельзя. Заголовки одинаковых ступеней рубрикации необходимо располагать друг под другом. Заголовки каждой последующей ступени смещать на два-три знака вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени. Все заголовки начинают с заглавной буквы, точку на конце не ставят, последнее слово каждого заголовка соединяют отточием с соответствующим ему номером страницы в правом столбце содержания. Слово «Содержание» записывают в виде заголовка вверху страницы, посередине строки с заглавной буквы.

Введение является первым разделом курсовой работы и должно содержать обоснование актуальности и практической значимости, оценку современного состояния решаемой проблемы, а также должны быть сформулированы

цель, задачи и объект курсового проектирования. Слово «**Введение**» записывают в виде заголовка посередине строки вверху новой страницы. Объем введения должен быть небольшим – одна - две страницы.

В основной части курсового проекта приводят данные, отражающие сущность, содержание, методику и основные результаты выполненной работы. Стилль письменной научной речи - это безличный монолог. Изложение обычно ведется от третьего лица, реже от первого лица множественного числа (употребляется местоимением «мы» вместо «я»). Качествами, определяющими культуру речи, являются точность, ясность и краткость.

В курсовом проекте по дисциплине «Проектирование систем электроснабжения» в основной части пояснительной записки содержатся следующие разделы.

- 1 Расчет электрических нагрузок.
 - 1.1 Определение центра электрических нагрузок.
 - 1.2 Построение картограммы электрических нагрузок
- 2 Выбор схемы внутреннего электроснабжения предприятия (напряжения 0,38; 6-10 кВ).
 - 2.1 Обоснование принимаемых значений напряжения.
 - 2.2 Определение количества потребительских (цеховых) трансформаторных подстанций (ТП) и числа трансформаторов в них.
 - 2.3 Определение расчетных электрических нагрузок ТП.
 - 2.4 Компенсация реактивной мощности.
 - 2.5 Выбор оптимальной мощности трансформаторов ТП
 - 2.6 Выбор сечения проводников линий электропередачи.
- 3 Выбор схемы внешнего электроснабжения предприятия.
 - 3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия.
 - 3.2 Обоснование принимаемых значений напряжения внешнего электроснабжения.
 - 3.3 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения объекта.
- 4 Определение величины токов короткого замыкания (к.з.).
 - 4.1 Расчет токов к.з. на напряжении выше 1000 В
 - 4.2 Расчет токов к.з. на напряжении 0,38 кВ.
- 5 Выбор электрооборудования и его проверка по работе в режиме к.з.
 - 5.1 Выбор электрических аппаратов
 - 5.2 Выбор измерительных трансформаторов тока и напряжения
 - 5.3 Выбор и проверка шин
 - 5.4 Выбор опорных изоляторов
 - 5.5 Выбор трансформаторов собственных нужд
 - 5.6 Проверка сечений кабелей по термической стойкости

Заключение (выводы) должно содержать краткие выводы по результатам работы, оценку полноты решений поставленных задач, конкретные рекомендации по выполненной работе. Слово «**Заключение**» записывают в виде заголовка заглавными буквами с новой страницы.

Список использованных источников должен содержать сведения об источниках, использованных при написании работы: на каждый источник в тексте

работы должна быть ссылка. Ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных скобках (например, [1]). Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на них в тексте работы и нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа. Список использованных источников оформляется по определенным правилам (см. Приложение Г). Слова «Список использованных источников» записывают в виде заголовка с заглавной буквы с новой страницы.

Графическая часть проекта должна содержать следующие чертежи.

1. Генеральный план объекта с сетями электроснабжения 0,38 ÷ 10 кВ.
2. Однолинейная схема внешнего электроснабжения объекта.

Первый чертёж представляет генеральный план заданного предприятия с расположением системы электроснабжения. Второй чертеж представляет однолинейную схему внешнего электроснабжения предприятия. Чертежи должны выполняться в соответствии с действующими ГОСТами (ЕСКД, СПДС), с использованием средств компьютерной графики (например, в системе Auto CAD).

7 Правила оформления работы

7.1 Основные требования к оформлению пояснительной записки

Изложение текста и оформление работы выполняют в соответствии с требованиями Методической инструкции Требования к выполнению, оформлению и защите курсовых и дипломных работ с изменениями от 31.01.2014г. КГУ имени А.Байтурсынова.

Изложение текста и оформление работ (проектов) выполняют в соответствии с требованиями настоящей Инструкции. Страницы текста работы и включенные в нее иллюстрации и таблицы должны соответствовать формату А 4. Переплет может быть любым по выбору студента (жесткий, пружинный и др.)

Курсовая работа может выполняться рукописным или печатным способом, на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через один интервал. Шрифт – обычный, кегль 14.

Текст следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее – 20 мм, левое – 30 мм, нижнее – 25 мм.

Абзацный отступ в пределах текста должен быть одинаковым и равен пяти знакам – 1,25 см.

Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разной гарнитуры.

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе подготовки работы, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или черной тушью – рукописным способом.

Фамилии, названия организаций, название изделий и другие имена собственные первый раз в работе приводятся на языке оригинала.

Наименования структурных элементов работы (проекта) «Содержание», «Введение», «Заключение», «Список использованных источников» служат заголовками структурных элементов работы.

Курсовую работы (проекты) следует делить на разделы, подразделы. Каждый раздел и подраздел должен содержать законченную информацию.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов. Заголовки разделов, подразделов и пунктов следует печатать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Разделы работы (проекта) должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы могут состоять из двух и более подразделов.

Пример

1 Типы и основные размеры

1.1

1.2

1.3

2 Технические требования

2.1

2.2

Страницы работы нумеруются арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту работы. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки.

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц, но номер страницы на титульном листе не проставляют.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц. Иллюстрации и таблицы на листе формата А3 учитывают как одну страницу.

Каждый структурный элемент (раздел) работы следует начинать с нового листа (страницы).

Подразделы внутри одного раздела разделяются между собой отступлением в один пробел.

Заголовки разделов, подразделов выделяют жирным шрифтом.

Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц, которые применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей.

Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей с абзацным отступом на следующей строке после слов «Таблица 1».

Таблицу следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые или на следующей странице.

На все таблицы должны быть ссылки в работе. При ссылке следует писать «Таблица» с указанием номера. Например, (см. Таблицу 1).

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах всей работы.

Таблицу каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Если в работе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В1», если таблица приведена в Приложении В.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с заглавной буквы, если они имеют самостоятельное значение.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица» и номер ее указывается один раз над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 1».

Таблицу с большим количеством граф целесообразно выносить в приложение.

Если повторяющийся в разных строках (графах) таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф. Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

Расстояние между таблицей и текстом, расположенным выше и ниже таблицы, должно составлять две «пустые» строки.

Пример оформления таблицы приведен в Приложении К.

Иллюстративный материал является обязательной частью курсовой, дипломной работ (проектов). Его количество, состав и содержание определяется руководителем работы.

Основными видами иллюстративного материала (рисунков) являются чертеж, схема, фотография, диаграмма и график.

Чертеж – основной вид иллюстрации, который используется, когда нужно максимально точно изобразить конструкцию машины, механизма или их части. Он должен соответствовать правилам черчения и требованиям стандарта.

Фотография – особенно убедительное и достоверное средство наглядной передачи действительности. Она применяется, когда необходимо с докумен-

тальной точностью изобразить предмет или явление со всеми его индивидуальными особенностями.

Технический рисунок используется, когда нужно изобразить явление или предмет таким, каким мы его зрительно воспринимаем, но без лишних деталей или подробностей.

Схема – это изображение, передающее с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь из главных элементов.

Диаграмма – один из способов графического изображения зависимостей между величинами. Она составляется для наглядного изображения массовых данных.

График – это условное изображение величин и их соотношения через геометрические фигуры, точки и линии. Кроме геометрического образа график должен содержать:

- общий заголовок;
- словесное пояснение условных знаков и смысла отдельных элементов графического образа;
- оси координат, шкалу с масштабами, числовые сетки;
- числовые данные, дополняющие или уточняющие величину нанесенных на график показателей.

Оси координат вычерчиваются линиями; на концах осей стрелки не ставят. По осям короткими рисками наносят масштаб (или координатную сетку), числовые значения масштаба шкал пишут левее оси координат и ниже оси абсцисс. У осей должны быть указаны условные обозначения и размерности отложенных величин. Вместо дробных значений величин следует вводить множители при буквенном обозначении величины.

Иллюстрации следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые или на следующей странице. Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в работе.

Иллюстрации за исключением иллюстраций приложений следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией в пределах всей работы.

Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1», слово «Рисунок» и его наименование располагаются по середине строки.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и его наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1. Детали прибора.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2».

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например: Рисунок А 3.

Иллюстрацию следует выполнять на одной странице. Если иллюстрация не умещается на одной странице, то ее можно переносить на другие страницы, при этом название иллюстрации помещают на первой странице, поясняющие данные - к каждой странице и под ними указывают «Рисунок... лист...».

Расстояние между рисунком и текстом, расположенным выше и ниже рисунка, должно составлять две «пустые» строки.

Пример оформления иллюстрации приведен в Приложении Л.

Формулы и уравнения следует выделять из текста на отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Знак каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова «где» без двоеточия.

Формулы следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей работы арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

Например:

$$u = \frac{2g(p - p_0) * r^2}{9\eta}, \quad (1)$$

где u - скорость седиментации;

g - ускорение свободного падения;

p - плотность дисперсной фазы;

p_0 - плотность дисперсионной среды;

r - размер частиц;

η - вязкость дисперсионной среды.

Если уравнение не помещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (x), деления (:) или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например: в формуле (1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед цифрой буквы, обозначающей Приложение, например, формула (А.1).

7.2. Основные требования к графической части проекта

Основные требования к выполнению графической части проектов приведены в государственных стандартах (ГОСТ) систем ЕСКД (единая система кон-

структурской документации), ЕСТД (единая система технологической документации), СПДС (система проектной документации для строительства). Требования указанных выше документов должны учитываться студентами. Основная надпись на чертежах в курсовых работах кафедры электроэнергетики и физики, заполняется следующим образом (рис.1).

					ЭЭ.ПЭС.333.00.000.Э7 (2)		
					<i>Электроснабжение завода торгового машиностроения</i> (1)		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Литера</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
Вып. тит.г.		ИВ.а.а.в			У		1:500
Руковод.		И.б.а.с.в			Лист 1 (7)	Листов 1 (8)	
					<i>Схема внешнего электроснабжения</i> (3)		
					ИТУ ИТФ гг.07-101-31 (9)		

(10) (11) (12)

Рисунок 1 - Основная надпись штампа

В графу 1 записывается наименование темы курсовой работы.

В графу 2 записывается обозначение (шифр) документа.

Шифр документа представляет собой группы букв и цифр, кратко означающих основные параметры разработанного документа. Расшифровка буквенно-цифровых обозначений в шифре следующая:

- ЭЭ - обозначение кафедры (кафедра электроэнергетики);
- ПЭС - обозначение дисциплины по которой выполняется курсовой проект (Проектирование ЭлектроСнабжения);
- 333 – три последние цифры номера зачетной книжки студента;
- 00.000 – группа цифр для обозначения сборочных единиц и позиций детали в сборочных чертежах;

Э7 – обозначение вида схем на чертеже (электрическая) и тип схемы (расположения).

В зависимости от назначения электрические схемы могут быть следующих типов:

- 1 - структурные;
- 2 - функциональные;
- 3 – принципиальные;
- 4 – соединений;
- 5 – подключения;
- 6 – общие;
- 7 – расположения;
- 8 – объединенные.

В графу 3 записывается наименование чертежа.

В графу 4 для курсовых работ проектов записывается литера - У.

В графу 5 записывается масса изделия (при необходимости, для конструкторских документов).

В графу 6 записывается масштаб (при необходимости, для конструкторских документов и для планов расположения).

В графу 7 записывается порядковый номер листа.

В графу 8 записывается общее количество листов для данного чертежа.

В графу 9 записывается сокращенное обозначение университета, факультета и учебной группы.

В графу 10 записывается характер работы выполняемой лицом, подписывающим документ.

В графу 11 записываются фамилии лиц, подписывающих документ.

В графу 12 записываются подписи лиц, подписывающих документ.

На всех чертежах в левом верхнем углу должна быть выполнена вспомогательная основная надпись размером 14x70 мм, содержащая обозначение (шифр) документа, повернутое на 180 градусов относительно главной основной надписи.

8 Указания к выполнению основной части работы

8.1 Расчет электрических нагрузок

Электрические нагрузки являются исходными данными для решения комплекса технико-экономических задач, возникающих при проектировании систем электроснабжения (СЭС) любого промышленного или аграрного предприятия. Определение расчетных электрических нагрузок составляет начальный этап проектирования СЭС и производится с целью выбора силового электрооборудования, токоведущих частей элементов СЭС, выбора компенсирующих устройств (батарей конденсаторов, реакторов, устройств УПК и т.д.), защитных устройств и их проверки по техническим и экономическим условиям. Многие технико - экономические параметры СЭС зависят от правильной оценки ожидаемых электрических нагрузок, поэтому достоверный выбор значения расчетных нагрузок является одним из главных условий проектирования системы электроснабжения [1, 3, 5].

В зависимости от стадии проектирования и места расположения расчетного узла в схеме электроснабжения применяют различные методы определения электрических нагрузок - упрощенные или более точные. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, отличается сложностью или простотой в расчетах и в сборе исходных данных.

В курсовой работе определение расчетной электрической нагрузки силовых электроприемников рекомендуется выполнять по методу коэффициента спроса, расчетную нагрузку электроосвещения - по удельным мощности электроосвещения на единицу производственной площади.

Коэффициентом спроса электрической нагрузки называется отношение расчетной активной мощности к номинальной или установленной мощности группы приёмников [1, 2, 3]:

$$K_c = P_p / P_{уст} \quad (1)$$

Значение коэффициента спроса для различных отраслей промышленности и предприятий в целом определяются из опыта эксплуатации и принимаются по справочным данным.

Используя значение коэффициента спроса, а также номинальную (установленную) мощность потребителей, можно определить силовую расчетную активную нагрузку группы потребителей или объекта [1, 2, 3].

$$P_{pc} = K_c * P_{уст. c} \quad (2)$$

Расчетная силовая реактивная нагрузка определяется по выражению:

$$Q_{pc} = P_{pc} * tg\phi; \quad (3)$$

где $tg\phi$ - коэффициент реактивной мощности нагрузки.

Расчетная нагрузка электроосвещения определяется по методу удельной мощности на единицу производственной площади по выражениям [1, 2, 3]:

$$P_{po} = P_{уд} * F; \quad (4)$$

$$Q_{po} = P_{po} * tg\phi; \quad (5)$$

Где $P_{уд}$ - удельная мощность электроосвещения на 1 м² производственной площади; $tg\phi$ - коэффициент реактивной мощности осветительной нагрузки.

Суммарные расчётные нагрузки определяются по выражениям [1, 2, 3]:

$$P_p = P_{po} + P_{pc}; \quad (6)$$

$$Q_p = Q_{po} + Q_{pc}; \quad (7)$$

Полная расчетная нагрузка объекта [1, 2, 3]:

$$S_p = \sqrt{P^2_p + Q^2_p}; \quad (8)$$

Удельная нагрузка освещения $P_{уд}$ определяется по справочным данным в зависимости от вида источников света (газоразрядные лампы или лампы накаливания), а также назначения объекта проектирования. Площадь F определяется по заданному масштабу генерального плана. Коэффициент реактивной мощности $tg\phi$ рассчитывается по заданному коэффициенту мощности нагрузки $cos\phi$.

Результаты расчетов электрических нагрузок на напряжении 0,38 кВ сводят в таблицу 1

Таблица 1 – Расчет электрических нагрузок на напряжении 0,38 кВ

№ п.о ГП	Наименование	P_y , кВт	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	F , м ²	K_c	$P_{уд}$, Вт/м ²	$P_{р.с.}$, кВт	$Q_{р.с.}$, кВАр	$P_{р.о.}$, кВт	$Q_{р.о.}$, кВАр	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА

Расчет электрических нагрузок для электроприёмников на напряжении 10 кВ выполняется отдельно также по методу коэффициента спроса, результаты вычислений сводятся в таблицу 2 .

Таблица 2 – Расчет электрических нагрузок на напряжении 10 кВ

№ п.о ГП	Наименование	P_y , кВт	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	K_c	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА

8.2 Картограмма электрических нагрузок

Картограмма нагрузок дает первое представление о распределении нагрузок по территории объекта.

Геометрические изображения электрических нагрузок на картограмме выполняется различными способами. Наиболее простой из них состоит в изображении интенсивности распределения нагрузок приемников при помощи кругов[2,5].

Для выбора схемы электроснабжения существенную помощь оказывает картограмма нагрузок. Для этой цели на генеральном плане предприятия наносится в масштабе электрическая нагрузка в виде кругов, площади которых представляют собой электрические нагрузки потребителей.

Радиус круга, представляющего электрические нагрузки потребителей, определяется по выражению [1, 2]:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi \cdot m}}, \quad (9)$$

где P_i - расчетная активная мощность с учетом освещения, кВт;

$\pi = 3,14$;

m – масштаб, кВт/см² .

Масштаб выбирается из условия, чтобы наименьшую мощность можно было показать, и самая большая мощность поместилась на генеральном плане.

Нагрузка освещения выделяется в данном геометрическом изображении отдельно в виде сектора с углом α , величина которого рассчитывается по выражению [1, 2]:

$$\alpha = \frac{P_o}{P_{p\Sigma}} \cdot 360 \quad (10)$$

Результаты расчетов сводятся в таблицу 3

Таблица 3 – Построение картограммы электрических нагрузок

№ п.о ГП	Наименование	P_p , кВт	Q_p , кВАр	m , кВт/см ²	r_a , см	r_p , см	$P_{p.o.}$, кВт	α , град

8.3 Определение центра электрических нагрузок предприятия

Для нахождения места расположения главной понизительной подстанции (ГПП) или главного распределительного пункта (ГРП) необходимо найти условный центр электрических нагрузок (ЦЭН) [1,5]. ГПП или ГРП должны располагаться как можно ближе к ЦЭН.

Координаты ЦЭН определяются следующим образом.

Координаты ЦЭН по активной нагрузке определяем следующим образом [1]:

$$X_{o.a} = \sum P_{pi} \cdot X_i / \sum P_{pi} \quad (11)$$

$$Y_{o.a} = \sum P_{pi} \cdot Y_i / \sum P_{pi} \quad (12)$$

где P_{pi} - расчетные активные нагрузки потребителей, кВт;

X_i, Y_i – расстояние от центра круга по картограмме нагрузок до координатных осей X и Y, выбранных произвольно, см.

Для определения ЦЭН по реактивной нагрузке в расчетные выражения подставляют значения расчётной реактивной мощности Q_p . [1]

$$X_{o.p} = \sum Q_{pi} \cdot X_i / \sum Q_{pi} \quad (13)$$

$$Y_{o.p} = \sum Q_{pi} \cdot Y_i / \sum Q_{pi} \quad (14)$$

где Q_{pi} - расчетные реактивные нагрузки потребителей, кВАр.

Результаты определения ЦЭН сводятся в результирующую таблицу 4

Таблица 4 – Определение центра электрических нагрузок предприятия

Наименование	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ кВАр	$x_i,$ см	$y_i,$ см	$P_i X_i,$ кВт*см	$Q_i X_i,$ кВАр*см	$P_i Y_i,$ кВт*см	$Q_i Y_i,$ кВАр*см

8.4 Проектирование схемы внутреннего электроснабжения

8.4.1 Определение количества ТП

При определении количества ТП в СЭС предприятия руководствуемся принципом максимального приближения электрической энергии на высоком напряжении к местам её потребления. При определении количества ТП исходим прежде всего из величины максимальной мощности на вводе потребителя. Для СЭС промышленных потребителей доказано, что если нагрузка потребителей превышает 250 кВА, то для них целесообразно устанавливать отдельную ТП. Исходя из этого количество ТП, необходимое для каждого потребителя определяют по выражению [1, 2]:

$$N_{ТП1} = \frac{S_{pi}}{250} \quad (15)$$

Кроме того необходимо учитывать количество трансформаторов ТП и их максимальную мощность. Для промышленных предприятий, относящихся ко второй категории по надёжности электроснабжения, обычно проектируются двухтрансформаторные ТП. При выборе мощности силовых трансформаторов учитываем возможность аварийной перегрузки трансформаторов. При проектировании ориентируемся на коэффициент аварийной перегрузки равный 1,4.

Согласно ПТЭ масляные трансформаторы марки ТМ допускают перегрузку в 40% в течение 2ч, по условиям пожарной безопасности при установке трансформаторов в цехах максимальная мощность масляного трансформатора для двухтрансформаторных ТП не должна превышать 1600 кВА. С учетом этого максимальная расчетная нагрузка одной внутрицеховой ТП составит:

$$S_{\max ТП} \geq 1,4 \cdot 1600 = 2240 \text{ кВА}$$

Поэтому для потребителей с мощностью больше S_{\max} количество ТП больше одного [1, 2].

$$N_{ТП2} \geq \frac{S_{pi}}{2240} \quad (16)$$

Результаты определения количества ТП сводятся в результирующую таблицу 5

Таблица 5 – Определение количества ТП

№ потреби- теля по ГП	Наименование	S_p , кВА	$N_{ТП1}$	$N_{ТП2}$	Принятое количество ТП	№ потреби- телей, запитан- ных от ТП	S_p ТП, кВА

8.4.2 Выбор схемы внутреннего электроснабжения

Выбор схемы внутреннего электроснабжения производится, исходя из особенностей генерального плана предприятия, категории по надежности электроснабжения электроприёмников потребителей, режима работы электрической сети. С учетом этого выбирается конфигурация схемы электрической сети – радиальная или магистральная.

Рекомендуется наиболее ответственные и наиболее мощные потребители запитывать по радиальным ЛЭП, менее ответственные и менее мощные потребители - по магистральным ЛЭП, там, где это возможно.

8.4.3 Выбор напряжения внутреннего электроснабжения

Номинальное напряжение электрической сети значительно влияет на технико – экономические показатели СЭС. Например, при повышении номинального напряжения снижаются потери мощности и электроэнергии, растут предельные мощности, передаваемые по линиям, но увеличиваются капитальные вложения на сооружение сети. Сеть меньшего напряжения требует, наоборот, меньших капитальных затрат, но приводит к большим эксплуатационным расходам из-за роста потерь мощности и электроэнергии, и обладает меньшей пропускной способностью. Поэтому важность правильного выбора номинального напряжения очевидна.

Величина оптимального номинального напряжения в СЭС зависит от многих факторов: мощности нагрузки, удаленности от источника питания, их расположения друг от друга, от выбранной конфигурации сети, способов регулирования и др.

На выбор оптимальной величины напряжения во внутренней схеме СЭС (1УР – 5УР) прежде всего влияют стандартные номинальные напряжения силовых электроприемников потребителей. В настоящее время для силовых электроприемников на стороне ниже 1000 В обычно используется стандартное напряжение 0,38 кВ, на стороне выше 1000 В – 6 или 10 кВ. В курсовой работе электроприёмниками потребителей являются электродвигатели напряжением 380 В и 10 кВ, электронагреватели и электроосвещение. На стороне до 1000 В в схемах внутреннего электроснабжения предприятия в настоящее время наибольшее распространение получило напряжение 0,38 кВ. В связи с тем, что силовые электроприёмники на стороне выше 1000 В имеют номинальное напряжение 10 кВ и применение других стандартных значений напряжения

приведёт к удорожанию СЭС за счет применения специальных трансформаторов, то напряжение 10 кВ в курсовой работе является оптимальным.

8.4.4 Определение расчетных нагрузок ТП – 10 / 0,38 кВ

Расчетную нагрузку на шинах низкого напряжения ТП определяют суммированием нагрузок всех потребителей подключенных к ТП с учетом коэффициента одновременности K_o [1, 2].

$$P_{pТП} = K_o \cdot \sum P_{pi} \quad (17)$$

$$Q_{pТП} = K_o \cdot \sum Q_{pi} \quad (18)$$

$$S_{p,ТП-1} = \sqrt{P_{p,ТП}^2 + Q_{p,ТП}^2} \quad (19)$$

K_o принимается равным 1 при одном потребителе и равным 0,9 при числе потребителей больше 1 [1].

По заданным выражениям определяем расчетную мощность каждой ТП предприятия, результаты вычислений сводим в таблицу 2.2

Таблица 6 – Определение расчетных нагрузок ТП 10/0,38кВ

№ ТП	№-№ потребителей, подключенных к ТП	$\sum P_p$, кВт	$\sum Q_p$, кВАр	K_o	$P_{рТП}$, кВт	$Q_{рТП}$, кВАр	$S_{рТП}$, кВА

8.4.5 Компенсация реактивной мощности

Как правило, в промышленных сетях наблюдается опережающий рост потребления реактивной мощности (РМ) по сравнению с активной, обусловленный ростом промышленных силовых нагрузок. Для выполнения задач баланса РМ, снижения потерь электрической энергии, регулирования напряжения, применяется важное техническое мероприятие, называемое компенсацией реактивной мощности. При проектировании электроснабжения предприятия необходимо выполнить необходимые мероприятия по компенсации реактивной мощности, которые включают в себя выбор и установку оптимальных компенсирующих устройств (КУ).

В курсовой работе компенсация РМ может производиться как на высшем напряжении распределительного устройства ГРП (ГПП), так и непосредственно у потребителей на шинах 0,38 кВ РП и цеховых ТП. В первую очередь следует выполнять компенсацию РМ на стороне 0,38 кВ. Наиболее распространенным средством компенсации РМ на промышленных предприятиях являются батареи конденсаторов, устанавливаемые на шинах 0,38 кВ цеховых ТП.

Необходимую мощность конденсаторных установок для компенсации РМ определяем по выражению [1, 2, 3]:

$$Q_{ку} = Q_{рТП} - 0,33 \cdot P_{рТП} \quad (20)$$

Этому соответствует значение коэффициента мощности после компенсации равное 0,95.

После определения значения расчетной мощности конденсаторной батареи по справочникам определяется тип стандартной комплектной конденсаторной установки. Значение коэффициента мощности на шинах ТП после компенсации РМ должно находиться в интервале значений 0,93 – 0,97.

Результаты расчета мощностей конденсаторных установок для цеховых ТП сводятся в таблицу 7.

Таблица 7 – Компенсация реактивной мощности.

№ ТП	№-№ электроприемников, запитанных от ТП	$P_{р\Sigma}$, кВт	$Q_{р\Sigma}$, кВАр	K_o	$P_{рТП}$, кВт	$Q_{рТП}$, кВАр	Принятая БК	$S_{рк}$, кВА	$\cos\varphi_k$	$Q_{ку}$, кВАр	$Q_{бк}$, кВАр

8.4.6 Выбор мощности силовых трансформаторов ТП – 10 / 0,4 кВ

Выбор мощности силовых трансформаторов цеховых ТП предприятий производят при соответствующем технико - экономическом обосновании.

- Выбор номинальной мощности силовых трансформаторов выполняется по полной расчетной нагрузке потребителей, подключенных к рассматриваемой подстанции, с учетом компенсации реактивной мощности.

Для проведения технико - экономических расчетов сравнения вариантов выбора номинальной мощности ТП используют справочные данные [1,3, 5] и исходные данные к курсовой работе:

- время максимальных потерь τ ;
- стоимость потерь электрической энергии $\text{Ц}_э$;
- норма амортизационных отчислений P_a ;
- потери холостого хода трансформатора ΔP_x ;
- потери мощности режима короткого замыкания ΔP_k .

Приведенные расчетные затраты на силовой трансформатор определяются по выражению [1, 2, 4]

$$Z = (E_n + P_a/100) \cdot K + (\Delta P_x \cdot 8760 + K_3^2 \cdot \Delta P_k \cdot \tau) \cdot \text{Ц}_э, \quad (21)$$

где K – капитальные затраты на проектирование трансформаторной подстанции соответствующей ступени мощности, тыс. тенге;

K_3 – коэффициент загрузки, $K_3 = S_p / (n \cdot S_n)$, где n – количество трансформаторов подстанции.

При сравнении вариантов для каждой ТП рассматривают трансформатор минимальной мощности обеспечивающей питание потребителей от одного трансформатора с учетом допустимой перегрузки, т.е. выбранный по условию:

$$S_{н.т.} \geq \frac{S_{рк}}{1,4} \quad (22)$$

и трансформатор следующей большей стандартной мощности.

К установке принимаются трансформаторы с наименьшими приведенными расчетными затратами.

Расчет приведенных затрат проводится для каждой проектируемой ТП и сводится в результирующую таблицу.

Таблица 8 – Выбор мощности трансформаторов ТП

№ ТП	S_p , кВА	$S_{нт}$, кВА	К, тыс. тенге	P_x , кВт	P_k , кВт	K_3	τ , час	C_0 , тен/кВт·ч	р, о.е.	p_k , тыс.тен/год	$I_{пз}$, тыс.тен/год	З, тыс.тен/год

8.4.7 Выбор сечения кабельных линий 0,38 кВ.

При выборе сечения жил кабельных линий должны соблюдаться нормативные технические и экономические требования.

Сопоставление и анализ всех технико-экономических показателей, характеризующих возможные варианты, позволяет произвести выбор наилучшего решения.

Выбираемые сечения проводников КЛ должны обязательно отвечать нормативным техническим требованиям:

- расчетный ток линии не должен быть больше допустимого по длительному нагреву тока для данного сечения проводника;
- сечение проводника должно быть термически стойким к протеканию токов к.з.;
- потеря напряжения в проводнике не должна превышать допустимое значение;
- выбранное сечение должно обеспечивать надежное срабатывание аппаратов защиты и запуск мощных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором (для КЛ-0,38 кВ).

При выборе сечения проводников следует стремиться к обеспечению минимальных приведенных расчетных затрат на эксплуатацию электрических сетей.

Если отбросить затраты на обслуживание сетей, которые практически одинаковы для проводников стандартных смежных сечений, то приведенные расчетные затраты на ЛЭП можно определить по выражению [1-5]:

$$Z_i = pK_{oi} + 3 I^2 \cdot r_{oi} \cdot \tau \cdot Ц_э \cdot 10^{-3} \quad (23)$$

где p – нормативный коэффициент отчислений от стоимости линии;
 K_{oi} – удельная стоимость линии, тен/км;
 I – расчетный ток, А;
 r_{oi} – удельное сопротивление линии, Ом/км;
 τ – время максимальных потерь электроэнергии, ч;
 $Ц_э$ – стоимость потерь электроэнергии тен/кВт·ч.

Для каждой проектируемой ЛЭП-0,38 по выражению (8.23) просчитывают приведенные расчетные затраты для нескольких стандартных сечений, начиная с минимально допустимого. Целью вычислений является определение минимума функции приведенных расчетных затрат от сечения проводников линии. Расчеты ведутся до тех пор пока не определится точка минимума функции, т.е. если затраты для очередного стандартного сечения начинают увеличиваться расчет можно прекращать. Если затраты уменьшаются для всего диапазона стандартных сечений, то в качестве оптимального принимается стандартное наибольшее сечение. При выборе сечений кабелей для потребителей II категории по надежности электроснабжения, учитываем, что эти кабельные линии в аварийном режиме должны выдерживать всю нагрузку резервируемых потребителей, с учетом допустимой кратковременной перегрузки в 30%, согласно ПУЭ. Окончательно принимают сечение, имеющее минимальные приведенные затраты.

Результаты расчетов сечений КЛ- 0,38 кВ сводят в таблицу 9.

Таблица 9 – Выбор сечения КЛ 0,38 кВ

Ли- ния	P_p , кВт	Q_p , кВ Ар	S_p , кВ А	$I_{раб}$, А	$I_{ав}$, А	L , км	F_2 , мм ²	I_n , А	r_0 , Ом/к м	x_0 , Ом/ км	K_0 , тыс.т ен./км	P , о. е.	τ , час	$Ц_э$, тен/ кВт· ч	PK , тыс. те н/г од	$I_{пз}$, тыс.те н/год	Z , тыс. тен/ год	ΔU , %

8.4.8 Выбор сечения КЛ 10 кВ

Выбор сечения КЛ-10 кВ производится таким же образом. Результат сводятся в таблицу 10.

Таблица 10 – Выбор сечения КЛ 10 кВ

Линия	Участок	ΣP_p , кВт	ΣQ_p , кВАр	K_0	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА	$I_{раб}$, А	$I_{ав}$, А	L, км	F, мм ²	I_p , А	r_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км	K_0 , тыс.тен./км

Продолжение таблицы 10

P, о.е.	τ , час	Π_0 , тен/кВт·ч	РК, тыс.тен/год	$I_{пз}$, тыс.тен/год	З, тыс.тен/год	ΔU , %

8.5 Выбор схемы внешнего электроснабжения

8.5.1 Общие указания

Схема внешнего электроснабжения включает в себя часть системы электроснабжения предприятия начиная с источника питания и заканчивая шинами напряжением 6-10 кВ главной понизительной подстанции (ГПП) или главного пункта распределения электроэнергии на территории предприятия (ГРП). Для предприятий малой и средней мощности, как правило, применяют схемы с одним приемным пунктом (ГПП или ГРП). Система внешнего электроснабжения предприятий предусматривает секционирование шин приемных пунктов электроэнергии и питание каждой секции в нормальном режиме по отдельной линии, по каждой из которых передается примерно половина общей нагрузки предприятия.

8.5.2 Определение расчетной нагрузки предприятия

Полная расчетная нагрузка предприятия определяется по выражениям

$$P_{p.нр.} = k_0 \cdot P_{\Sigma.p.ТП} + P_{p.\Sigma 10кВ} \quad (24)$$

где $P_{\Sigma p.ТП}$ – суммарная расчетная активная мощность ТП, кВт;

$P_{p.\Sigma 10кВ}$ – суммарная расчетная активная мощность объектов, имеющих электрооборудование на напряжении 10 кВ;

k_0 - коэффициент одновременности, $k_0=0.9$.

$$Q_{p.нр.} = k_0 \cdot Q_{\Sigma.p.ТП.к} + Q_{p.\Sigma 10кВ} \quad (25)$$

где $Q_{\Sigma p.ТП}$ – суммарная расчетная реактивная мощность ТП, кВАр;

$Q_{p.\Sigma 10кВ}$ – суммарная расчетная реактивная мощность объектов, имеющих электрооборудование на напряжении 10 кВ;

k_0 - коэффициент одновременности, $k_0=0.9$.

Расчетная реактивная нагрузка ТП определяется с учетом установки в них компенсирующих устройств, т.е.

$$Q_{\Sigma РТПк} = (Q_{\Sigma РТП} - Q_{\Sigma КУ 0,38})$$

Полная расчетная нагрузка предприятия [1] :

$$S_{p.np} = \sqrt{P_{p.np}^2 + Q_{p.np}^2} \quad (26)$$

Коэффициент мощности электрической нагрузки предприятия в целом определяется по выражению [1]:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p.np}}{S_{p.np}} \quad (27)$$

Значение коэффициента мощности электрической нагрузки предприятия должно находиться в диапазоне 0,93 – 0,97. Если это требование не выполняется, следует предусмотреть компенсацию реактивной мощности для силовой нагрузки 10 кВ (на шинах 10 кВ РП).

8.5.3 Обоснование принимаемых значений напряжения внешнего электроснабжения

Величина напряжения в схеме внешнего электроснабжения предприятия определяется наличием конкретных источников питания, уровнями напряжения в них, расстоянием до источников питания, возможностью сооружения воздушных линий для передачи электроэнергии и другими факторами. Из всех возможных вариантов внешнего электроснабжения нужно выбрать оптимальный, то есть имеющий наилучшие технико-экономические показатели.

В курсовой работе необходимо сравнить два основных варианта схем внешнего электроснабжения предприятия:

- вариант без трансформации питающей электроэнергии, установка на территории предприятия главного распределительного пункта (ГРП)
- вариант с трансформацией питающей электроэнергии, установка на территории предприятия главной понизительной подстанции (ГПП).

В первом случае напряжение в схеме внешнего электроснабжения будет таким же, что и на стороне выше 1000 В схемы внутреннего электроснабжения, т.е. 10 кВ. Во втором случае напряжение принимается из имеющихся стандартных напряжений (35 или 110 кВ) на источнике питания. Для этого предварительно следует найти величину рационального напряжения (кВ), которую можно оценить по формуле Стилла [2]:

$$U = 4.34 \sqrt{I + 16P} \quad (28)$$

где l – расстояние передачи электроэнергии, км;
 P – передаваемая мощность МВт.

По рассчитанному значению рационального напряжения принимают для сравнения ближайшее к нему стандартное (35 или 110 кВ).

8.5.4 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения объекта

Технико – экономический анализ вариантов схем внешнего электроснабжения заключается в сравнении приведенных расчетных затрат на сооружение ГРП или ГПП с учетом технических и экономических показателей питающей линии электропередачи от источника питания.

Приведенные затраты по варианту [1, 2]

$$Z_i = E_n \cdot K_i + I_{гi} \quad (29)$$

где K_i – капиталовложение на строительство по варианту, тен;

$I_{гi}$ – соответствующие годовые издержки на эксплуатацию, тен/год;

E_n – нормативных коэффициент эффективности капиталовложений, равный 0,12 [1,3,4].

По каждому из сравниваемых вариантов проводятся соответствующие расчеты приведенных расчетных затрат и выбирается вариант с меньшими приведенными затратами.

Одним из главных технико-экономических показателей сравниваемых вариантов систем электроснабжения являются капитальные (инвестиционные) затраты на их сооружение. Для выявления наиболее экономичного варианта капиталовложений с достаточной степенью точности можно подсчитать их по укрупненным показателям (стоимость ячейки распределительного устройства, подстанции, 1 км электрической линии и т. п.), что значительно упрощает расчеты. Для определения капитальных затрат на ЛЭП, предварительно определяют их сечение по экономической плотности тока [2].

$$F_{эк} = I_p / j_{эк} \quad (30)$$

где $j_{эк}$ – экономическая плотность тока, А/мм², определяется по ПУЭ РК;

I_p - расчетный ток линии, А, определяемый по выражению [1, 2]:

$$I_p = \frac{S_{P.нр}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (31)$$

где n – количество питающих ЛЭП рассматриваемого напряжения в схеме.

По вычисленному значению сечения принимают ближайшее стандартное.

Предварительное определение мощности силовых трансформаторов ГПП выполняют по техническим требованиям, т.е. принимают к установке мини-

мально необходимую мощность силового трансформатора позволяющего обеспечить питание всех потребителей I и II категорий с учетом допустимой аварийной перегрузки (40%) [2, 3].

$$S_{HT} = \frac{S_{PIPK}}{K_{AB}} \quad (32)$$

Капитальные затраты на ЛЭП определяют по выражению [5]:

$$K_{ЛЭП} = n \cdot k_0 \cdot l \quad (33)$$

где n – количество питающих ЛЭП рассматриваемого напряжения в схеме;
 k_0 – стоимость 1 км ЛЭП;
 l – длина одной ЛЭП.

Капитальные затраты на ГПП (ГРП) определяют по выражению [2, 3]:

$$K_{ПС} = K_{ОРУВН} + 2 \cdot K_{ТР} + K_{ЗРУ-10}, \quad (34)$$

где $K_{ОРУВН}$ – стоимость открытого распределительного устройства высшего напряжения (ОРУВН) ГПП;

$K_{ТР}$ – стоимость силовых трансформаторов ГПП;

$K_{ЗРУ-10}$ – стоимость закрытого распределительного устройства (ЗРУ) 10 кВ.

Для варианта без трансформации электроэнергии стоимость ГРП равна стоимости ЗРУ-10 кВ.

Общие капитальные затраты для варианта с ГРП [1, 2]:

$$K_1 = K_{ЛЭП} + K_{ГРП} \quad (35)$$

Капитальные затраты для варианта внешнего электроснабжения с ГПП:

$$K_2 = K_{ЛЭП} + K_{ПС} \quad (36)$$

Годовые издержки на эксплуатацию сетей определяются по выражению:

$$I_{Гі} = I_a + I_{об} + I_{пэ} \quad (37)$$

где I_a – издержки на амортизацию, тен/год;

$I_{об}$ – издержки на обслуживание, тен/год;

$I_{пэ}$ – издержки на потери эл. энергии, тен/год.

Годовые эксплуатационные издержки для электроустановок включают три основных составляющих:

- амортизационные отчисления от стоимости, предназначенные для полного восстановления и капитальных ремонтов электроустановки;

- затраты на обслуживание электроустановки, включающие в себя заработную плату персонала, расходы на текущие ремонты и испытания оборудования, стоимость электроэнергии, топлива и других видов энергии;
- издержки на потери электрической энергии в электрических сетях.

Издержки на амортизацию определяют по выражению [1, 2, 3]

$$I_a = \frac{P_a}{100} \cdot K, \quad (38)$$

где P_a – нормативные годовые амортизационные отчисления, %;

K – стоимость капитальных вложений, тенге.

Нормативные амортизационные отчисления для некоторых электроустановок приведены в [3].

Годовые затраты на обслуживание электроустановок могут определяться так же как и амортизационные отчисления [1, 2, 3].

$$I_{об} = \frac{P_{об}}{100} \cdot K \quad (39)$$

где $P_{об}$ – нормативные годовые отчисления от стоимости на обслуживание, % (приведены в [3]).

Издержки на потери электрической энергии в электрических сетях определяются по выражению [1, 2, 3]

$$I_{п.э.} = \Delta W \cdot Ц_э \quad (40)$$

где ΔW – количество теряемой в электрических сетях электроэнергии, кВт · ч.

$Ц_э$ – стоимость потерь электроэнергии, тенг./кВт · ч.

Стоимость потерь электроэнергии в электрических сетях потребителей принимают равной тарифу на электроэнергию.

Количество теряемой в электрических сетях электроэнергии можно определить, суммируя потери энергии в линиях и трансформаторах [1, 2, 3]

$$\Delta W = \Delta W_{л} + \Delta W_{т} \quad (41)$$

Потери электроэнергии в линиях [1, 2, 3]:

$$\Delta W_{л} = n \cdot 3 I^2 \cdot r_{0i} \cdot l \cdot \tau \cdot 10^{-3} \quad (42)$$

где n – количество линий;

I – расчетный ток линии, А;

r_{0i} – удельное сопротивление линии, Ом/км;

τ – время максимальных потерь электроэнергии, ч;

L – длина линии, км.

Потери электроэнергии в трансформаторах [1, 2, 3]:

$$\Delta W_T = P_x T_B + \kappa_3^2 P_k \tau \quad (43)$$

где P_x, P_k – номинальные потери мощностей холостого хода и короткого замыкания в трансформаторе, кВт;

κ_3 – коэффициент загрузки элементов электрической сети, кВт ($\kappa_3 = S_p/S_{ном}$);

T_B, τ – время включения электрооборудования и максимальных потерь электроэнергии, час.

Сравнивая приведенные затраты по рассматриваемым вариантам, выбирают оптимальный из них (имеющий минимальные приведенные затраты).

8.5.5 Выбор оптимальной мощности трансформаторов ГПП

Выбор оптимальной мощности трансформаторов ГПП производится по той же методике, что и для выбора трансформаторов цеховых ТП (см. раздел 8.4.6).

Расчет сводится в таблицу 11.

Таблица 11 – Выбор мощности трансформаторов ГПП

S_p , кВА	$S_{нт}$, кВА	K , тыс. тенге	P_x , кВт	P_k , кВт	κ_3	τ , час	ζ_3 , тен/кВт·ч	p , о.е.	pK , тыс.тен /год	$I_{пэ}$, тыс.тен/ год	Z , тыс.тен/ год

8.5.6 Выбор сечения питающей линии электропередачи

Нахождение экономически целесообразного сечения питающих линий электропередачи в схеме внешнего электроснабжения выполняется по той же методике, что и для кабельных линий 0,38 и 10 кВ (см. раздел 8.4.7).

Расчет сводится в таблицу 12.

Таблица 12 – Выбор сечения питающих линий

P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА	$I_{раб}$, А	$I_{ав}$, А	L , км	F , мм ²	$I_{п}$, А	r_0 , Ом/км	X_0 , Ом/ км	K_0 , тыс.тен. /км	P , о.е.	τ , час	ζ_3 , тен/ кВт·ч	PK , тыс.тен/ год	$I_{пэ}$, тыс.тен/ год	Z , тыс.тен/ год	ΔU , %

8.6 Расчет токов короткого замыкания (к.з.)

При эксплуатации электрических сетей, объектов электроснабжения и электроустановок в них часто возникают короткие замыкания, являющиеся одной из основных причин нарушения нормального режима работы электроустановок

Коротким замыканием называют замыкание, при котором токи в ветвях электроустановки резко возрастают, превышая наибольший допустимый ток нормального режима. Замыкание – это всякое случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальными условиями работы, соединение двух точек электрической цепи непосредственно или через малое переходное сопротивление (дуга). Причинами короткого замыкания являются механические повреждения изоляции, ее пробой из-за перенапряжения и старения, обрывы, набросы, схлестывания проводов воздушных линий, ошибочные действия персонала и т.п. Вследствие короткого замыкания в цепях возникают опасные для элементов сети токи, ведущие к отказу электрооборудования или аварии, а также к сбоям работы энергосистем. Потому для обеспечения надежной работы электрической сети, электрооборудования, устройств релейной защиты необходимо производить расчет токов короткого замыкания.

В курсовой работе токи к.з. определяются двумя методами:

- а) относительных единиц (токи 3-х и 2-х фазного к.з. в расчетных точках схемы, заканчивая шинами 0,4 кВ цеховых ТП);
- б) именованных единиц (токи 1-но фазного к.з. в конце проектируемых линий 0,38 кВ).

8.6.1 Расчет токов к.з. на напряжении выше 1000 В

При расчете методом относительных единиц за базисные величины (обычно их обозначают буквами со звездочкой) принимают базисную мощность и базисное напряжение. Исходя из удобства вычислений, обычно за базисную мощность принимают значения кратные 10 МВА. Расчет токов короткого замыкания выполняется на основании расчетной схемы системы электроснабжения, в которой должны быть учтены сопротивления всех элементов системы электроснабжения, влияющие на величину токов к.з. сопротивлениями и указаны расчетные точки, в которых определяются токи к.з. На основании расчетной схемы электроснабжения составляется эквивалентная схема замещения, в которой все элементы системы электроснабжения представлены активными и реактивными сопротивлениями. Расчетная схема электроснабжения и эквивалентная схема замещения должны быть представлены в пояснительной записке. Примеры расчетной и эквивалентной схем приведены на рисунках 2 и 3.

Базисные напряжения для схемы замещения принимают для каждой ступени напряжения равные средне номинальному значению напряжения соответствующей ступени из следующего ряда: 0,4; 6,3; 10,5; 37,5; 115; 231 кВ.

Базисные токи на всех ступенях напряжения определяются по выражению [1, 2]:

$$I_{\text{oi}} = \frac{S_{\text{oi}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{oi}}}, \text{ кА} \quad (44)$$

Реактивное сопротивление системы определяется по выражению [1, 2]:

$$X_{\text{с}^*} = \frac{I_{\text{б.}}}{I_{\text{кш}}^{(3)}} \quad (45)$$

где $I_{\text{кш}}^{(3)}$ - ток трехфазного короткого замыкания на шинах высшего напряжения ГПП (ГРП);

$I_{\text{б.}}$ - базисный расчетный ток высшей ступени напряжения системы электроснабжения предприятия.

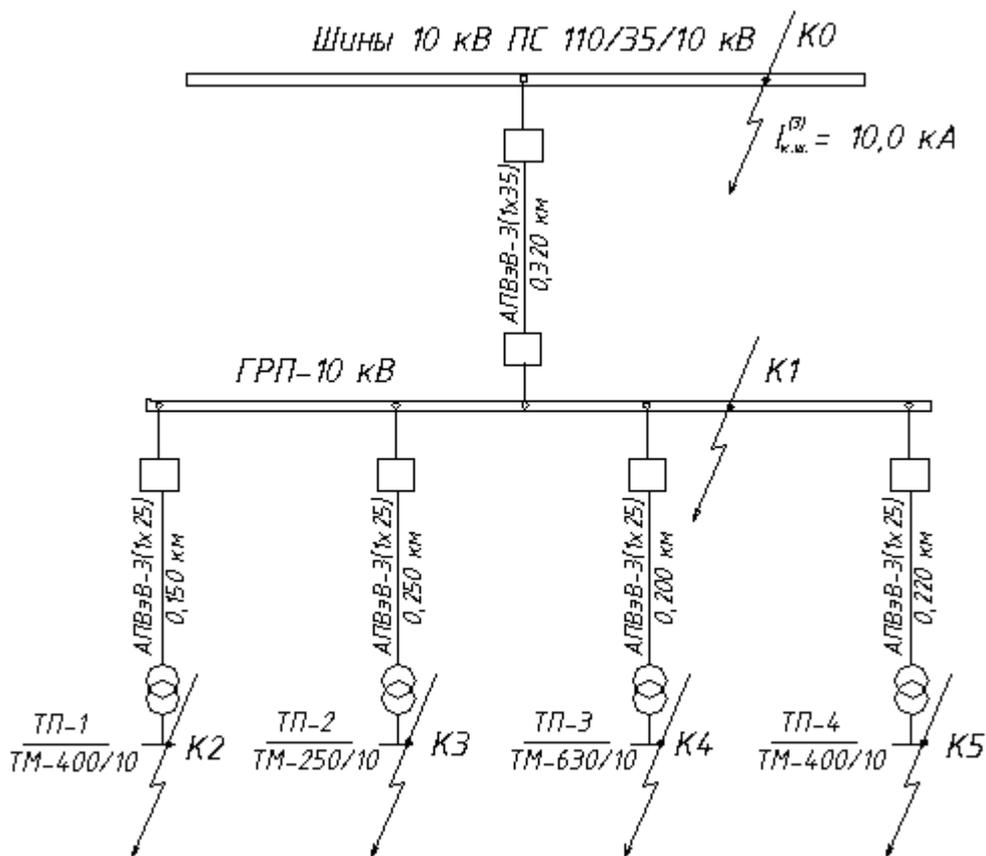


Рисунок 2- Расчетная схема для определения токов короткого замыкания (пример).

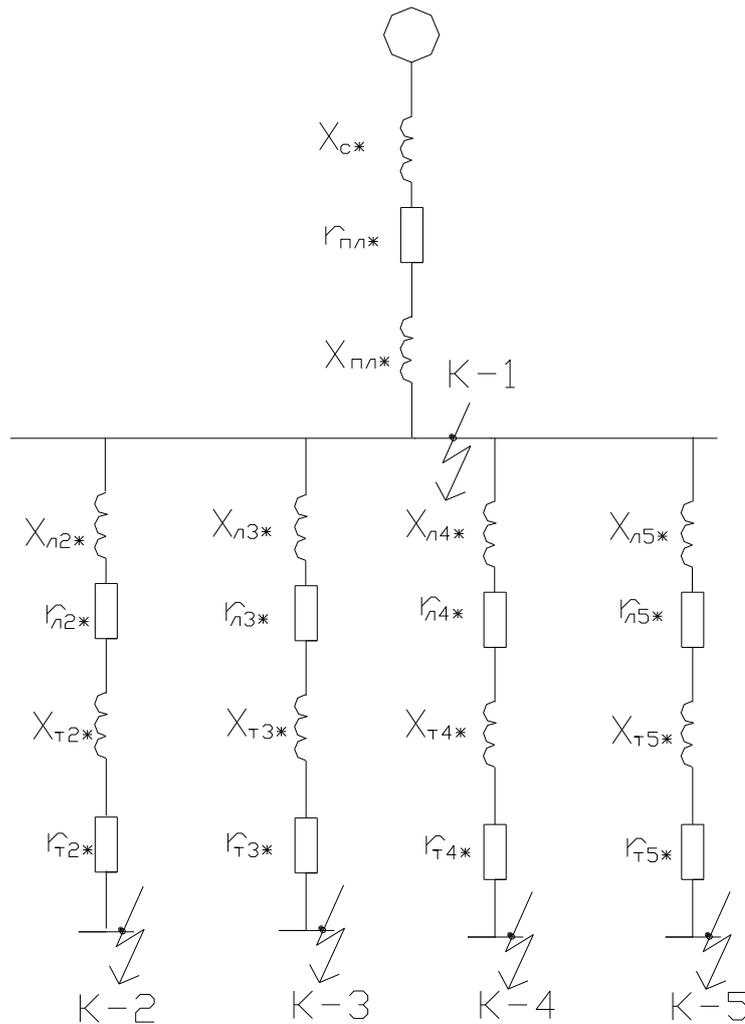


Рисунок 3-Эквивалентная схема замещения для расчета токов к.з.

Последовательно, от источника питания до цеховых ТП, согласно схеме замещения, определяются активные и реактивные сопротивления всех элементов расчетной схемы.

Для трансформатора ГПП определяется реактивное сопротивление x_{T1}

$$x_{T*} = \frac{U_k \% \cdot S_{\sigma}}{100 \cdot S_{HT}} \quad (46)$$

где U_k – напряжение короткого замыкания силового трансформатора, %;

S_{σ} – базисная мощность,

S_{HT} – номинальная мощность трансформатора.

Активное сопротивление питающей линии:

$$r_{пл*} = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_{\sigma}}{U_{\sigma}^2} \quad (47)$$

где r_0 – удельное активное сопротивление провода (кабеля), Ом/км;
 l – длина линии, км;
 U_0 – базисное напряжение первой ступени.

Реактивное сопротивление питающей линии [1, 2]:

$$x_{пл}^* = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_0}{U_0^2} \quad (48)$$

где x_0 – удельное реактивное сопротивление провода (кабеля), Ом/км.
 Результаты расчетов сопротивлений ЛЭП сводят в таблицу 13.

Таблица 13 – Расчет сопротивлений ЛЭП

Линия	U_0 , кВ	L , км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	$X_{л}^*$, Ом	$r_{л}^*$, Ом

Определение сопротивлений трансформаторов цеховых ТП.
 Полное сопротивление ТП определяется по выражению [1, 2]:

$$z_{ТП}^* = \frac{U_{к\%}}{100} \cdot \frac{S_0}{S_{н.т.}}, \quad (49)$$

где $U_{к\%}$ – напряжение короткого замыкания,
 $S_{н.т.}$ – ном. мощность трансформатора, МВА.

Активное сопротивление ТП определяется по выражению [1, 2]:

$$r_{ТП}^* = \frac{P_K \cdot S_0}{S_{н.т.}^2}, \quad (50)$$

где P_K – потери короткого замыкания, МВт.

Реактивное сопротивление ТП определяем по выражению [1, 2, 3]:

$$x_{ТП}^* = \sqrt{z_{ТП}^2 - r_{ТП}^2} \quad (51)$$

Результаты расчетов сопротивлений трансформаторов сводят в таблицу 14

Таблица 14 – Расчет сопротивлений ТП

ТП	P_K , кВт	P_x , кВт	$U_{к\%}$, %	$S_{н.т.}$, кВА	$R_{тр}$, Ом	$Z_{тр}$, Ом	$X_{тр}$, Ом

После определения сопротивлений элементов сети определяются результирующие сопротивления до точек КЗ на схеме замещения по формуле [1-4]:

$$Z_{рез\Sigma^*} = \sqrt{(\Sigma r_{рез*})^2 + (\Sigma x_{рез*})^2} \quad (46)$$

где $\Sigma r_{рез}$, $\Sigma x_{рез}$, – результирующие активное и реактивное сопротивления до каждой расчетной точки КЗ по схеме замещения.

Рассчитав результирующие сопротивления элементов сети до точек КЗ, определяют установившееся значения трехфазного тока короткого замыкания в расчетных точках КЗ по схеме замещения, по формуле [1-4]:

$$I_{к.і}^{(3)} = \frac{I_{б.і}}{Z_{рез.і}^*} \quad (52)$$

Установившееся значение двухфазного тока короткого замыкания в расчетной схеме (металлическое замыкание) [1-4]:

$$I_{к.і}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{к.і}^{(3)}}{2} \quad (53)$$

Мгновенные значения ударного тока в расчетных точках схемы замещения:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{к}^{(3)} \quad (54)$$

где K_y – ударный коэффициент, находится по справочным данным в зависимости от отношения x/r .

Действующие значения ударного тока в точках КЗ в расчетной схеме замещения [1, 2, 4]:

$$I_y = I_{к}^{(3)} \sqrt{1 + 2(k_y - 1)^2} \quad (55)$$

где $I_{к}^{(3)}$ - периодическая составляющая тока к.з., кА;

k_y - ударный коэффициент [1,3,4].

Расчет значений токов короткого замыкания для удобства рассмотрения и анализа сводят в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчет токов к.з.

Точка к.з.	$U_{б}$, кВ	$I_{б}$,кА	$x_{р*}$, Ом	$r_{р*}$, Ом	$Z_{р*}$, Ом	$I_{к}^3$, кА	$I_{к}^2$, кА	K_y	I_y , кА	S, МВА	X/R

8.6.2 Расчет токов к.з. на напряжении 0,38 кВ

Для линий напряжением 0,38 кВ требуется определить минимальное значение однофазного тока короткого замыкания (в конце линий), которое определяется методом именованных единиц по выражению [1- 4]:

$$I_{КЗ.i}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{Z_T + Z_{П\phi-0}} \quad , \text{кА} \quad (.56)$$

где Z_T – сопротивление трансформатора при 1-но фазных к. з.

$Z_{П\phi-0}$ – сопротивление петли “фаза-ноль” кабеля 0,38 кВ

Z_T и $Z_{П\phi-0}$ принимается по справочным данным [1,3,4].

Результаты расчета однофазных токов к.з. сводят в таблицу 16.

Таблица 16 – Результаты расчета однофазных токов к.з.

Линия	Тип трансформатора	$Z_{то}$, Ом	Сечение кабеля, мм ²	Длина, км	$Z_{л.уд.}$, Ом/км	$Z_{л.}$, Ом	$Z_{то} + Z_{л.}$, Ом	$I_{к}^1$, А

8.7 Выбор электрооборудования и его проверка по работе в режиме к.з.

Все элементы распределительного устройства проектируемого ГРП (ГПП) предприятия должны надёжно работать в условиях длительных нормальных режимов, а также обладать термической и динамической стойкостью при возникновении самых тяжелых коротких замыканий. Поэтому при выборе аппаратов, шин, кабелей и других элементов РУ очень важна проверка соответствия их параметров длительным рабочим и аварийным кратковременным режимам, возникающих в эксплуатации. Кроме этого, следует учитывать внешние условия работы РУ (влажность, загрязнённость воздуха, окружающую температуру и т.д.), так как эти условия могут потребовать оборудования специального исполнения повышенной надёжности [2,3].

8.7.1 Выбор электрических аппаратов

Электрические аппараты должны удовлетворять следующим требованиям:

8.7.1.1 Изоляция аппаратов соответствует номинальному напряжению установки [1, 2,7-11].

$$U_{ном.ап.} \geq U_{ном.уст.} \quad (.57)$$

8.7.1.2 Рабочий ток присоединения в максимальном режиме не превышает номинальный ток аппарата [1, 2,7-11].

$$I_{\text{раб.уст.}} \leq I_{\text{ном.ап.}} \quad (58)$$

8.7.1.3 Аппарат противостоит электродинамическому действию тока к.з. [1, 2,7-11]

$$i_{\text{уд.уст.}} \leq i_{\text{нс.с}} \quad (59)$$

где $i_{\text{уд.уст.}}$ – ударный ток к.з. в цепи, где установлен аппарат, кА;

$i_{\text{нс.с.}}$ – номинальный ток электродинамической стойкости аппарата, кА.

8.7.1.4. При коротких замыканиях температура токоведущих частей не превышает предельно допустимые значения [1, 2,7-11].

$$B_K \leq I_{\text{пр.т}} \cdot t_{\text{ф}} \quad (60)$$

где B_K – тепловой импульс к.з., $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$;

$$B_K = (I_K)^2 \cdot t_{\text{ф}} \quad (62)$$

$t_{\text{ф}}$ – время от начала к.з. до его отключения;

$I_{\text{пр.т}}$ – предельный ток термической стойкости аппарата.

8.7.1.5 Предельно отключаемый ток выключателей должен быть больше максимального тока к.з. в месте его установки. [1, 2]

$$I_{\text{пр.отк.}} \geq I_K^{(3)} \quad (63)$$

8.7.1.6 Допустимая предельная мощность выключателя должна быть больше мощности к.з. в месте его установки [1, 2].

$$S_{\text{пр.отк.}} \geq S_K \quad (64)$$

$$S_{\text{к.з.}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}} \cdot I_K^{(3)} \quad (65)$$

Выбор силовых выключателей напряжением выше 1000 В в схеме электроснабжения сводят в таблицу 17

Таблица 17 – Выбор силовых выключателей напряжением выше 1000 В

Расч параметры	I_n , А	i_y , кА	$I_k^2 \cdot t_{\text{пр}}$, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	S_k , МВА	Параметры выключателя	I_n , А	i_y , кА	$I_k^2 \cdot t$, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$S_{\text{от}}$, МВА

8.7.2 Выбор измерительных трансформаторов тока и напряжения

8.7.2.1 Трансформаторы тока

Условие выбора трансформаторов тока [1, 2,7-11]:

$$а) U_{ном.Т.Т.} \geq U_{ном.сети} \quad (66)$$

$$б) I_{ном.} \geq I_{раб.мах.} \quad (67)$$

$$в) k_{дин.} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ном.} \geq i_{уд.} \quad (68)$$

$$г) (k_T \cdot I_{ном.})^2 \cdot t_T \geq B_K \quad (69)$$

$$д) z_{2ном.} \geq z_2 \quad (70)$$

Выбор трансформаторов тока на напряжением выше 1000 В в схеме электроснабжения сводим в таблицу 18

Таблица 18 – Выбор трансформаторов тока U=10кВ

расч пар	I_n , А	i_y , кА	$I_K^2 \cdot t_{пр}$, кА ² ·с	S_n , МВА	пар тран	I_n , А	K_d	i_y , кА	K_T	$I_{TC}^2 \cdot t$, кА ² ·с	$S_{вТ}$, МВА
W1	80,6	6,615	10,27	10	ТПЛ-10	100	250	35,36	45	60,75	7,685

8.7.2.2 Трансформаторы напряжения

Условие выбора трансформаторов напряжения [1, 2,7-11]:

$$а) U_{ном.Т.Н.} \geq U_{ном.сети} \quad (71)$$

$$б) S_{2ном.Т.Н.} \geq S_2 \quad (72)$$

где S_2 – вторичная нагрузка трансформатора напряжения.

8.7.3 Выбор и проверка шин

Сечение сборных шин выбирают по условию нагрева $I_{раб.мах.} \leq I_{дл.доп.шин}$ и проверяют по термической и механической прочности.

Условие термической стойкости шин [1, 2,7-11]:

$$F \cdot C_{\Sigma}^2 \geq I_K^{(3)} \cdot t_{\phi} = B_K \quad (73)$$

где F – сечение сборных шин, мм²;

C – коэффициент, значение которого для алюминиевых проводников равно 91.

Условие механической стойкости шин [1, 2,7-11]:

$$\sigma_{доп.} \geq \sigma_{расч.} \quad (74)$$

где $\sigma_{доп.}$ – допустимое механическое напряжение для шин (для алюминиевых шин марки АДЗ1Т $\sigma_{доп.} = 137 \text{ МПа}$), [1, 2,7-11]

$$\sigma_{расч.} = \frac{M}{10 \cdot W} \quad (75)$$

где M – момент нагрузки, $H \cdot м$.

$$M = 1,76 \cdot i_y^2 \cdot \frac{l^2}{a} \cdot 10^{-7} \quad (76)$$

где l – длина шины, между точками опоры, $м$;

a – расстояние между шинами, $м$;

(Обычно для шин 10 кВ $l = 2 \text{ м}$; $a = 0,30 \text{ м}$.)

W – момент сопротивления шины, $м^3$;

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (77)$$

где b – ширина шины, $м$;

h – толщина шины, $м$.

8.7.4 Выбор опорных изоляторов

Условия проверки изоляторов на соответствие параметрам сети.

а) по напряжению

$$U_H \geq U_C$$

б) по механической прочности [1, 2,7-11]

$$F_{доп.} \geq F_{расч.}$$

$$F_{расч.} = 1,76 \cdot i_y^2 \cdot \frac{l^2}{a} \cdot 10^{-7} \quad (78)$$

8.7.5 Выбор трансформаторов собственных нужд

Электроприемниками собственных нужд ГПП или ГРП являются освещение, вентиляция, электрообогрев приборов, электроприводы выключателей и т.п. В соответствии с типовыми решениями для питания собственных нужд

принимают 2 трансформатора мощностью 25-63 кВА (в зависимости от объема собственных нужд).

8.7.6 Проверка сечений кабелей по термической стойкости к токам к.з.

Для выбора термически устойчивого к токам к.з. сечения жил кабелей необходимо иметь значения установившегося тока к.з. и возможное время прохождения этого тока через кабель.

Определение сечения по термической стойкости выполняется по выражению [1, 2,7-11]:

$$S_T > \alpha \cdot I_K^{(3)} \cdot \sqrt{t_n} \quad (79)$$

где α – расчетный коэффициент, зависящий от материала проводника и типа изоляции кабеля;

t_n – время протекания тока к.з.

8.7.7 Выбор автоматических выключателей напряжением 0,38 кВ

Условия выбора автоматических выключателей:

а) по напряжению [1, 2,7-11]

$$U_{авт.} \geq U_{сети}$$

б) по номинальному току [1, 2,7-11]

$$I_{н.авт.} \geq I_{р.мах.}$$

в) по номинальному току теплового расцепителя [1, 2,7-11]

$$I_{н.р.} \geq k_H \cdot I_{р.мах}$$

где k_H – коэффициент надежности, $k_H = 1,1 \dots 1,3$;

г) по предельно отключаемому току

$$I_{пр.от.авт.} \geq I_K^{(3)}$$

д) по условию отключения однофазных к.з. [1, 2,7-11]

$$\frac{I_K^{(1)}}{I_{н.р.авт.}} \geq 3. \quad (80)$$

Данные выбора автоматов сводят в таблицу 19.

Таблица 19 – Результаты выбора автоматических выключателей

Линия	Данные сети			Данные выключателя				
	I_p макс, А	I_k , кА	I_k мин, А	Тип, марка	$I_{ном}$, А	I_n расц, А	$I_{пр}$ откл, А	$I_k \backslash I_n$ p

8.8 Проектирование молниезащиты и заземления

Для защиты здания, сооружений, коммуникаций и людей от опасного воздействия ударов молнии выполняют устройства молниезащиты.

Защита от прямых ударов молнии осуществляется молниеотводами, воспринимающими удар молнии и отводящими его в землю. Для защиты от вторичных воздействий молнии выполняют соединение всех металлических конструкций и корпусов оборудования и аппаратов, находящихся в защищаемом здании, и присоединение их к заземляющему устройству электроустановок или к железобетонному фундаменту здания, а также ряд других мероприятий.

Молниезащита зданий и сооружений выполняется в соответствии с требованиями. Для защиты здания, сооружений, коммуникаций и людей от опасного воздействия ударов молнии выполняют устройства молниезащиты.

Защита от прямых ударов молнии осуществляется молниеотводами, воспринимающими удар молнии и отводящими его в землю. Для защиты от вторичных воздействий молнии выполняют соединение всех металлических конструкций и корпусов оборудования и аппаратов, находящихся в защищаемом здании, и присоединение их к заземляющему устройству электроустановок или к железобетонному фундаменту здания, а также ряд других мероприятий.

Молниезащита зданий и сооружений выполняется в соответствии с требованиями СН РК 2.04-29-2005, Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений, и, ведомственными нормативными документами и утвержденному рабочему проекту.

Выбор и размещение производят так, чтобы иметь возможность максимально использовать проводящие элементы защищаемого объекта при максимальной эффективности молниезащиты.

Внешняя молниезащитная система, в общем случае, состоит из молниеприемников, токоотводов и заземлителей.

Молниеприемники могут быть выполнены из произвольной комбинации стержней; проводов (тросов) натянутых над сооружением; проводников выполненных в виде сеток. Такие молниеприемники называются искусственными. Если функции молниеприемника выполняют конструктивные элементы защищаемого объекта, то они называются естественными молниеприемниками.

Молниеприемники могут быть изолированы от сооружения (отдельно стоящие молниеприемники, стержневые или тросовые, а также соседние сооружения, выполняющие функции естественных молниеотводов), или могут быть установлены на защищаемом **сооружении и даже быть его частью**.

Токоотводы это металлические проводники, которые служат для соединения молниеприемников с заземлителем.

Заземлители обеспечивают растекание токов молнии в земле. Заземлители устройств молниезащиты во всех случаях, за исключением использования отдельно стоящего молниеотвода, совмещаются с заземлителями электроустановок или средств связи. Если эти заземлители разделяются по каким-либо технологическим соображениям, их следует объединить в общую систему с помощью системы уравнивания потенциалов

Исходные данные для проектирования молниезащиты объектов составляются заказчиком с привлечением при необходимости проектной организации. Они должны включать:

- генеральный план объектов с указанием расположения всех объектов, подлежащих молниезащите, автомобильных и железных дорог, наземных и подземных коммуникаций (теплотрасс, технологических и сантехнических трубопроводов, электрических кабелей и проводок любого назначения и т.п.);
- уровень надежности молниезащиты каждого объекта;
- данные о климатических условиях в районе размещения защитных устройств и сооружений (интенсивности грозовой деятельности, скоростном напоре ветра, толщине стенки гололеда и т. п.), характеристику грунта с указанием структуры, агрессивности и рода почвы, уровня грунтовых вод;
- удельное электрическое сопротивление грунта ($\text{Ом}\cdot\text{м}$) в местах расположения объектов.

Основной задачей проектирования устройств молниезащиты является определение требуемого уровня надежности; а также выбор и размещение элементов устройств молниезащиты. Выбор и размещение элементов устройств молниезащиты производят так, чтобы иметь возможность максимально использовать проводящие элементы проектируемого объекта. Это позволит улучшить внешний вид объекта, повысить эффективность молниезащиты. При разработке технической документации необходимо максимально использовать типовые конструкции молниеотводов и заземлителей.

На основании принятых решений определяются зоны защиты молниеотвода. Зона защиты молниеотвода — пространство внутри которого объект защищен от прямых ударов молнии с надежностью не ниже определенного уровня. Для определения зоны защиты необходимо произвести расчеты.

Существуют методики расчетов зон защиты молниеотводов с различными типами молниеприемников: отдельно стоящего со стержневым молниеприемником, одиночного тросового, двойного стержневого (со стержневым молниеприемником), двойного тросового, замкнутого тросового.

Рекомендуется применять упрощенные методы определения зон защиты для объектов высотой до 60 м: метод защитного угла, метод фиктивной сферы и способ защиты с применением молниеприемника в виде защитной сетки.

При проектировании способ защиты и метод расчета выбирается по рекомендациям приведенным в таблице 20. Практика проектирования показывает целесообразность использования определенных методов расчета в следующих случаях:

- метод защитного угла используется для простых по форме сооружений или для малых частей больших сооружений;
- способ защиты с применением молниеприемника в виде защиты сетки и соответствующий метод расчета целесообразно применять в общем случае и особенно для защиты поверхностей;
- метод фиктивной сферы — для сооружений сложной формы.

В таблице 20 приводятся значения углов при вершине зоны защиты, радиусы фиктивной сферы, а также предельно допустимый шаг ячейки сетки для уровней защиты I-IV.

Таблица 20 – Параметры для расчета молниеприемников

Уровень защиты	Радиус фиктивной сферы R, м	Угол α при вершине молниеотвода для зданий различной высоты h , м				Шаг ячейки сетки, м
		20	30	45	60	
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	
IV	60	55	45	35	25	20

*В этих случаях применимы только сетки или фиктивные сферы.

При использовании метода защитного угла, стержневые молниеприемники, мачты и тросы размещаются так, чтобы все части защищаемого сооружения, находились в зоне защиты, образованной под углом α к вертикали. Защитный угол выбирается по табл. 4, причем h является высотой молниеотвода над поверхностью, которая будет защищена.

Метод защитного угла не используется, если h больше, чем радиус фиктивной сферы, определенный в таблице 20 для соответствующего уровня защиты.

Метод фиктивной сферы используется, чтобы определить зону защиты для части или областей сооружения, когда согласно табл. 4 исключено определение зоны защиты по защитному углу. Объект считается защищенным, если фиктивная сфера, касаясь поверхности молниеотвода и плоскости, на которой тот установлен, не имеет общих точек с защищаемым объектом.

Сетка обеспечивает защиту поверхности здания или сооружения, при выполнении определенных условий, о которых будет сказано ниже.

Приведем основные методики расчета зон защиты.

Методика расчета зон защиты отдельно стоящего молниеотвода со стержневым молниеприемником

На рисунке 4 показана схема для расчета зоны защиты отдельно стоящего молниеотвода.

Для зоны защиты требуемой надежности радиус горизонтального сечения r_x на высоте h_x определяется по формуле

$$r_x = \frac{r_o(h_o - h_x)}{h_o} r_x \quad (81)$$

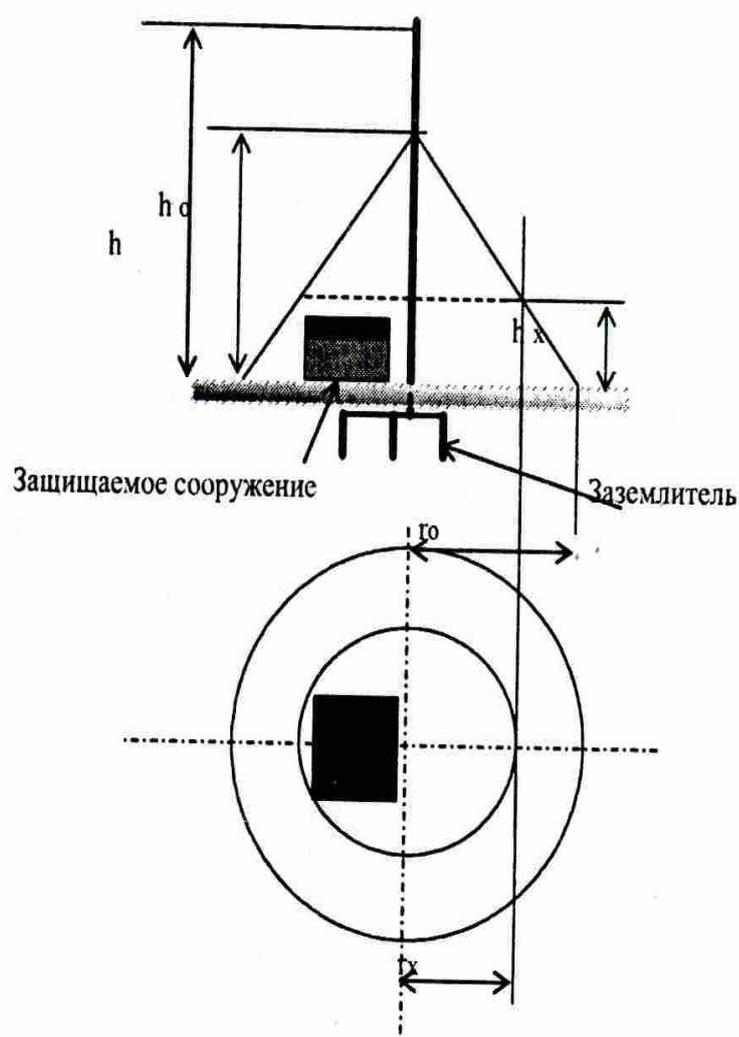


Рисунок 4 - Схема для расчета зоны защиты отдельно стоящего молниеотвода

Приведенные в формуле (81) параметры h_o, r_o, h, r_x определяются по таблице 21 в зависимости от высоты молниеотвода h .

Таблица 21 – Данные для расчета зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Надежность защиты P ,	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h , м	Радиус конуса r , м
0,9	от 0 до 100	0,85h	1,2h
	от 100 до 150	0,85h	$[1,2 - 10^{-3}(h - 100)]h$
	от 0 до 30	0,8h	0,8h
	от 30 до 100	0,8h	$[0,8 - 1,43 \times 10^{-3}(h - 30)]h$
0,99	от 100 до 150	$[0,8 - 10^{-3}(h - 100)]h$	0,7h
	от 0 до 30	0,7h	0,6h
0,999	от 30 до 100	$[0,7 - 7,14 \times 10^{-4}(h - 30)]h$	$[0,6 - 1,43 \times 10^{-3}(h - 30)]h$
	от 100 до 150	$[0,65 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$[0,5 - 2 \times 10^{-3}(h - 100)]h$

Формула пригодна для молниеотводов высотой до 150 м. При более высоких молниеотводах следует пользоваться специальной методикой расчета.

Методика расчета зон защиты одиночного тросового молниеприемника. Стандартные зоны защиты одиночного тросового молниеотвода высотой h ограничены симметричными двускатными поверхностями, образующими в вертикальном сечении равнобедренный треугольник с вершиной на высоте $h_o < h$ и основанием на уровне земли $2r_o$ (рисунок 5)

Приведенные выше расчетные формулы (таблица 22) пригодны для молниеотводов высотой до 150 м. Здесь и далее под h понимается минимальная высота троса над уровнем земли (с учетом провеса).

Таблица 22 – Данные для расчета зоны защиты одиночного тросового молниеотвода

Надежность защиты P	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h	Радиус конуса r
0,9	0 до 150	0,87h	1,5h
0,99	от 0 до 30	0,8h	0,95h
	от 30 до 100	0,8h	$[0,95 - 7,14 \times 10^{-4}(h - 30)]h$
	от 100 до 150	0,8h	$[0,9 - 10^{-3}(h - 100)]h$
0,999	от 0 до 30	0,75h	0,7h
	от 30 до 100	$[0,75 - 4,28 \times 10^{-3}(h - 30)]h$	$[0,7 - 1,43 \times 10^{-3}(h - 30)]h$
	от 100 до 150	$[0,72 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$[0,6 - 10^{-3}(h - 30)]h$

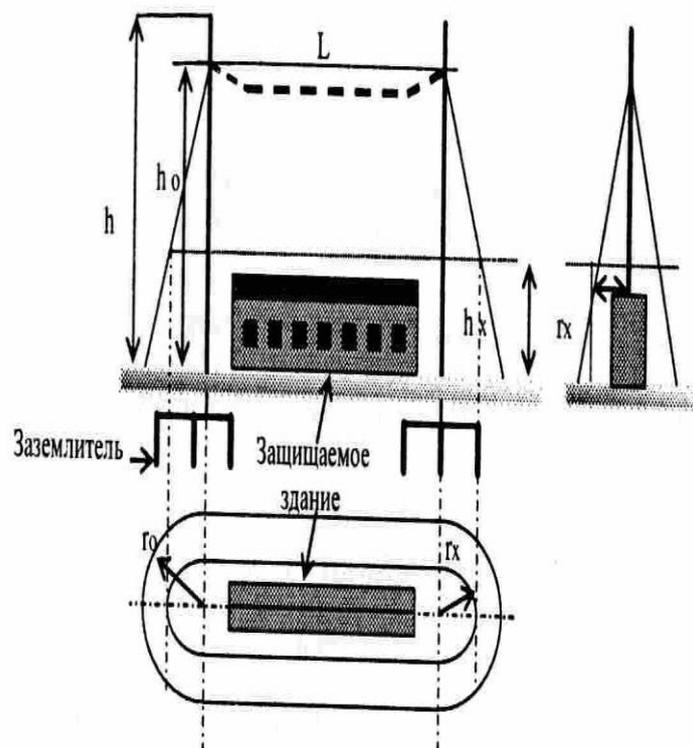


Рисунок 5 - Зона защиты одиночного тросового молниеотвода L — расстояние между точками подвеса тросов

Полуширина g_x зоны защиты требуемой надежности (рисунок 5) на высоте h_x от поверхности земли определяется **выражением (81)**.

При необходимости расширить защищаемый объем, к торцам зоны защиты собственного тросового молниеотвода могут добавляться зоны защиты несущих опор, которые рассчитываются по формулам одиночных стержневых молниеотводов, представленным в таблице 22

Расчет молниеотвода с сетчатым молниеприемником сводится к выбору шага ячейки сетки и выполнению определенных условий ее размещения на защищаемом объекте. Сетка обеспечивает защиту поверхности если выполнены следующие условия: - проводники сетки проходят по краю крыши, крыша выходит за габаритные размеры здания;

- проводник сетки проходит по коньку крыши, если наклон крыши превышает $1/10$;
- боковые поверхности сооружения на уровнях выше, чем радиус фиктивной сферы (см. табл. 21), защищены молниеотводами или сеткой;
- размеры ячейки сетки не больше, чем приведенные в таблица 21;
- сетка выполняется таким способом, чтобы ток молнии всегда имел не менее двух различных путей к заземлителю; никакие металлические части не должны выступать за внешние контуры сетки.

Проводники сетки прокладываются, насколько это возможно, кратчайшими путями.

В ходе проектирования необходимо выбрать тип молниеприемника, определить место прокладки токоотводов, место присоединения к существующему заземлителю или место размещения вновь сооружаемого заземлителя

В качестве естественных молниеприемников могут использоваться следующие конструктивные элементы зданий и сооружений:

а) металлические кровли защищаемых объектов при условии, что:

- электрическая непрерывность между разными частями обеспечена на длительный срок;
- толщина металла кровли составляет не менее значений, приведенных в таблице 23;
- допускаются толщины металла кровли менее приведенных в таблице 23, но не менее 0,5 мм. Это допустимо, если кровлю не обязательно защищать от повреждений и, если нет опасности воспламенения находящихся под кровлей горючих материалов;
- кровля не имеет изоляционного покрытия. При этом небольшой слой антикоррозионной краски или слой 0.5 мм асфальтового покрытия, или слой толщиной 1 мм пластикового покрытия не считается изоляцией;
- неметаллические покрытия на или под металлической кровлей не выходят за пределы защищаемого объекта;

б) металлические конструкции крыши (фермы, соединенная между собой стальная арматура);

в) металлические элементы типа водосточных труб, украшений, ограждений по краю крыши и т.п., если их сечение не меньше значений, предписанных для обычных молниеприемников;

Таблица 23 – Толщина кровли, трубы или корпуса резервуара, выполняющих функции молниеприемника

Уровень защиты	Материал	Толщина не менее, мм
I-IV	Сталь	4
I-IV	Медь	5
1-IV	Алюминий	7

г) технологические металлические трубы и резервуары, если они выполнены из металла толщиной не менее 2,5 мм и прожог этого металла не приведет к опасным или недопустимым последствиям;

д) металлические трубы и резервуары, если они выполнены из металла толщиной не менее значения, приведенного в таблице 23, и если повышение температуры с внутренней стороны объекта в точке удара молнии не представляет опасности.

Защита от прямых ударов молнии неметаллических труб, башен, вышек высотой более 15 м, должна быть выполнена путем установки на этих сооружениях молниеприемников. При высоте сооружения до 50 м - одного стержневого молниеприемника высотой не менее 1 м, при высоте от 50 до 150 м — двух стержневых молниеприемников высотой не менее 1 м, соединенных на верхнем торце трубы. При высоте более 150 м - не менее трех стержневых молниеприемников высотой 0,2 - 0,5 м или по верхнему торцу трубы должно быть уложено стальное кольцо из стали сечением не менее 160 мм».

Металлическиеobelisks и скульптуры защищаются от прямых ударов молнии путем присоединения их к заземлителю любой конструкции.

Токоотводы, служат для соединения молниеприемников с заземляющим устройством. Токоотводы, в целях снижения вероятности возникновения опасного искрения, располагаются таким образом, чтобы между точкой поражения и землей:

металлические конструкции.

Токоотводы располагаются по периметру защищаемого объекта таким образом, чтобы среднее расстояние между ними было не меньше значений, приведенных в таблице 24) ток растекался по нескольким параллельным путям;

б) длина этих путей была ограничена до минимума.

Если молниеприемник состоит из стержней, установленных на отдельно стоящих опорах (или одной опоре), на каждой опоре предусматривается не менее одного токоотвода.

Если молниеприемник состоит из отдельно стоящих горизонтальных проводов (тросов) или из одного провода (троса), на каждом конце провода (троса) выполняется не менее одного токоотвода.

Если молниеприемник представляет собой сетчатую конструкцию, подвешенную над защищаемым объектом, на каждой ее опоре выполняется не менее одного токоотвода. Количество токоотводов принимается не менее 2.

При высоте сооружения до 50 м от молниеприемников прокладывается один токоотвод; при высоте более 50 м токоотводы должны быть проложены не реже чем через 25 м, но не менее двух. Токоотводы соединяются горизонтальными поясами вблизи поверхности земли и через каждые 20 м по высоте здания.

В качестве токоотводов могут использоваться ходовые металлические лестницы и прочие вертикальные металлические конструкции.

Таблица 24 – Среднее расстояние между токоотводами в зависимости от уровня защиты

Уровень защиты	Среднее расстояние, м
I	10
II	15
III	20
IV	25

Токоотводы располагают равномерно по периметру защищаемого объекта. По возможности они прокладываются вблизи углов зданий.

Токоотводы прокладываются по прямым и вертикальным линиям, так чтобы путь до земли был по возможности кратчайшим.

В качестве естественных токоотводов могут использоваться следующие конструктивные элементы зданий:

- металлические конструкции;
- металлический каркас здания или сооружения;
- металлическая арматура железобетонных строений (при обеспечении электрической непрерывности).

Заземлители устройств молниезащиты во всех случаях, за исключением использования отдельно стоящего молниеотвода, совмещаются с заземлителями электроустановок или средств связи.

В том случае, если ранее выполненные заземлители отсутствуют, выполняют заземляющее устройство для молниеотвода.

Целесообразно использовать следующие типы заземлителей:

- в виде контуров;
- вертикальные заземляющие электроды;
- заземляющий контур, уложенный на дне котлована;
- заземляющие сетки.

Заземлитель в виде наружного контура необходимо прокладывать на глубине не менее 0,5 м от поверхности земли и на расстоянии не менее 1 м от стен. Заземляющие электроды должны располагаться на глубине не менее 0,5 м.

9. Порядок защиты курсовой работы

Курсовой проект проверяется преподавателем - руководителем работы, который дает письменное заключение-рецензию, где характеризует качество работы, отмечает положительные стороны и недостатки, в случае необходимости указывает, что надлежит доработать. Рецензия заканчивается заключением, может ли работа быть допущена к защите (Приложение Д).

Работа с рецензией выдается студенту для ознакомления и возможного исправления. Если же курсовой проект по заключению руководителя является неудовлетворительной и подлежит переработке, то после исправления она представляется на повторное рецензирование с обязательным представлением первой рецензии.

Курсовой проект защищается перед комиссией в составе не менее двух-трех преподавателей, один из которых является руководителем программы. Комиссия определяет уровень теоретических знаний и практических навыков студента, соответствие работы предъявляемым требованиям.

Состав комиссии и график защиты курсовой работы утверждается заведующим кафедрой не позднее, чем за две недели до начала 2-й внутрисеместровой аттестации.

Защита курсовой работы должна быть проведена за неделю до начала 2-й внутрисеместровой аттестации, а курсовые работы студентов заочной формы обучения – защищены до начала экзаменов.

На защите студент должен кратко изложить содержание курсовой работы (проекта) в течение 5-7 минут, дать исчерпывающие ответы на замечания рецензента и вопросы членов комиссии.

Окончательная оценка курсовой работы выставляется комиссией по итогам защиты на основании качества выполненной работы, ее оформления, с учетом мнения научного руководителя. Курсовой проект рассматривается как вид учебной работы по дисциплине и выполняется в пределах кредитов, отводимых на ее изучение.

При условии сдачи курсовых работ (проектов) по дисциплинам учебного плана данного семестра студенты допускаются к экзаменационной сессии.

10. Список рекомендуемой литературы

1. Федоров А.А, Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования . – М: Энергия, 1987г.-368 с.
2. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов.-М.: Издательство «Мастерство», 2002 г.-320 с.
3. Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных установок. –М: Энергоатомиздат, 1991. –422 с.
4. Князевский Б. А. Липкин Б. Е. Электроснабжение промышленных предприятий.-М.: Высшая школа, 1986.-400 с.
5. Анастасиев П.И., Бранзбург Е.З. и др., под. общ. ред. Хромченко Г.Е. Проектирование кабельных сетей и проводок. М.: Энергия, 1979. – 328с
6. Проектирование промышленных электрических сетей. Под. ред. В.И. Круповича. – М.: Энергия , 1979 г.
7. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию/ Под. ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат,1986.
8. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. - М.: Интернет Инжиниринг, 2005. - 672 с: ил.
9. Гительсон С.М. Экономические решения при проектировании электроснабжения промышленных предприятий. – М: Энергия, 1971. –256 с.
10. Правила устройства электроустановок РК (ПУЭ РК). Астана, 2012. – 462 с.
11. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения. Под редакцией И.А.Баумштейна, С.А.Бажанова. 3-е издание, переработанное и дополненное. Составители: Б.А.Астахов, И.А.Баумштейн, К.И.Баумштейн, С.А.Бажанов, Н.Н.Беляков, В.Х.Георгиади, А.С.Зеличенко, А.Г.Маркова, Н.А.Морозов, Л.В.Попов, Я.А.Цирель.: Москва: Энергоатомиздат, 1989.

Приложение А

Варианты заданий на курсовую работу

Задание на курсовую работу

По дисциплине «Проектирование систем электроснабжения»

В курсовой работе объектом проектирования является промышленное предприятие со средним и большим уровнем силовой нагрузки.

В задании на курсовой проект указывается:

- генеральный план предприятия;
- сведения об электрических нагрузках;
- краткие сведения об источнике питания;
- стоимость электрической энергии;
- расстояние от подстанции системы до объекта проектирования.

Вариант задания может быть задан преподавателем или выбран студентом по шифру зачетной книжки (номер варианта задания выбирается по последней цифре шифра, вариант данных по установленной мощности принимается по предпоследней цифре шифра).

Курсовой проект состоит из пояснительной записки объемом 30-40 страниц и двух чертежей графической части.

Состав пояснительной записки:

Задание на проектирование

Введение

1 Расчет электрических нагрузок.

1.1 Определение центра электрических нагрузок.

1.2 Построение картограммы электрических нагрузок

2 Выбор схемы внутреннего электроснабжения предприятия (напряжения 0,38; 6-10 кВ).

2.1 Обоснование принимаемых значений напряжения.

2.2 Определение количества потребительских (цеховых) трансформаторных подстанций (ТП) и числа трансформаторов в них.

2.3 Определение расчетных электрических нагрузок ТП.

2.4 Компенсация реактивной мощности.

2.5 Выбор оптимальной мощности трансформаторов ТП

2.6 Выбор сечения проводников линий электропередачи.

3 Выбор схемы внешнего электроснабжения предприятия.

3.1 Определение расчетной нагрузки предприятия.

3.2 Обоснование принимаемых значений напряжения внешнего электроснабжения.

3.3 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения объекта.

4 Определение величины токов короткого замыкания (к.з.).

4.1 Расчет токов к.з. на напряжении выше 1000 В

4.2 Расчет токов к.з. на напряжении 0,38 кВ.

5 Выбор электрооборудования и его проверка по работе в режиме к.з.

- 5.1 Выбор электрических аппаратов
 - 5.2 Выбор измерительных трансформаторов тока и напряжения
 - 5.3 Выбор и проверка шин
 - 5.4 Выбор опорных изоляторов
 - 5.5 Выбор трансформаторов собственных нужд
 - 5.6 Проверка сечений кабелей по термической стойкости
- Заключение
- Список используемой литературы

Чертежи графической части выполняются на листе формата А1 (при использовании программы AutoCAD допускается формат А3). Первый чертёж представляет генеральный план заданного предприятия с расположением системы электроснабжения. Второй чертеж представляет однолинейную схему внешнего электроснабжения предприятия .

Приложение А
Задания для выполнения курсового проекта
Задание №1
Тема Электроснабжение завода режущих инструментов

Исходные данные на проектирование

1. Генеральный план завода – рис унок1.А
2. Сведения об электрических нагрузках завода – таблица 1А.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 16000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным 35, 20 и 10 кВ
4. Мощность системы 400 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы- 0,6
5. Стоимость электроэнергии 8,0 тенге/ кВт*ч
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 8 км

Таблица 1.А – Ведомость электрических нагрузок

№ по плану	Наименование цеха	Уст. мощность $P_{уст}$, кВт		
		1	2	3
1	Склад ГСМ	45	30	55
2	Цехи метчиков, плашек и фрез	7600	5200	4800
3	Инструментальный цех	460	300	580
4	Учебно- вспомогательные мастерские	390	250	180
5	Литейный цех	540	400	340
6	Насосная станция	200	150	260
	Насосная станция (10 кВ)	1420	1280	1340
7	Заводоуправление	120	100	130
8	Ремонтно- механический цех	250	210	340
9	Цех сверления	8200	5600	6300
10	Компрессорная	130	180	210
	Компрессорная (10кВ)	1200	1340	1490
11	Отдел кадров, ВОХР, столовая	420	300	280
12	Освещение цехов и территории завода	Определить по площади		

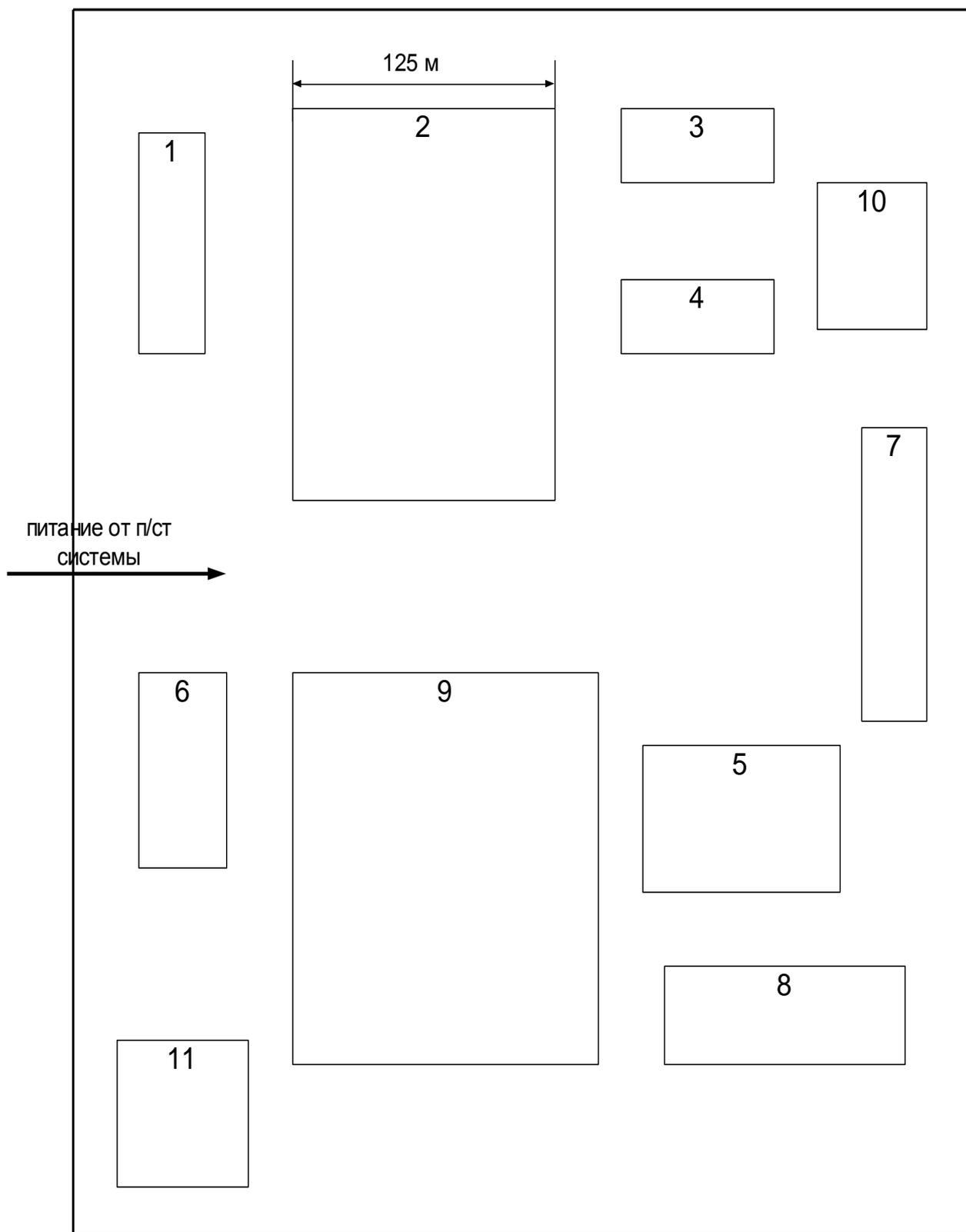


Рисунок 1.А – Генеральный план завода режущих инструментов

Задание №2

Тема Электроснабжение металлургического завода

Исходные данные на проектирование

1. Генеральный план завода – рисунок 2.А.
2. Сведения об электрических нагрузках завода – таблица 2.А.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 60 000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным 35, 20 и 10 кВ
4. Мощность системы 1000 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы- 0,7
5. Стоимость электроэнергии 8, 2 тенге/ кВт*ч
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5 км

Таблица 2.А – Ведомость электрических нагрузок

№ по плану	Наименование цеха	Уст. мощность $P_{уст}$, кВт		
		1	2	3
1	Цех холодной прокатки №1	6130	5800	6300
	Цех холодной прокатки №1 (10 кВ)	5400	3600	5140
2	Цех трансформаторной и транспортной стали	4850	4125	5400
3	Цех горячей прокатки	4690	3950	3650
	Цех горячей прокатки (10 кВ)	6740	6300	5900
4	Цех холодной прокатки №2	5440	5130	4680
	Цех холодной прокатки №2 (10 кВ)	3650	3200	4600
5	Ремонтно- механический цех	3500	1200	2500
6	Трубоэлектросварочный цех №1	2200	1780	1600
	Трубоэлектросварочный цех №1 (10 кВ)	4920	4120	4560
7	Трубоэлектросварочный цех №2	2710	2500	3470
	Трубоэлектросварочный цех №2 (10 кВ)	700	530	650
8	Цех эмальпосуды	2170	2000	2300
9	Склад слябов	160	145	130
10	Блок ремонтных цехов	3100	2560	2990
11	ЦЗЛ и заводоуправление	800	350	670
12	Компрессорная	230	400	380
	Компрессорная (10кВ)	3125	3050	3040
13	Освещение цехов и территории завода	Определить по площади		

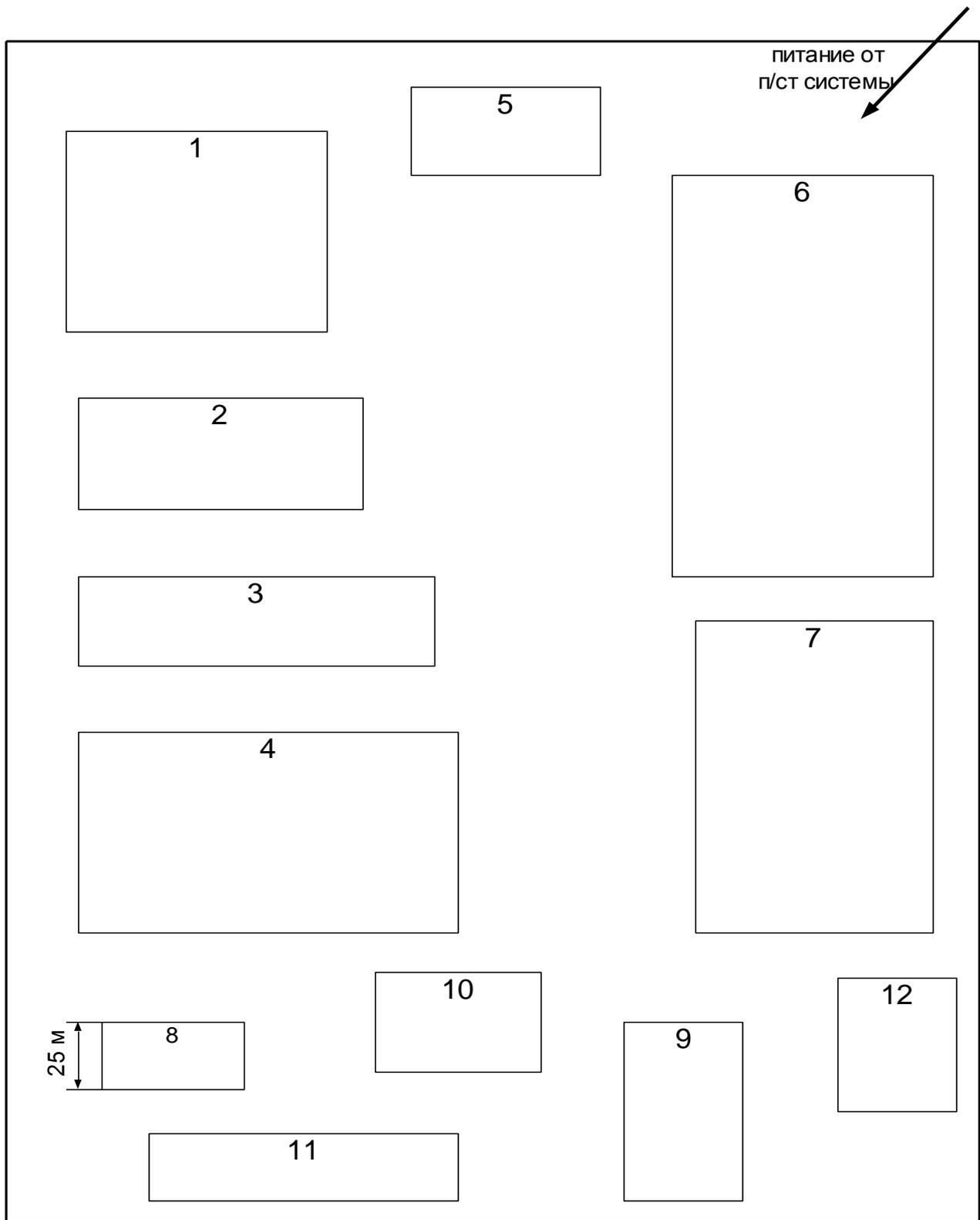


Рисунок 2.А – Генеральный план металлургического завода

Задание №3

Тема Электроснабжение нефтеперерабатывающего завода

Исходные данные на проектирование

1. Генеральный план завода – рисунок 3.А.
2. Сведения об электрических нагрузках завода – таблица 3.А.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 40 000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным 35, 20 и 10 кВ
4. Мощность системы 600 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы- 0,8
5. Стоимость электроэнергии 8,1 тенге/ кВт*ч
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 7, 5 км

Таблица 3.А – Ведомость электрических нагрузок

№ по плану	Наименование цеха	Уст. мощность $P_{уст}$, кВт		
		1	2	3
1	Нефтебаза	480	360	540
2	Котельная	700	730	675
3	Насосная мазута	1100	1200	950
4	Насосная товарного парка №1	600	800	880
5	Насосная товарного парка №2	390	230	330
6	Электрообессоливающая установка (ЭЛОУ)	560	650	480
7	Депарафинизированная (ДПУ)	340	400	420
8	Водо-насосная	900	680	800
9	Склад	500	455	530
10	Заводоуправление, гараж	270	160	200
11	Цех №1	420	350	450
	Цех №1 (10кВ)	1800	1980	1600
12	Цех №2	200	400	300
	Цех №2 (10кВ)	800	560	1000
13	Цех №3	450	340	420
	Цех №3 (10кВ)	1000	1200	1100
14	Ремонтно- механический цех	1200	800	300
15	Освещение цехов и территории завода	Определить по площади		

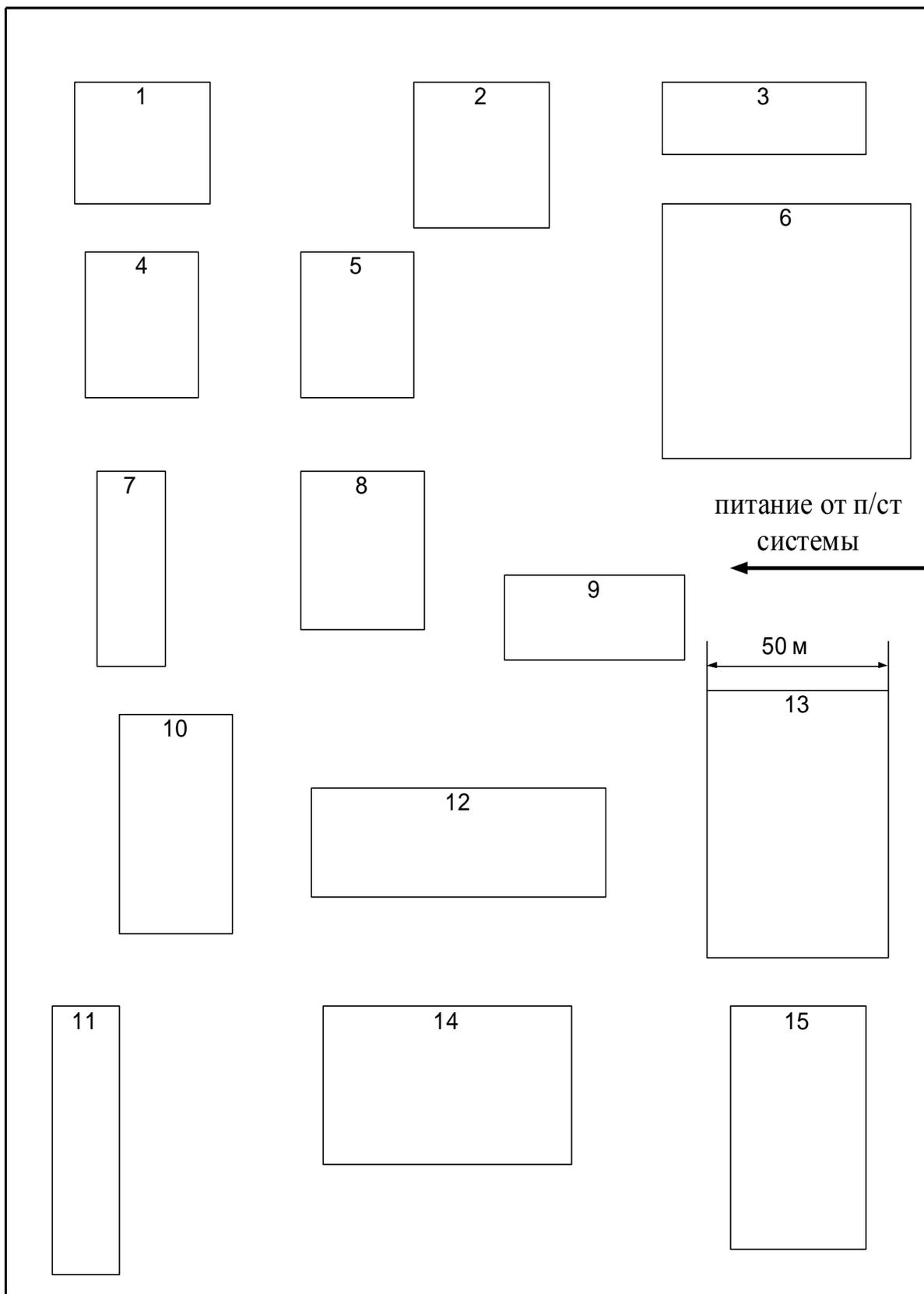


Рисунок 3.А - Генеральный план нефтеперерабатывающего завода

Задание №4

Тема Электроснабжение завода торгового машиностроения

Исходные данные на проектирование

1. Генеральный план завода – рисунок 4.А
2. Сведения об электрических нагрузках завода – таблица 4.А.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 10 000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным 35, 20 и 10 кВ
4. Мощность системы 500 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы- 0,4
5. Стоимость электроэнергии 8, 5 тенге/ кВт*ч
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 12 км

Таблица 4.А – Ведомость электрических нагрузок

№ по плану	Наименование цеха	Уст. мощность $P_{уст}$, кВт		
		1	2	3
1	Деревообрабатывающий цех	500	380	650
2	Цех сборки, компрессорная, испытание холодильных машин	350	430	290
3	Малярный и опытный цехи	520	640	450
4	Инструментальный и ремонтный цехи	980	1020	1200
5	Цех подготовки пакетов	100	80	180
6	Центральный цех	100	10	230
7	Транспортный цех	120	145	75
8	Сборочный, заготовительный и механический цехи	3200	2600	2300
9	Цех горячего эмалирования	2290	1980	2300
10	Центральная котельная	1250	1390	1300
11	Заводоуправление и столовая	250	350	220
12	Компрессорная	800	1000	750
13	Ремонтно- механический цех	1200	2500	500
14	Освещение цехов и территории завода	Определить по площади		

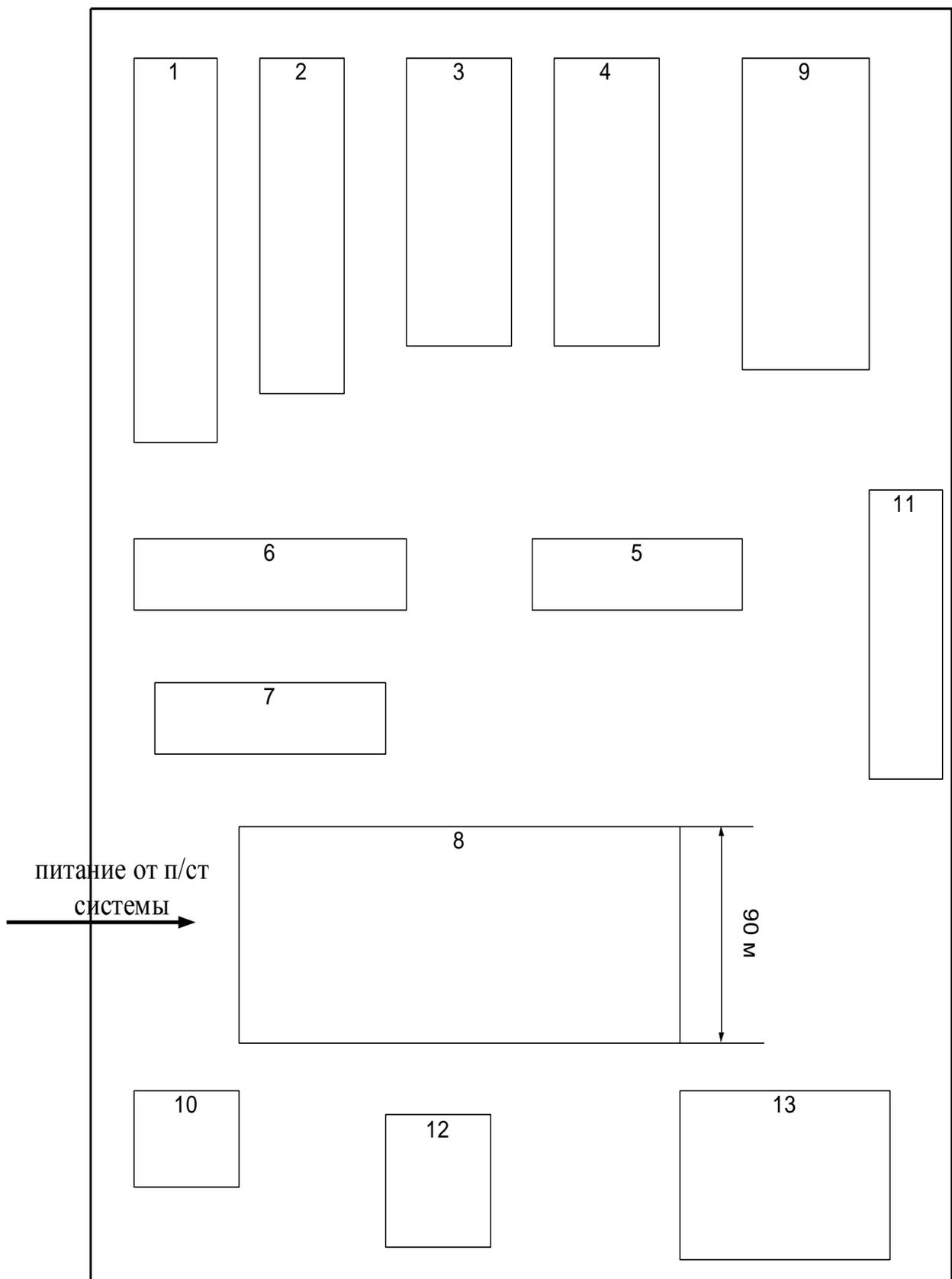


Рисунок 4.А - Генеральный план завода торгового машиностроения

Задание №5

Тема Электроснабжение комбината стройиндустрии

Исходные данные на проектирование

1. Генеральный план завода – рисунок 5А.
2. Сведения об электрических нагрузках завода – таблица 5.А.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 16 000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным 35, 20 и 10 кВ
4. Мощность системы 700 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы- 0,8
5. Стоимость электроэнергии 8, 8 тенге/ кВт*ч
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 6 км

Таблица 5.А –Ведомость электрических нагрузок

№ по плану	Наименование цеха	Уст. мощность $P_{уст}$, кВт		
		1	2	3
1	Склад заполнителей	180	220	160
2	Склад цемента	320	150	370
3	Бетонно- растворный завод	250	300	320
4	Котельная	580	600	430
5	Арматурный цех	1530	1700	1320
6	Завод крупнопанельного домостроения	1420	1000	1600
7	Завод железобетонных изделий	580	670	720
8	Компрессорная	160	200	140
	Компрессорная (10кВ)	1200	800	1320
9	Завод ячеистых блоков	760	545	630
10	Завод минеральных изделий	1360	1560	1090
11	База механизации	760	800	870
12	Цех металлоконструкций	900	1050	850
13	Управление комбината, столовая	390	320	490
14	Ремонтно- механический цех	3900	2100	500
15	Освещение цехов и территории завода	Определить по площади		

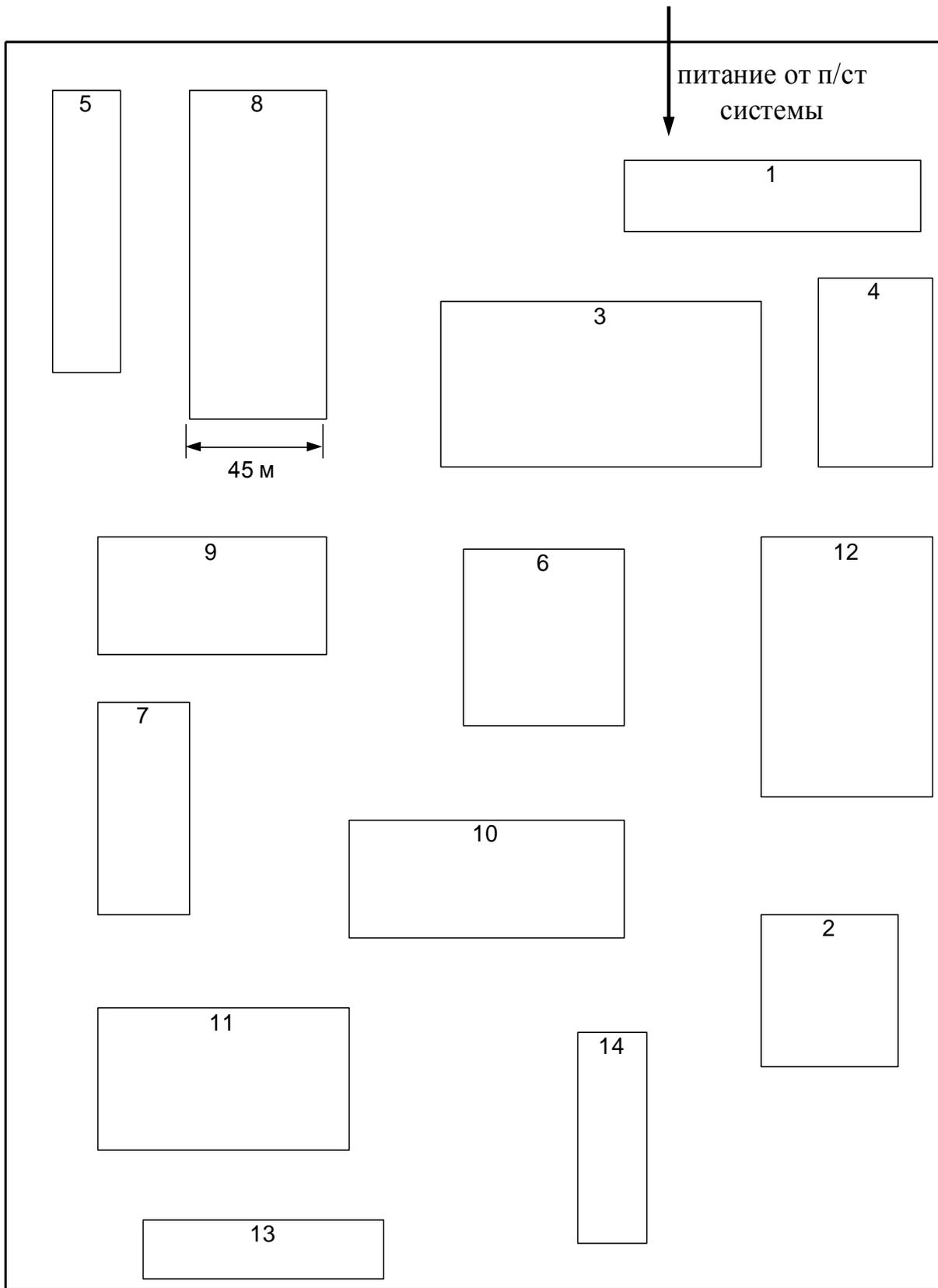


Рисунок 5.А - Генеральный план комбината стройиндустрии

Задание №6

Тема Электроснабжение химического завода по производству прямых и обратных красителей

Исходные данные на проектирование

1. Генеральный план завода – рисунок 6.А
2. Сведения об электрических нагрузках завода – таблица 6.А.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 40 000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным 35, 20 и 10 кВ
4. Мощность системы 900 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы- 0,7
5. Стоимость электроэнергии 7, 8 тенге/ кВт*ч
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 9 км

Таблица 6.А – Ведомость электрических нагрузок

№ по плану	Наименование цеха	Уст. мощность $P_{уст}$, кВт		
		1	2	3
1	Цех прямых красителей	4620	5800	4000
2	Цех полупродуктов №1	1800	1300	2100
3	Холодильная установка №1	850	800	1000
	Холодильная установка (10 кВ, СД)	8400	7600	9100
4	Административно – бытовой корпус	250	200	180
5	Градирня	20	100	80
	Градирня (10 кВ)	1000	600	380
6	Компрессорная	580	430	650
	Компрессорная (10 кВ, СД)	8000	7300	7400
7	Подсобный цех	400	340	420
8	Цех полупродуктов №2	625	500	450
9	Цех активных красителей	1200	1300	1500
10	Холодильная установка №2	600	390	540
11	Ремонтно – механический цех	580	780	1200
12	Освещение цехов и территории завода	Определить по площади		

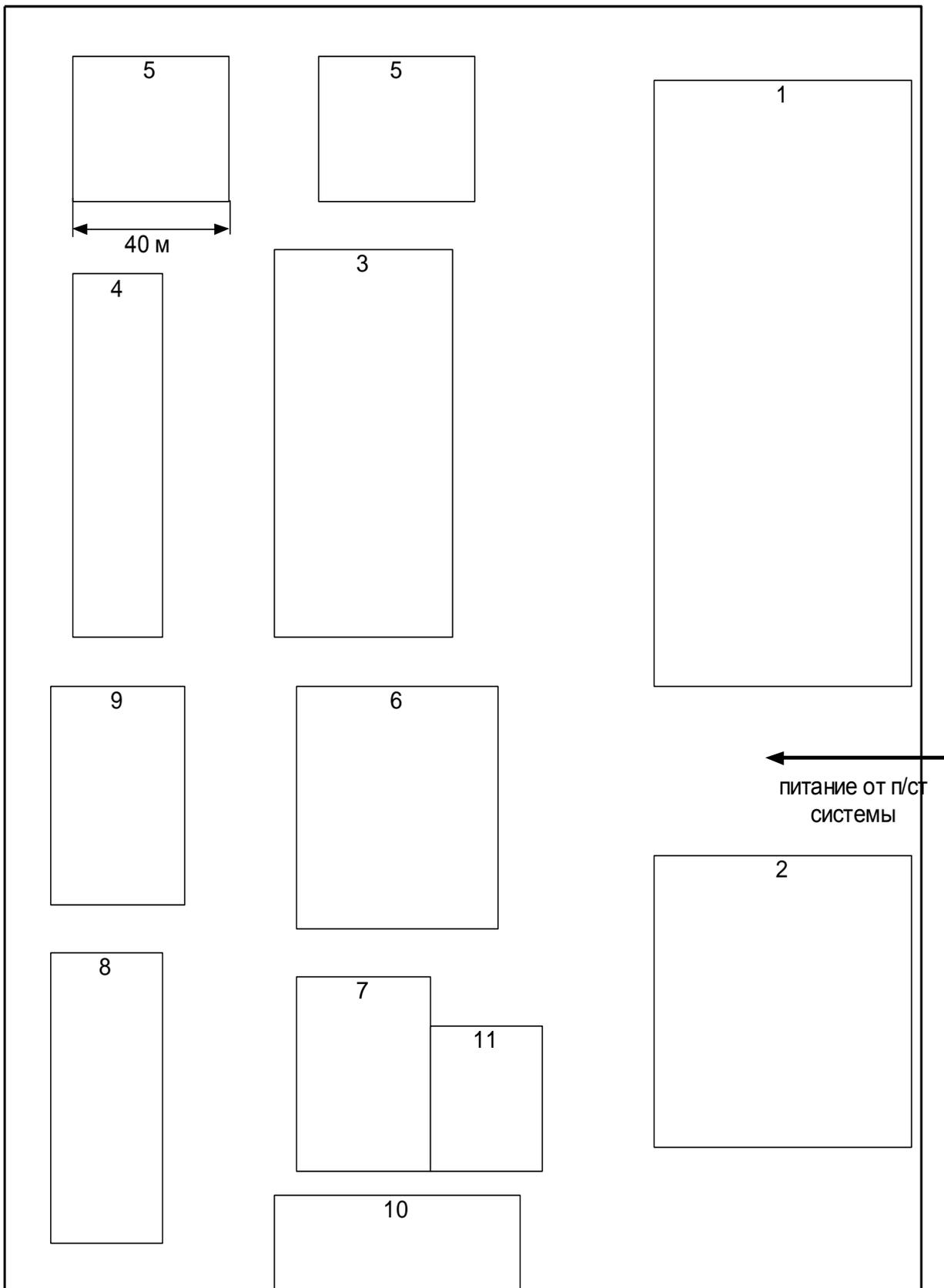


Рисунок 6.А – Генеральный план завода по производству прямых и обратных красителей

Задание №7

Тема Электроснабжение электроаппаратного завода

Исходные данные на проектирование

1. Генеральный план завода – рисунок 7.А
2. Сведения об электрических нагрузках завода – таблица 7.А.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 40 000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным 35, 20 и 10 кВ
4. Мощность системы 1000 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы- 0,8
5. Стоимость электроэнергии 8, 15 тенге/ кВт*ч
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 9 км

Таблица 7.А – Ведомость электрических нагрузок

№ по плану	Наименование цеха	Уст. мощность $P_{уст}$, кВт		
		1	2	3
1	Цех магнитных станций	3159	3000	3800
2	Заготовительно- сварочный цех	4120	4000	3800
3	Цех пластмасс	1840	1500	1200
	Цех пластмасс (10 кВ)	1600	1900	2100
4	Аппаратный цех	1380	1400	1250
5	Цех нормалей	980	560	760
6	Штамповочный цех	1660	1700	1540
7	Цех асбоцементных плит	830	800	780
8	Склады	265	200	150
9	Гальванический цех	860	900	930
10	Ремонтно – механический цех	450	850	420
11	Компрессорная	240	350	220
	Компрессорная (10 кВ)	1200	1390	1290
12	Лабораторно – административный корпус	1190	1300	1150
13	Освещение цехов и территории завода	Определить по площади		

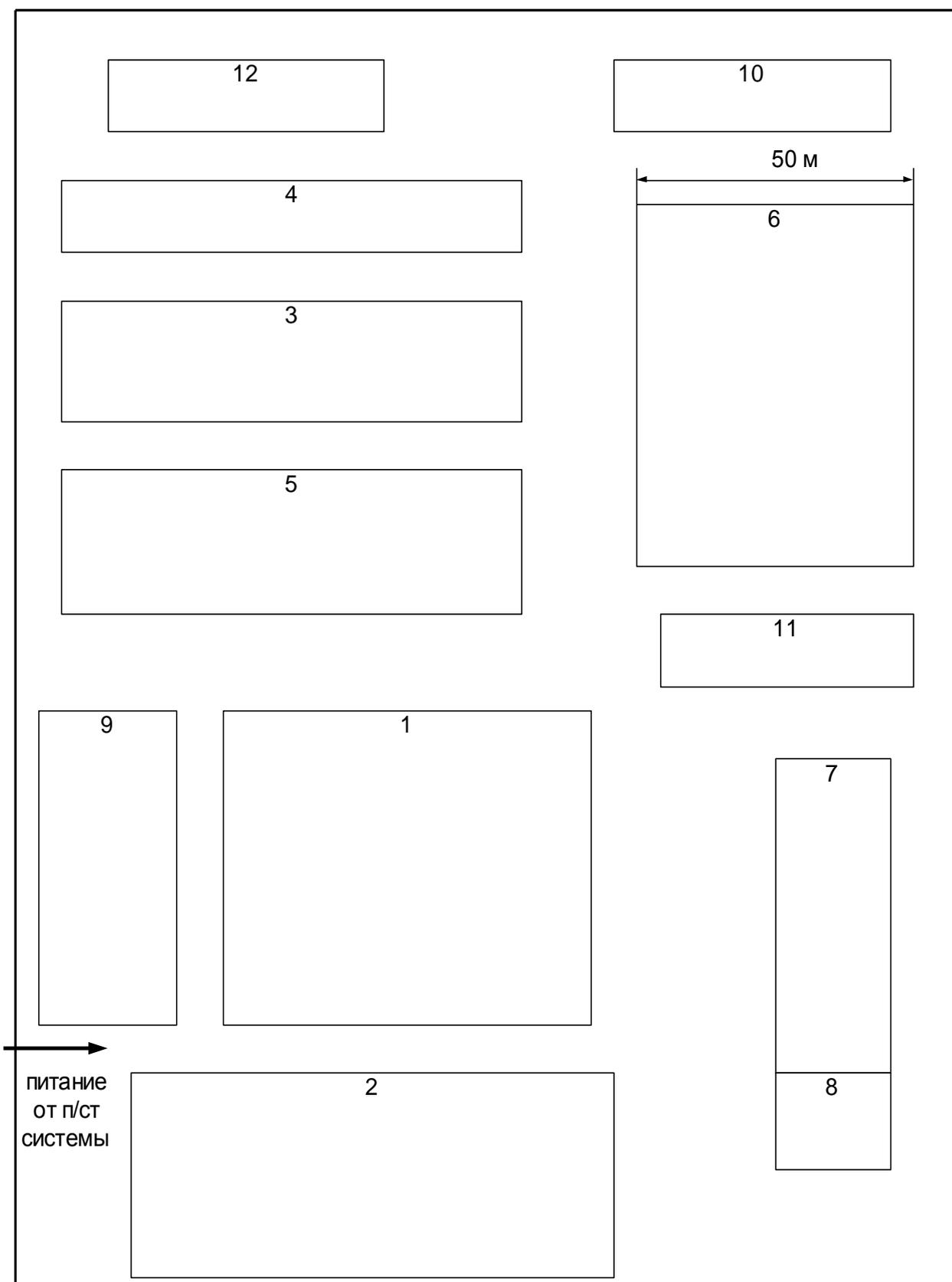


Рисунок 7.А – Генеральный план электроаппаратного завода

Задание №8

Тема Электроснабжение завода горношахтного оборудования

Исходные данные на проектирование

1. Генеральный план завода – рисунок 8.А
2. Сведения об электрических нагрузках завода – таблица 8.А.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 60 000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным 35, 20 и 10 кВ
4. Мощность системы 1000 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы- 0,7
5. Стоимость электроэнергии 8, 8 тенге/ кВт*ч
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 13 км

Таблица 8.А – Ведомость электрических нагрузок

№ по плану	Наименование цеха	Уст. мощность $P_{уст}$, кВт		
		1	2	3
1	Столовая	120	180	80
2	Инженерный корпус, бытовые помещения	330	350	200
3	Блок №2	2100	2340	1900
4	Блок №1	2600	2500	2890
	Блок №1 (10 кВ)	1800	1490	1950
5	Кузнечный цех	1150	1300	1250
6	Термообрубной цех Блок №3	500	550	630
7	Блок №3	2300	2200	2160
8	Сталелитейный цех	700	860	900
	Сталелитейный цех (10 кВ)	2300	2100	2200
9	Блок складов	130	180	190
10	Деревообрабатывающий блок	280	370	190
11	Чугунно – литейный цех	850	750	980
	Чугунно – литейный цех (10 кВ)	450	380	400
12	Компрессорная станция	220	350	380
	Компрессорная станция (10 кВ)	1880	1950	1700
13	Ремонтно – механический цех	1200	1250	1300
13	Освещение цехов и территории завода	Определить по площади		

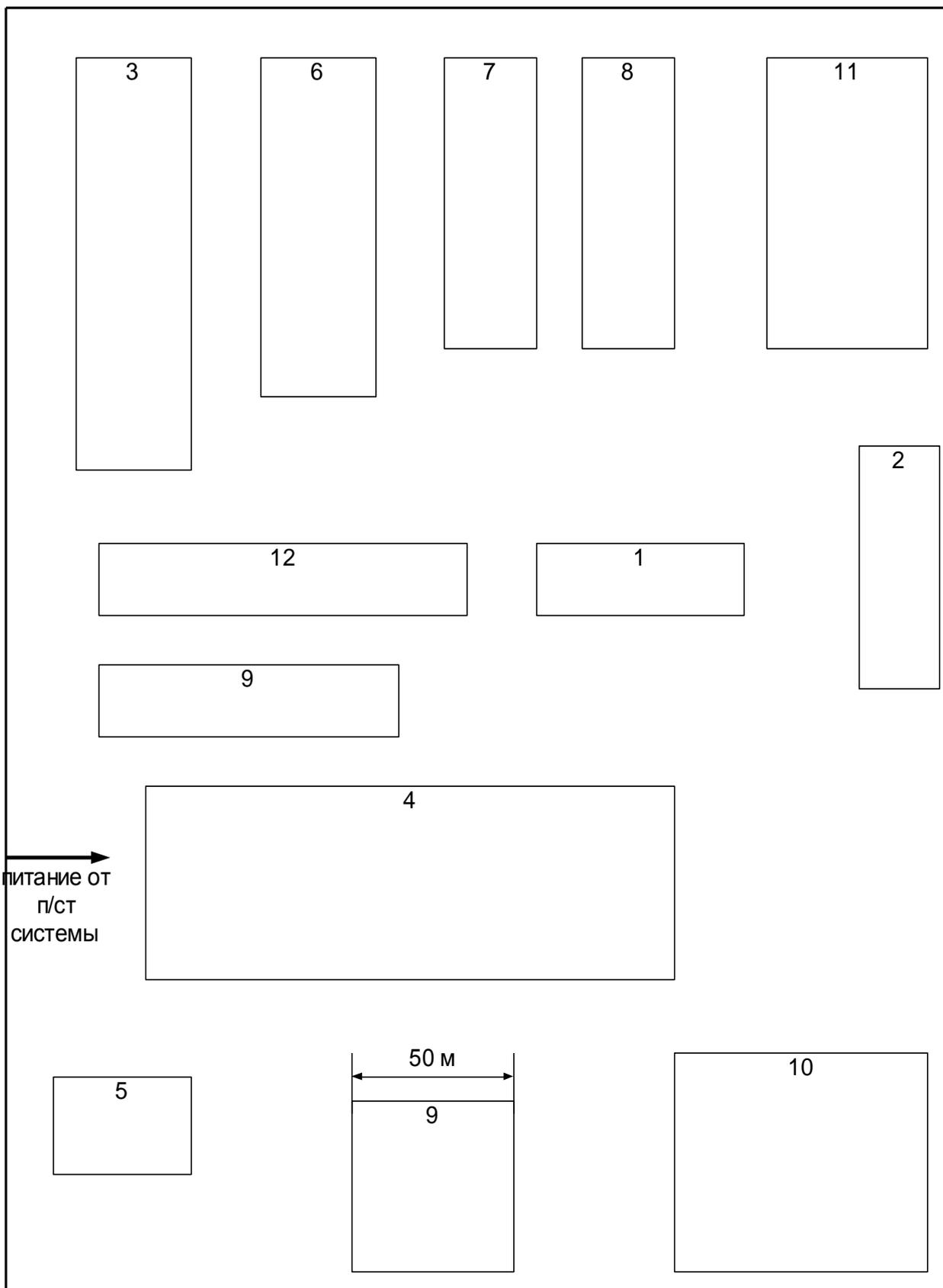


Рисунок 8.А – Генеральный план завода горношахтного оборудования

Задание №9

Тема Электроснабжение деревообрабатывающего завода

Исходные данные на проектирование

1. Генеральный план завода – рисунок 9.А
2. Сведения об электрических нагрузках завода – таблица 9.А.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 10 000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным 35, 20 и 10 кВ
4. Мощность системы 400 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы- 0,5
5. Стоимость электроэнергии 8, 3 тенге/ кВт*ч
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 8 км

Таблица 9.А – Ведомость электрических нагрузок

№ по плану	Наименование цеха	Уст. мощность $P_{уст}$, кВт		
		1	2	3
1	Лесопильный цех	1600	1500	1720
2	Сушильный цех	500	630	600
3	Ремонтно – механический цех	1200	800	700
4	Биржа сырья	700	480	620
5	Столярный цех	900	1040	830
6	Цех №1	620	700	690
7	Мебельный цех	450	520	390
8	Насосная	480	400	450
9	Сборочный цех	420	380	290
10	Компрессорная станция	150	180	220
	Компрессорная станция (10 кВ)	1440	1490	1540
11	Заводоуправление, лаборатория , столовая	290	350	340
12	Освещение цехов и территории завода	Определить по площади		

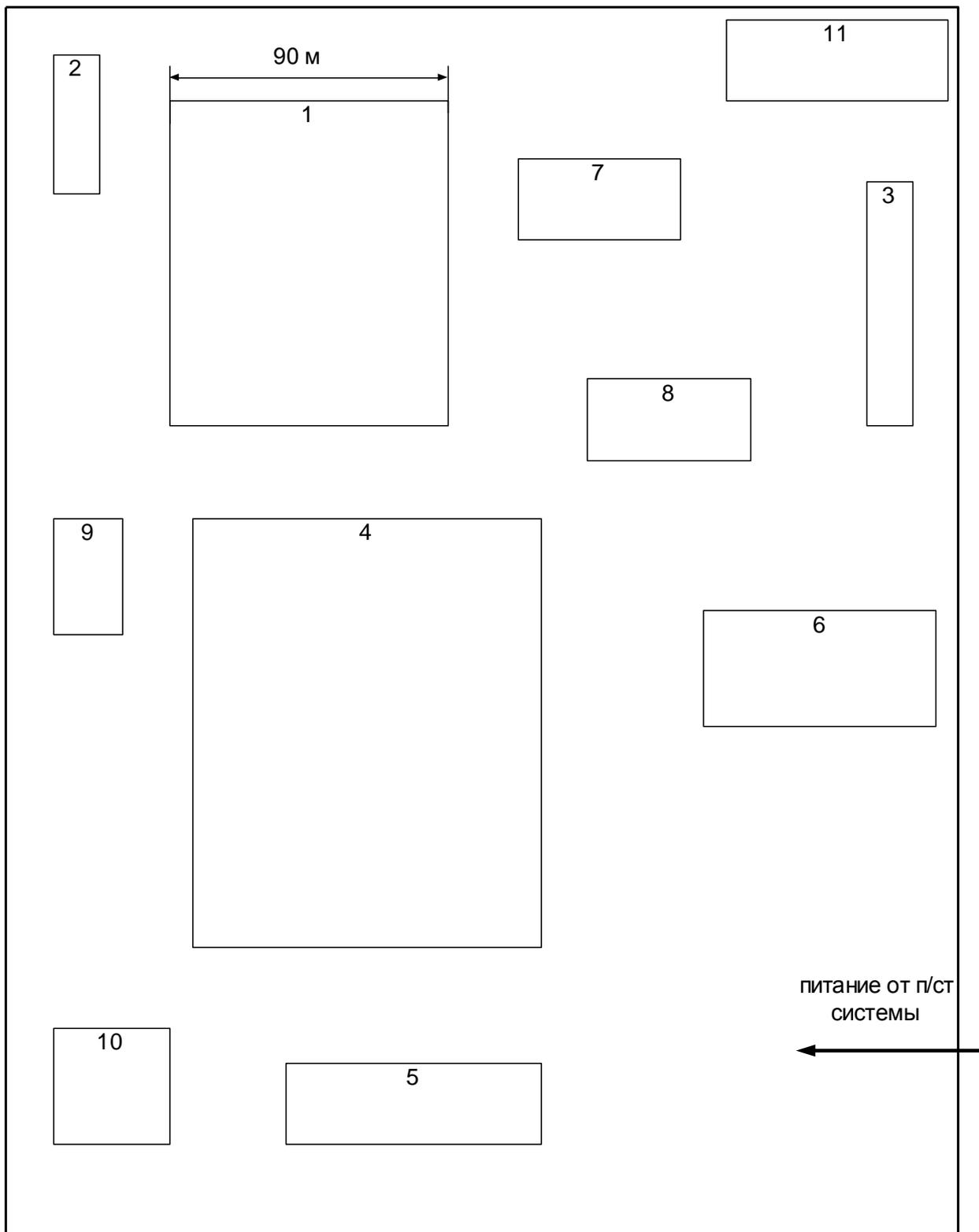


Рисунок 9.А – Генеральный план деревообрабатывающего завода

Задание №10

Тема Электроснабжение текстильного комбината

Исходные данные на проектирование

1. Генеральный план завода – рисунок 10.А
2. Сведения об электрических нагрузках завода – таблица 10.А.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 60 000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным 35, 20 и 10 кВ
4. Мощность системы 800 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы- 0,6
5. Стоимость электроэнергии 7, 95 тенге/ кВт*ч
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до комбината 10 км

Таблица 10.А – Ведомость электрических нагрузок

№ по плану	Наименование цеха	Уст. мощность $P_{уст}$, кВт		
		1	2	3
1	АБК (административно – бытовой корпус)	100	80	130
2	Прядильно – кордная фабрика	3500	2960	3350
3	Ткацкая фабрика №1	1600	1850	1700
4	Ткацкая фабрика №2	1150	900	1080
5	Отделочная фабрика	3000	2550	3100
6	Станция водоподготовки	550	600	460
7	Склад	150	230	120
8	Компрессорная	600	800	880
9	Холодильная станция	1105	1400	1000
	Холодильная станция (10 кВ)	6000	5600	6300
10	Насосная	380	400	205
11	Ремонтно – механический цех	850	750	650
12	Освещение цехов и территории завода	Определить по площади		

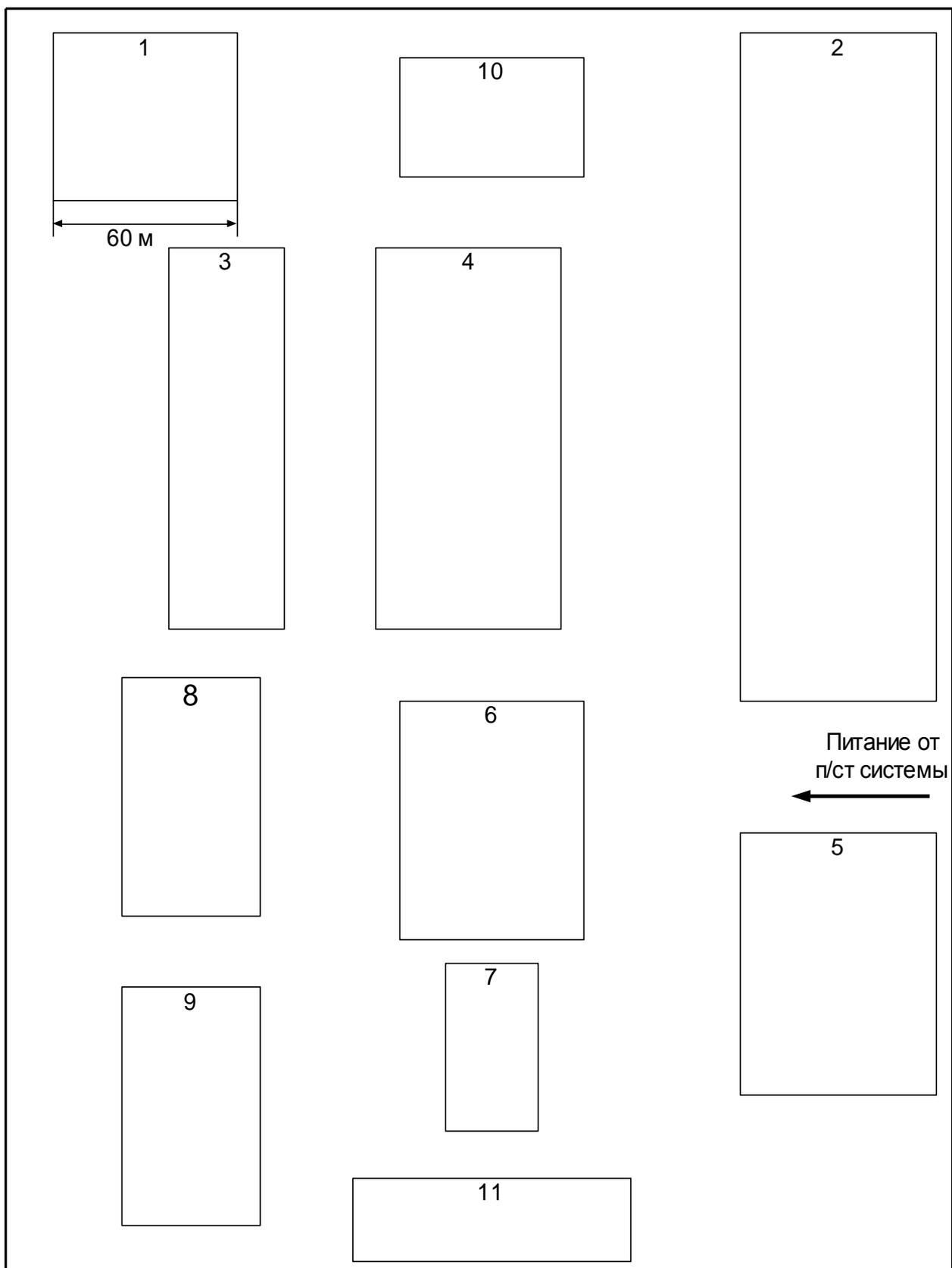


Рисунок 10.А – Генеральный план текстильного комбината

Приложение Б

Образец составления задания на курсовую работу

Ф. 2-14

Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова

Кафедра электроэнергетики и физики

Дисциплина: Проектирование систем электроснабжения

Специальность: 5В071800- Электроэнергетика

Программа и форма обучения: основная образовательная программа, очная форма обучения

Курс: 4

ЗАДАНИЕ

на выполнение курсовой работы

студенту **Иванову Борису Андреевичу**

Тема: Электроснабжение текстильного комбината (вариант 10-3)

Целевая установка: Выполнить проект системы электроснабжения заданного предприятия.

Основные вопросы, подлежащие разработке:

1 Расчет электрических нагрузок.

2 Выбор схемы внутреннего электроснабжения предприятия (напряжения 0,38; 6-10 кВ).

3 Выбор схемы внешнего электроснабжения предприятия.

4 Определение величины токов короткого замыкания (к.з.).

5 Выбор электрооборудования и его проверка по работе в режиме к.з.

Основная литература: (согласно приложению).

Объем курсовой работы: пояснительная записка объемом 30-40 страниц и 2 чертежа формата А1 (А3).

Срок доклада руководителю о ходе разработки курсовой работы:

1) доклад о ходе разработки курсовой работы - еженедельно (на СРСП)

Срок сдачи курсовой работы до _____ 201__ г.

Заведующий кафедрой ЭЭиФ _____ И.Кошкин

Руководитель курсового проекта _____ И. Кошкин

_____ 20__ г.

Приложение В

Образец оформления титульного листа курсовой работы

Министерство образования и науки Республики Казахстан

Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова

Кафедра электроэнергетики и физики

Курсовой проект

На тему: Электроснабжение текстильного комбината (вариант 10-3)

Дисциплина Проектирование систем электроснабжения

Специальность 5В071800 - Электроэнергетика

Выполнил:

Мустафин А. А., студент 4 курса
очной формы обучения

Научный руководитель:

Кошкин И.В., к.т.н., доцент

Защита курсовой работы
состоялась ____ ____ 20__ г.
оценка _____

Костанай, 20__

Приложение Г

Образец оформления списка использованных источников

Список использованных источников

1. Дукенбаев К. Энергетика Казахстана. В 2-х т. Том 1. – Алматы.: 2002. -361с
2. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Промышленные электрические сети./ Сост.: Т.В. Анчарова, В.В.Каменева, А.А. Катарская; Под общ. ред. А.А.Фёдорова и Г.В. Сербиновского – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1980. – 598 с., ил.
3. Мукосеев Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1973. – 584 с., ил.
4. Правила устройства электроустановок. – Астана, 2012. -640 с., ил.
5. Ткаченко В.В. Проектирование электрической части агропромышленных объектов. – Костанай.: КГУ им. А.Байтурсынова, 2006 г. – 116 с.
6. Алиев И.И., Абрамов М.Б. Электрические аппараты. / Справочник – М.: Высшая школа, 2002. – 255 с., ил.
7. Электротехнический справочник в 4-х т. Т 2. Электротехнические изделия и устройства./ Под общ. ред. проф. МЭИ В.Г. Герасимова и др. / гл. ред. И.Н. Орлов / - 8-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 1998 – 518 с., ил.
8. НПП «Промышленное электрооборудование». Номенклатурный каталог. – М.: 2000. – 113 с., ил.
9. Справочник по проектированию подстанций 35-500 кВ. / Г.К.Вишняков, Е.А. Гоберман, С.Л.Гольцман и др.; Под ред. С.С.Рокотяна и Я.С.Самойлова. – М.: Энергоиздат, 1982. – 352 с., ил
10. Справочник по проектированию электроснабжения, линий электропередачи и сетей. Под ред. Я.М.Большама, В.И.Круповича, М.Л.Самовера. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Энергия, 1974.
11. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Электрооборудование и автоматизация./ Сост.: Т.В. Анчарова, В.В.Каменева, А.А. Катарская; Под общ. ред. А.А.Фёдорова и Г.В. Сербиновского – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 624 с., ил.
12. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Под общ. ред. Б.Н. Неклепаева. Изд. 2-е, перераб. – М.: Энергия, 1972. – 336 с., ил. Авт.: И.П.Крючков, Н.Н. Кувшинский, Б.Н. Неклепаев, А.В. Чугреев.
13. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения. Под. ред. проф. Н.А. Баумштейна и М.В.Хомякова. – М.: Энергия, 1989. – 568 с., ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
Коэффициенты спроса и мощности

Таблица 1.Е

Коэффициенты спроса и коэффициенты реактивной мощности

Наименование цеха, производства	K_c	$\cos\varphi$
1	2	3
<i>Корпуса, цеха, насосные и другие установки общепромышленного назначения</i>		
Блок основных цехов	0,40-0,50	0,75
Блок вспомогательных цехов	0,30-0,35	0,7
Кузнечно-прессовые	0,40-0,5	0,75
Термические, закалочные	0,6	0,75
Металлоконструкций, сварочно-заготовительные	0,25-0,35	0,65-0,75
Механосборочные, столярные, модельные	0,20-0,30	0,60-0,80
Малярные, красильные	0,40-0,50	0,60-0,70
Собственные нужды ТЭЦ	0,60-0,70	0,8
Лаборатории, заводоуправления, конструкторские бюро, конторы	0,40-0,50	0,70-0,80
Депо электрокар	0,50-0,70	0,70-0,80
Депо (паровозное, пожарное, железнодорожное)	0,30-0,40	0,60-0,80
Гаражи автомашин	0,20-0,30	0,7
Котельные	0,50-0,60	0,8
Склады готовой продукции, металла, магазины	0,30-0,40	0,8
Столовая	0,40-0,50	0,9
Лесозаводы	0,35-0,45	0,75
Лесосушки	0,60-0,70	0,75-0,90
Термическая нагрузка (нагревательные печи)	0,70-0,80	0,85-0,90
Крановая нагрузка, подъемники	0,20-0,30	0,50-0,70
Электросварка	0,6	0,35
Малярные, модельные	0,40-0,50	0,50-0,60
Склады открытые	0,20-0,30	0,60-0,70
<i>Медеплавильные заводы</i>		
Ватержакеты и отражательные печи	0,5	0,8
Цех рафинации меди	0,6	0,75
<i>Завод цветной металлургии</i>		
Цех электролиза	0,7	0,85
Отдел регенерации	0,5	0,8
Разливочная	0,4	0,7
Лаборатория	0,25	0,7
Аглоцех	0,5	0,8
<i>Завод черной металлургии</i>		
Цех холодного проката	0,40-0,50	0,8
Цех горячего проката	0,50-0,60	0,8

Продолжение таблицы 1.Е

1	2	3
Мартеновский цех	0,40-0,50	0,75
Доменный цех	0,45	0,75
Слябинг	0,5	0,75
Цех сталеплаильных печей	0,4	0,8
Цех проката жести	0,45	0,7-0,8
<i>Обогащительная фабрика</i>		
Цех обогащения	0,60-0,65	0,8
Цех дробления	0,40-0,45	0,75
Флотационный цех	0,60-0,70	0,75
Сгустители	0,50-0,55	0,7
Шаровые мельницы	0,50-0,60	0,8
Реагентный, баритовый цех	0,6	0,8
Золоизвлекательный цех	0,4	0,7
Цех мокрой магнитной сепарации	0,5	0,8
Дробильно-промывочный цех	0,40-0,50	0,8
<i>Агломерационная фабрика</i>		
Спекальный цех	0,5	0,7
Цех фильтрации	0,50-0,60	0,7
Цех рудничной мелочи	0,4	0,65
Цех шихты	0,4	0,65
Цех перегрузки	0,30-0,40	0,65
Сероулавливающее устройство	0,50-0,55	0,75
<i>Алюминиевый завод</i>		
Блок мокрого размола и обработки	0,5	0,3
Выпарка, декомпозиция	0,55-0,60	0,85
Цех спекания, прокалывания	0,50-0,60	0,85
Цех выщелачивания, сгущения	0,40-0,50	0,8
Склады сырья	0,20-0,30	0,65
<i>Заводы тяжелого машиностроени</i>		
Главный корпус	0,30-0,40	0,65-0,70
Мартеновский цех	0,40-0,50	0,70-0,80
Кузнечный цех	0,40-0,45	0,75
Термический цех	0,50-0,60	0,65
Моторный цех	0,35	0,75
Экспериментальный цех	0,40-0,45	0,6
Арматурный цех	0,3	0,7
Рессорный цех	0,50-0,60	0,9
Сварочный цех	0,6	0,9
Аппаратный цех	0,25	0,65
Изоляционный цех	0,40-0,50	0,85

Продолжение таблицы 1.Е

1	2	3
Лаковарочный цех	0,5	0,8
Эстакада	0,4	0,8
Цех электролиза	0,2	0,7
Цех металлопокрытий	0,5	0,8
Экспериментальный цех	0,6	0,75
<i>Трансформаторные заводы</i>		
Главный корпус	0,4	0,80-0,85
Сварочный корпус	0,35	0,7
Аппаратный корпус	0,3	0,7
Изоляционный корпус	0,6	0,9
Лаковарочный корпус	0,4	0,8
Цех обмотки проводов	0,4	0,7
Кузовной цех	0,35	0,8
Цех обкатки автодвигателей	0,60-0,70	0,6
Станочное оборудование	0,25	0,6
Разборно-моечный цех	0,3	0,65
<i>Автомобильные заводы</i>		
Цех шасси и главный конвейер	0,35	0,75
Моторный цех	0,25	0,7
Прессово-кузовной цех	0,2	0,7
Кузнечный цех	0,2	0,75
Арматурно-агрегатный цех	0,2	0,7
<i>Химические заводы и комбинаты</i>		
Цех красителей	0,4	0,75
Цех натриевой соли	0,45	0,75
Цех хлорофоса, синильной кислоты	0,50-0,55	0,75
Цех метиленхлорида, сульфата аммония	0,5	0,70-0,75
Цех холодильных установок	0,6	0,8
Склады готовой продукции	0,2	0,5
Надшахтные здания	0,7	0,80-0,85
Здания подъемных машин	0,60-0,70	0,80-0,85
Галереи транспортеров	0,35-0,40	0,60-0,80
Здание шахтного комбината	0,5	0,9
Эстакады и разгрузочные пункты	0,60-0,70	0,65-0,80
Цех обезвоживания	0,5	0,8
Башня Эстнера	0,5	0,7
Эстакада наклонного транспорта	0,4	0,8

Продолжение таблицы 1.Е

1	2	3
Сушильное отделение	0,7	0,8
Корпус запасных резервуаров	0,3	0,8
Химлаборатория	0,3	0,8
Цех защитных покрытий	0,5	0,8
<i>Нефтеперерабатывающие заводы</i>		
Установка каталитического крекинга	0,50-0,60	0,8
Установка термического крекинга	0,65	0,85
Установка прянной гонки	0,50-0,60	0,75
Установка алкиляции, инертного газа	0,55	0,75
Электрообессоливающая установка	0,50-0,60	0,8
Этилсмесительная установка ЭЛОУ	0,50-0,60	0,8
Резервуарные парки	0,3	0,65
<i>Цементные заводы</i>		
Шиферное производство	0,35	0,7
Сырьевые мельницы	0,50-0,60	0,8
Сушильный цех	0,40-0,50	0,85
Цементные мельницы	0,50-0,60	0,8
Шламбассейны	0,7	0,85
Клинкерное отделение	0,35-0,45	0,75
Цех обжига	0,40-0,50	0,80-0,90
Электрофильтры	0,4	0,75
Цех дробления	0,5	0,8
Химводоочистка	0,50-0,60	0,8
Склады сырья	0,20-0,30	0,6
<i>Коксохимические заводы</i>		
Дезинтеграторное отделение	0,6	0,8
Перегрузочная станция дробления	0,5	0,7
Дозировочное отделение	0,4	0,8
Угольные ямы	0,7	0,75
Вагоноопрокидыватель	0,4	0,8
Коксовые батареи	0,60-0,70	0,85-0,90
Пекококсовая установка	0,7	0,8
Смолоразгонный цех	0,7	0,8
Дымососная установка	0,7	0,8
Бензольный цех	0,7	0,8
Насосная конденсата	0,6	0,7
Ректификация	0,6	0,75
Сероочистка	0,7	0,8
Углемойка	0,4	0,75
Холодильники аммиачной воды	0,5	0,8
<i>Промышленные базы стройиндустрии</i>		
Корпус дробления камня	0,40-0,60	0,75
Корпус промывки и сортировки	0,40-0,50	0,7
Корпус керамзитовых, бетонных и гончарных труб	0,4	0,7

Продолжение таблицы 1.Е

Корпус железобетонных конструкций	0,3-0,4	0,7
Бетонно-смесительный цех	0,5	0,75
Цех силикатно-бетонных изделий	0,4-0,45	0,75
Цех производства шифера	0,5	0,7
Цех помола извести	0,4	0,65
Цех ячеистых бетонов	0,4	0,65
Цех гипсошлаковых изделий	0,35	0,6
Арматурный цех	0,4	0,6
Склады	0,25	0,7
<i>Текстильные, трикотажные, ситценабивные меланжевые фабрики</i>		
Прядильный цех	0,50-0,70	0,75
Ткацкий цех	0,60-0,70	0,8
Красильный, отбельный цех	0,50-0,55	0,70-0,80
Крутильный цех	0,50-0,60	0,8
Корпуса "медиа", "утка" и др.	0,5	0,7
Сушильный, ворсовальный цех	0,40-0,50	0,75-0,80
Печатный цех	0,5	0,75
Вязальный, трикотажный цех и др.	0,40-0,50	0,7
Цех носочно-чулочных изделий	0,40-0,50	0,7
Цех капроно-нейлоновых изделий	0,50-0,60	0,75
Швейные мастерские	0,30-0,40	0,65
Основальный корпус	0,6	0,7
Кузнечно-сварочный цех	0,3	0,5
Опытный флотационный цех	0,7	0,8
Разгрузочное устройство	0,3	0,8
Главный корпус сальвинитовой фабрики	0,7	0,8
<i>Деревообрабатывающие комбинаты и заводы</i>		
Лесопильный завод	0,4	0,7
Сушильный цех	0,35	0,8
Биржа сырья	0,3	0,65
Цех прессованных плит	0,4	0,75
Столярный, модельный, деревообрабатывающий	0,25-0,35	0,7
<i>Станкостроительный завод</i>		
Главный корпус	0,5	0,6
Эстакада к главному корпусу	0,5	0,7
Станция осветления вод	0,7	0,85
Главный корпус опытного завода	0,3-0,4	0,7
Машинный зал	0,5	0,8
Лаборатория специальных работ	0,35	0,7
<i>Бумажные фабрики</i>		
Бумажные машины	0,60-0,65	0,75
Дереворубка	0,40-0,45	0,65
Кислотный цех	0,5	0,8
Варосный цех	0,35	0,70-0,80
Отбельный цех	0,50-0,60	0,7
Тряпковарка	0,60-0,65	0,8
Лесотаски	0,35	0,6

Приложение Ж

Данные к расчету однофазного короткого замыкания

Таблица 1Ж

Расчетные сопротивления масляных трансформаторов по ГОСТ 12022-76 и ГОСТ 11920-73

Мощность трансформатора, кВ·А	Первичное напряжение, кВ	$Z_r/3, \text{ Ом}$	
		Схема соединения трансформатора	
		Y/Y ₀	$\Delta/Y, Y/$
25	6-10	1,036	0,302
40	6-10	0,649	0,187
69	6-10	0,412	0,12
	20-35	0,379	0,139
100	6-10	0,259	0,0754
	20-35	0,288	0,109
160	6-10	0,162	0,047
	20-35	0,159	0,068
250	6-10	0,104	0,03
	20-35	0,102	0,0433
400	6-10	0,065	0,019
	20-35	0,063	-
630	6-10	0,043	0,014
	20-35	0,04	-
1000	6-10	0,027	0,009
	20-35	0,0256	0,0107
1600	6-10	0,018	0,0056
	20-35	0,017	0,0065
2500	6-10	-	0,0036

Таблица 2Ж

Полное сопротивление цепи фаза-нуль для 4-х жильных кабелей в пластмассовой изоляции

Сечение жил кабеля, мм ²	Сопротивление, Ом/км					
	Материал жилы					
	Алюминий			Медь		
	r фазы	r нуля	Z цепи	r фазы	r нуля	Z цепи
4x2,5	14,75	14,75	29,5	8,73	8,73	17,46
3x4-1x2,5	9,2	14,75	23,95	5,47	8,73	14,2
4x4	9,2	9,2	18,4	5,47	5,47	10,94
3x6-1x4	6,15	9,2	15,35	3,64	5,47	9,11
4x6	6,15	6,15	12,3	3,64	3,64	7,28
3x10-1x6	3,68	6,15	9,83	2,17	3,64	5,81
4x10	3,68	3,68	7,36	2,17	2,17	4,34
3x16-1x10	2,3	3,68	5,98	1,37	2,17	3,54
4x16	2,3	2,3	4,6	1,37	1,37	2,74
3x25-1x16	1,47	2,3	3,77	0,873	1,37	2,243
4x25	1,47	1,47	2,94	0,873	0,873	1,746
4x35-1x16	1,05	2,3	3,35	0,625	1,37	1,995
4x35	1,05	1,05	2,1	0,625	0,625	1,25
3x50-1x25	0,74	1,47	2,21	0,436	0,873	1,309
4x50	0,74	0,74	1,48	0,436	0,436	0,872
3x70-1x25	0,527	1,47	1,997	0,313	0,873	1,186
3x70-1x35	0,527	1,05	1,577	0,313	0,625	0,938
4x70	0,527	0,527	1,054	0,313	0,313	0,626
3x95-1x35	0,388	1,05	1,438	0,23	0,625	0,855
3x95-1x50	0,388	0,74	1,128	0,23	0,436	0,666
4x95	0,388	0,388	0,776	0,23	0,23	0,46
3x120-1x35	0,308	1,05	1,358	0,181	0,625	0,806
3x120-1x70	0,308	0,527	0,835	0,181	0,313	0,494
4x120	0,308	0,308	0,616	0,181	0,181	0,362
3x150-1x50	0,246	0,74	0,986	0,146	0,436	0,582
4x150	0,246	0,246	0,492	0,146	0,146	0,292
3x185-1x50	0,2	0,74	0,94	0,122	0,436	0,558
4x185	0,2	0,2	0,4	0,122	0,122	0,244
4x240	0,153	0,153	0,306	0,09	0,09	0,18