

Министерство сельского хозяйства РФ  
Иркутская государственная сельскохозяйственная академия

**Наумов И.В., Лещинская Т.Б., Бондаренко С.И.**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**Иркутск 2011**

**УДК:621.316.004**

Рецензенты: д.т.н., проф. В.Н. Карпов, профессор кафедры «Энергообеспечение предприятий АПК» (Санкт-Петербургский государственный аграрный университет); д.т.н., проф. Е.И. Забудский, профессор кафедры «Электроснабжение и электрические машины им. И.А. Будзко» (Московский государственный аграрный университет им. В.П. Горячкина)

Наумов И.В., Лещинская Т.Б., Бондаренко С.И. Проектирование систем электроснабжения: межвузовское учебное пособие для самостоятельной работы студентов/ Под общей редакцией **И.В. Наумова**. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2011.- 327 С.

В учебном пособии рассматриваются вопросы проектирования систем электроснабжения различных отраслей хозяйственной деятельности. Рассмотрены основные положения и методы проектирования, представлена нормативно-справочная информация, рассмотрены принципы выполнения расчётов по основным разделам. Учебное пособие предназначено для самостоятельной работы студентов при выполнении курсовых проектов по дисциплинам: «Электроснабжение», «Системы электроснабжения» специальностей 110302 – Электрификация и автоматизация сельского хозяйства; 140102 – Электроснабжение предприятий. Может быть использовано в качестве учебного пособия для самостоятельной работы студентов других электроэнергетических специальностей. Может быть полезно инженерно-техническим работникам при выполнении проектов по системам электроснабжения.

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агроинженерному образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства». **Гриф № 07-8а/41 от 17.01.2011г.**

© Наумов И.В., Лещинская Т.Б., Бондаренко С.И., 2011.

© ИрГСХА, 2011.

## Оглавление

Предисловие	5
Введение	10
Глава 1. Общая характеристика проектируемого объекта	11
Глава 2. Определение расчетной нагрузки	13
2.1. Определение расчетной нагрузки промышленных предприятий	13
2.1.1. Виды электрических нагрузок	13
2.1.2. Показатели графиков электрических нагрузок	17
2.1.3. Последовательность расчёта электрических нагрузок	23
2.2. Определение расчетной нагрузки объектов городского хозяйства	37
2.2.1. Общие требования	37
2.2.2. Определение расчетной нагрузки	38
2.3. Определение расчётной нагрузки сельских электрических сетей	50
Глава 3. Выбор места расположения и определение мощности источника питания	53
3.1. Промышленные предприятия	53
3.1.1. Построение картограммы нагрузок завода, определение места расположения ГПП, РП и цеховых трансформаторных подстанций, выбор мощности трансформаторов ГПП	54
3.1.2. Техничко-экономическое сравнение вариантов распределения электроэнергии в системе внешнего электроснабжения	59
3.2. Городское хозяйство	73
3.3. Системы сельского электроснабжения	75
3.3.1. Выбор мощности источников питания потребителей и места их расположения	75
3.3.2. Выбор схемы электроснабжения	78
ГЛАВА IV. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	81
4.1. Выбор схемы внутреннего электроснабжения промышленных предприятий	82
4.1.1. Выбор номинальных напряжений	82
4.1.2. Источники питания и пункты приема электроэнергии объектов на напряжении выше 1 кВ	83
4.1.3. Уточнённый выбор элементов системы электроснабжения	100
4.1.4. Особенности проектирования низковольтной системы электроснабжения промышленных предприятий	105
4.2. Выбор системы внутреннего электроснабжения городов	112
4.3. Выбор системы внутреннего электроснабжения сельских населенных пунктов	115
ГЛАВА V. РАСЧЁТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ	119
5.1. Общие сведения	119
5.2. Составление расчётной схемы и схемы замещения	125

5.3. Определение параметров схемы замещения	129
5.3.1. Система относительных величин при расчете токов короткого замыкания	130
5.3.2. Определение параметров схемы электроснабжения	131
5.4. Расчёт токов короткого замыкания в электрических сетях выше 1 кВ	136
5.5. Расчёт токов короткого замыкания в электрических сетях ниже 1 кВ	139
<b>ГЛАВА VI. ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ И СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ</b>	144
6.1. Общие сведения	144
6.2. Выбор шинных конструкций	147
6.3. Выбор выключателей	151
6.4. Выбор предохранителей	155
6.5. Выбор разъединителей, отделителей и короткозамыкателей	158
6.6. Выбор вспомогательного оборудования	161
<b>ГЛАВА VII. Расчет заземления и молниезащиты</b>	163
7.1. Общие сведения	163
7.2. Расчет заземляющего устройства	165
7.3. Расчет молниезащиты. Выбор средств защиты от перенапряжений	170
Библиография	172
Приложение 1	173
Приложение 2	214
Приложение 3	260
Приложение 4	290

## Список принятых сокращений

СЭС – система электроснабжения.

ЛЭП – линия электропередачи.

ВЛЭП – воздушная линия электропередачи.

КЛЭП – кабельная линия электропередачи.

ГПП – главная понизительная подстанция.

ПГВ – подстанция глубокого ввода.

ЭП – электроприёмник.

РП – распределительный пункт.

ПКР – повторно-кратковременный режим.

ПВ – продолжительность включения.

КУ – компенсирующее устройство.

ТП – трансформаторная подстанция.

ЦП – центр питания.

ИП – источник питания.

РТП – районная трансформаторная подстанция.

УРП – узловая распределительная подстанция.

РУ – распределительное устройство.

ЦТП – цеховая трансформаторная подстанция.

РЩ – распределительный щит.

ЩО – щит освещения.

## Предисловие

Проектирование системы электроснабжения любого объекта является важным этапом, обуславливающим нормальные условия его функционирования и развития на долгосрочную перспективу. Такими объектами народного хозяйства могут служить промышленные предприятия любой направленности, а также объекты городского и сельского хозяйства.

Данное учебное пособие предназначено для студентов вузов электроэнергетических специальностей очно-заочной формы обучения, изучающих дисциплины «Электроснабжение», «Системы электроснабжения» и пр., выполняющих курсовые проекты по данным дисциплинам и соответствующие разделы при выполнении дипломного проекта, кроме систем электроснабжения тягового транспорта, которые имеют свои особенности и в данном учебном пособии не рассматриваются.

Курсовой проект по системам электроснабжения для студентов специальности «ЭП» является определяющим, поскольку содержит более 80% всего содержания дипломного проектирования. Следовательно, насколько грамотно будет выполнен курсовой проект, настолько это и будет соответствовать квалификации выполняемой проектной работы при дипломном проектировании.

Следует отметить, что главы предлагаемого учебного пособия соответствуют разделам курсового и дипломного проектов различной глубины проработки, зависящей от задания на курсовое и дипломное проектирование.

Главной трудностью для студента при проектировании является правильный выбор методики основанной на действующих руководящих материалах. Поэтому в данном учебном пособии очень последовательно изложен материал по проектированию систем электроснабжения промышленных предприятий, городского и сельского хозяйства.

Основной целью данного пособия является развитие у студента навыков самостоятельной работы при проектировании систем электроснабжения, а также данное пособие может использоваться при подготовке к экзаменам по соответствующим дисциплинам.

Задание на проектирование может быть выдано как для реального объекта, находящегося в эксплуатации и требующего проведения работ по реконструкции или полной замены существующей схемы электроснабжения, так и для вновь проектируемого объекта, исходными данными для которого служат генеральный план и данные по электрическим нагрузкам.

Внимательно изучив выданное задание и разобравшись с его особенностями, уяснив цель проектирования и те задачи, которые Вы должны решить для её достижения, необходимо распланировать свое время.

Как правило, на выполнение курсового проекта студенту отводится один месяц. Следовательно, Вы должны составить для себя график самостоятельной работы таким образом, чтобы, посещая обязательные консультации преподавателя в соответствии с установленным расписанием, ежедневно два-три часа запланировать непосредственно для выполнения данного курсового проекта.

Перед тем, как прийти к преподавателю на первую консультацию, необходимо выполнить следующую работу.

На первоначальном этапе Вам необходимо перерисовать для себя генеральный план объекта и выписать задание на проектирование, включая необходимую исходную информацию. Внимательно изучить эту информацию, определив категоричность электроприемников, входящих в объект проектирования по требованиям уровня надежности электроснабжения, входящих в объект проектирования. При этом следует определить процентное соотношение приемников 1, 2 и 3 категории для дальнейшего учёта при разработке схемы электроснабжения

Второе. Вы должны определить характер нагрузки электроприемников на объекте проектирования, а также режимы работы потребителей для

разработки мероприятий, связанных с обеспечением качества электрической энергии (выполнения требований к показателям качества электрической энергии). Под характером нагрузки здесь следует иметь в виду конфигурацию графика её работы (длительная, кратковременная, повторно-кратковременная, резкопеременная, нелинейная, несимметричная и пр.). Продумайте, как именно, с учетом требований уровня надежности электроснабжения и качества электрической энергии, составить схему электроснабжения, наиболее целесообразно распределив потребители электрической энергии, представленные на генеральном плане

Третье. Составьте для себя (напишите) перечень вопросов, которые Вы должны задать преподавателю на первой консультации. Обычно первая консультация назначается преподавателем, через 2-3 дня после выдачи задания на проектирование.

Для студента очень важна первая консультация, поскольку в это время он уточняет свое задание, разбирается в тех неясностях, которые возникли в ходе его предварительной оценки, обсуждает с преподавателем предполагаемый ход проектирования на первом этапе.

Таким образом, студент должен прийти на первую консультацию подготовленным, с конкретными вопросами по полученному заданию.

Все последующие вопросы проектирования, связанные с выполнением конкретных разделов проекта, последовательно обсуждаются с преподавателем на последующих консультациях.

Студент, не посещающий консультации преподавателя по выполнению курсового (дипломного) проекта в назначенные сроки, может быть представлен на заседании кафедры, как не выполняющий программу обучения по данной специальности с последующим представлением его деканату на отчисление.

Курсовой проект по данной специальности состоит из расчётно-пояснительной записки и 2-х чертежей. *На первом* чертеже изображается генеральный план объекта проектирования со спецификацией в которой



указывается наименование потребителей, их номинальная установленная мощность. Кроме того, на этом чертеже намечаются трассы линий электропередачи к потребителям. *На втором* чертеже приводится схема электроснабжения с нанесением выбранного оборудования, аппаратов защиты, управления и сигнализации с указанием их марок.

В расчётно-пояснительной записке освещаются следующие разделы:

- введение;
- расчёт электрических нагрузок;
- разработка схем внешнего и внутреннего электроснабжения;
- выбор соответствующих источников питания;
- расчёт токов короткого замыкания;
- выбор аппаратуры защиты и управления;
- расчёт заземляющего устройства подстанции.

## Введение

Введение содержит цель проектирования системы электроснабжения, постановку задачи, актуальность темы проекта и ее значение непосредственно для выбранного объекта хозяйственной деятельности. Во введении дается краткий анализ возможных методов решения поставленной задачи во взаимосвязи со спецификой системы электроснабжения. Указываются основные литературные источники, по которым делается обзор, включая нормативно-техническую литературу и другие источники, в т.ч., периодическую печать. Это позволяет судить, насколько полно изучена литература по проектированию СЭС конкретной отрасли. Обзор должен содержать краткую оценку принципов построения проектируемой СЭС, а также влияние проектируемого объекта на окружающую среду.

Очень часто студент не придает значения этому разделу. И, зачастую, во введении написаны общие фразы, не имеющие ничего общего к конкретно-выданному заданию. Нужно исходить из того, что введение это программа действий, алгоритм выполнения всего проекта. Поэтому, указав актуальность тематики именно для выбранного объекта проектирования и сославшись на конкретные материалы (правительственные, ведомственные), необходимо сформулировать **цель** проекта, которая может отражать не только необходимость создания новой системы электроснабжения для вновь проектируемого предприятия, в связи с необходимостью выполнения заданного объема производства, но также и необходимость реконструкции существующей СЭС, связанной с ростом электрических нагрузок, моральным и физическим старением оборудования и пр. Цель проекта должна быть продумана, обоснована и обязательно согласована с руководителем проекта.

Здесь же, во введении необходимо сформулировать перечень основных **задач**, которые должны быть решены студентом для достижения указанной цели. Содержание этих задач отражено в задании на проектирование. Вместе с этим, студент должен не только сформулировать эти задачи во введении, но

и указать методы, которыми он будет пользоваться при решении задач проектирования.

Во введение также нужно указать и ожидаемый результат проектирования, то есть, что именно позволит достигнуть спроектированная система электроснабжения данного объекта.

## **Глава 1. Общая характеристика проектируемого объекта**

Если задание выдано на конкретный объект, непосредственно занятый в процессе производства (промышленного, сельскохозяйственного), или же объект городского хозяйства, то необходимо охарактеризовать географическое положение объекта, дать природно-климатическую характеристику, его производственные связи с другими предприятиями, организациями; народнохозяйственное значение. Имеются ли рядом расположенные предприятия, жилые массивы или сельские районы, электроснабжение которых возможно осуществить от подстанций проектируемого предприятия.

Необходимо рассмотреть структуру предприятия, общие сведения о характере производства и выпускаемой продукции или оказываемых услугах, а также ожидаемой годовой производительности предприятия в натуральном выражении (тонны, метры, штуки и т.д.). Число смен и число часов работы в смену.

Если задание выдано на вновь проектируемый объект и данных о характере производства, взаимосвязи с другими народнохозяйственными объектами отсутствуют, необходимо воспользоваться информацией об аналогичных объектах, сведения о которых приведены в опубликованной литературе, Интернете.

Независимо от характера выданного задания, необходимо рассмотреть технологию производства продукции предприятия. Взаимосвязь цехов или отдельных его подразделений в общем процессе производства. Для действующего предприятия необходимо представить характеристику его

экономической деятельности: энерговооруженность, структуру энергетических мощностей, их связи в процессе производства и достаточно полную информацию конкретного производства.

В сжатом виде (в виде функциональной схемы) желательно описать модель производства, с учётом возможности участия в электропотреблении субабонентов. Это необходимо для последующего синтеза и анализа проектируемой системы электроснабжения.

Необходимо также учесть возможные перспективы развития производства (городского хозяйства) на ближайшие 10 лет, то есть, возможное возрастание электропотребления производством (населением).

Особое внимание необходимо уделить особым требованиям, предъявляемым к электрооборудованию в производственных помещениях (высокая влажность, температурный режим, химическая агрессивность пожаро- и взрывоопасность, запыленность, наличие вибраций, тряски, ударов, перемещений в пространстве и т.п.), то есть охарактеризовать категории помещений цехов предприятия.

В этой же главе необходимо подробно осветить исходные данные, полученные при выдаче задания на проектирование: характеристика электроприемников, их номинальная установленная мощность, при этом, необходимо отобразить генеральный план объекта проектирования с нанесением исходных данных, необходимых для дальнейшего проектирования.

В том случае, когда проектирование системы электроснабжения осуществляется для реально существующего объекта, уже имеющего систему электроснабжения, необходимо дать её развернутую характеристику. То есть, на каком расстоянии находится система от ГПП предприятия, характеристику ГПП, отходящих от неё ЛЭП, распределительных пунктов, цеховых или потребительских подстанций. Дать оценку существующей системе электроснабжения, отметив её достоинства и недостатки.

## Глава 2. Определение расчетной нагрузки

Выбор метода расчета электрических нагрузок производится в зависимости от принадлежности проектируемого объекта к той или иной отрасли (промышленное предприятие, микрорайон города, сельскохозяйственный район, сельский населённый пункт).

### 2.1. Определение расчетной нагрузки промышленных предприятий

#### 2.1.1. Виды электрических нагрузок

Основой для определения расчетных нагрузок является номинальная мощность электроприемников рассматриваемого объекта проектирования. Номинальная (установленная) мощность одного ЭП - мощность, обозначенная на заводской табличке или в его паспорте. Применительно к агрегату с многодвигательным приводом под номинальной мощностью подразумевают наибольшую сумму номинальных мощностей одновременно работающих двигателей. При этом, групповая номинальная (установленная) активная мощность - сумма номинальных активных мощностей группы ЭП:

$$P_n = \sum_1^n P_n, \quad (2.1)$$

где  $n$  - число электроприемников.

Номинальная реактивная мощность одного ЭП  $q_n$  - реактивная мощность, потребляемая из сети или отдаваемая в сеть при номинальной активной мощности и номинальном напряжении, а для синхронных двигателей - при номинальном токе возбуждения. Групповая номинальная реактивная мощность - алгебраическая сумма номинальных реактивных мощностей входящих в группу ЭП

$$Q_n = \sum_1^n q_n = \sum_1^n P_n \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.2)$$

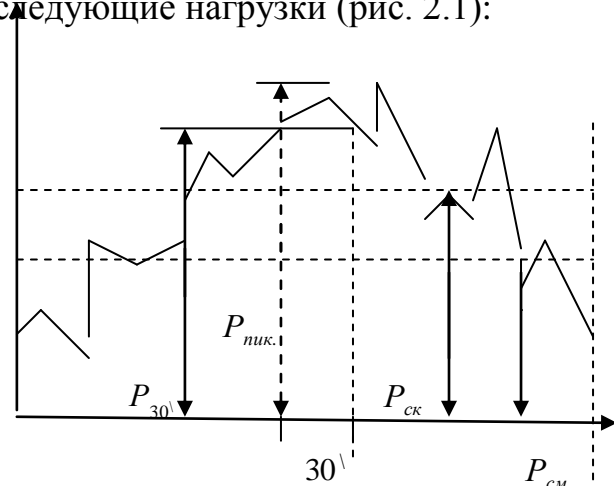
где  $\operatorname{tg} \varphi$  - паспортное или справочное значение коэффициента реактивной мощности.

При разработке проекта электроснабжения промышленного предприятия необходимо определить максимальную мощность, передачу которой требуется обеспечить для нормальной работы объекта. В зависимости от этого значения, которое и называется **расчётной нагрузкой**, выбирается источник питания и всё оборудование электрической сети (линии, трансформаторы, распределительные устройства). Таким образом, определение расчётных нагрузок является важным этапом при проектировании любой системы электроснабжения. Максимальная мощность, потребляемая группой приёмников, всегда меньше суммы номинальных мощностей этих приёмников. Это объясняется неполной загрузкой электроприёмников и несовпадением по времени их максимальной загрузки. Следует также учитывать неравномерность распределения этих нагрузок по фазам питающей сети. Следовательно, при расчёте потребляемой мощности необходимо анализировать графики нагрузок.

*Графиком нагрузки* называется кривая изменения тока (мощности), потребляемых в процессе работы. В расчётах удобнее пользоваться графиками активной нагрузки.

Рассмотрим групповой график нагрузки за наиболее загруженную смену, т.е. за смену, характеризующую наибольшим потреблением электроэнергии. Именно такие графики служат основой для анализа показателей нагрузки.

Для разработки систем электроснабжения требуется определять следующие нагрузки (рис. 2.1):



**Рис. 2. 1. Групповой график  $P(T)$**

На графике показаны значения активной нагрузки  $P$  переменного характера, которые требуется определять для расчётов систем электроснабжения: средняя нагрузка  $P_{см}$ , средняя квадратичная нагрузка  $P_{ск}$ , пиковая нагрузка  $P_{пик}$ , максимальная нагрузка 30-ти минутной продолжительности  $P_{30}$ .

*Средней нагрузкой  $P_{см}$*  называется такая нагрузка, работая с которой в течении определённого промежутка времени (смена, сутки, год), потребитель потреблял бы то же количество энергии, которое он потребляет в действительности при неравномерной нагрузке. Эта нагрузка легко определяется по показаниям счётчика за интервал времени  $T$ . Например, средняя нагрузка за наиболее загруженную смену:

$$P_{см.} = \frac{\mathcal{E}_a}{T_{см.}}; Q_{см.} = \frac{\mathcal{E}_p}{T_{см.}}; I_{см.} = \frac{\sqrt{P_{см.}^2 + Q_{см.}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (2.3)$$

где  $\mathcal{E}_a, \mathcal{E}_p$  - соответственно активная и реактивная энергии за время смены  $T_{см.}$ ;  $I_{см.}$  - среднее значение силы тока;  $U_n$  - номинальное напряжение.

*Средняя квадратичная нагрузка  $P_{ск}$*  за интервал времени  $T$  определяется из ступенчатого графика нагрузки:

$$P_{ск.} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2(T) dt} \approx \sqrt{\frac{P_1^2 T_1 + P_2^2 T_2 + \dots}{T_1 + T_2 + \dots}}, \quad (2.4)$$

где  $P_1, P_2$  - фактическая нагрузка единичного потребителя;  $T_1, T_2$  - фактическое время работы потребителя.

По средней квадратичной мощности рассчитываются потери мощности, оценивается эффект снижения потерь мощности в сетях, а также выбирается элемент электрической сети с нестабильной нагрузкой (например, в электрических сетях, питающих сварочные агрегаты).

*Максимальная нагрузка* заданной продолжительности представляет собой наибольшее её значение из всех значений за заданный промежуток времени. Например,  $P_{30}$  - максимальная нагрузка получасовой продолжительности, остальные получасовые интервалы нагрузки за всю смену менее загружены.

Максимальная кратковременная нагрузка продолжительностью несколько секунд называется *пиковой нагрузкой*. По  $P_{пик}$  проверяют колебания напряжения, выбирают уставки защиты, плавкие вставки предохранителей.

*Расчётную нагрузку* определяют как максимальную усреднённую за определённый интервал времени нагрузку.

Расчетная активная  $P_p$  и реактивная  $Q_p$  мощности это мощности, соответствующие такой неизменной токовой нагрузке  $I_p$ , которая эквивалентна фактической изменяющейся во времени нагрузке по наибольшему возможному тепловому воздействию на элемент системы электроснабжения. Вероятность превышения фактической нагрузки над расчетной не более 0,05 на интервале осреднения, длительность которого принята равной трем постоянным времени нагрева элемента системы электроснабжения  $3T_o$ , через который передается ток нагрузки (кабеля, провода, шинпровода, трансформатора и т. д.).

Для одиночных ЭП расчетная мощность принимается равной номинальной, для одиночных ЭП повторно-кратковременного режима - равной номинальной, приведенной к длительному режиму.

Длительность этого интервала зависит от постоянной времени нагрева проводников  $\tau$ . Время нагрева (Т) обычно принимается равным трём постоянным:  $T = 3\tau$ .

Установлено, проводники малых и средних сечений имеют постоянную времени нагрева около 10 минут. Вследствие этого *интервал усреднения расчётной максимальной нагрузки* обычно принимают, равным 30 мин.

Поэтому расчётную нагрузку ( $P_p$ ) для выбора проводников и аппаратов электрической сети принимают равной получасовому максимуму,



$$\text{т.е. } P_p = P_{30'}$$

Для мощного электрооборудования и проводников более крупного сечения  $\tau \geq 10 \text{ мин.}$  поэтому их выбор по  $P_{30'}$  даёт несколько завышенное значение сечения токоведущих частей. Однако "Руководящие указания по электроснабжению промышленных предприятий" допускают это как некоторый запас.

Для силовых трансформаторов  $\tau = 1,5 - 3 \text{ ч}$  и более. Соответственно и интервал усреднения принимается, равным 4,5...9 час. Поэтому за расчётную нагрузку при выборе трансформаторов принимают среднюю нагрузку за максимально загруженную смену.

$$P_{p.m.p.} = P_{c.m.}$$

### 2.1.2. Показатели графиков электрических нагрузок

При проектировании электроснабжения новых предприятий графики нагрузки – отсутствуют. Поэтому необходимо пользоваться расчётными характеристиками, полученными на действующих предприятиях того же профиля и приведёнными в справочной литературе. Такие безразмерные расчётные коэффициенты получили название *показателей графиков* электрических нагрузок. Рассмотрим основные из них.

**Коэффициент использования** – характеризует использование мощности приёмников, по сравнению с их номинальной мощностью отдельного электроприемника  $k_u$  или группы ЭП  $K_u$  и представляет собой отношение средней активной мощности отдельного ЭП  $p_c$  или группы ЭП  $P_c$  за наиболее загруженную смену к ее номинальному значению:

$$K_{II} = \frac{P_{CM}}{P_H} = \frac{P_1 T_1 + P_2 T_2 + \dots + P T}{P_H (T_1 + T_2 + \dots + T + T_{науз.})} = \frac{\mathcal{E}_a}{\mathcal{E}_{наиб.}} \quad (2.5)$$

В справочных материалах, содержащих расчетные коэффициенты для определения электрических нагрузок промышленных предприятий, значения коэффициентов использования приведены по характерным (однородным) категориям ЭП. К одной характерной категории относятся ЭП, имеющие одинаковое технологическое назначение, а также одинаковые верхние границы возможных значений  $k_u$  и коэффициентов реактивной мощности  $\text{tg}\varphi$ . Например, сверлильные станки относятся к характерной категории "металлорежущие станки", которая представлена в справочных материалах расчетными коэффициентами  $k_u = 0,14$  и  $\text{tg}\varphi = 2,3$ . Это означает, что активная и реактивная средняя (за максимально загруженную смену) мощность любого станка, относящегося к указанной категории может быть выше  $p_c = p_n k_u$  и  $q_c = p_n k_u \text{tg}\varphi$  с вероятностью превышения не более 0,05. Значение коэффициента использования для большинства промышленных электроприемников представлены в таблице П1.1 Приложения 1.

При определении  $K_u$  группы электроприемников как средневзвешенного справочного значения характерных категорий произведение  $K_u P_n$  не должно рассматриваться как среднее значение ожидаемой нагрузки, так как в нем не учтен фактор снижения расчетных значений  $K_u$  при увеличении числа электроприемников в группе. Указанный фактор учитывается в номограмме (см. рис. 2.2).

Прежде чем рассматривать следующий показатель графиков нагрузки, необходимо рассмотреть такое понятие, как *эффективное число электроприемников*, без которого невозможно обойтись при определении расчетных нагрузок отдельных групп электроприемников или в целом цехов предприятий.

**Эффективное число электроприемников  $n_e$**  - это такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа

различных по мощности электроприемников. Величину  $n$ , рекомендуется определять по следующему выражению:

$$n_{\text{Э}} = \frac{\left( \sum_1^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_1^n P_{Hi}^2} = \frac{P_{\text{уст.}}^2}{\sum_1^n P_{Hi}^2}, \quad (2.6)$$

где  $P_{\text{уст.}} = \sum_1^n P_{Hi}$  - суммарная номинальная, т.е. установленная мощность приёмников электроэнергии.

Если в группе все приёмники имеют одинаковую  $P_{Hi}$ , то  $n_{\text{Э}} = n$ .

Существуют упрощённые способы определения эффективного числа электроприёмников:

- 1) Принимается  $n_{\text{Э}} = n$ , если самый большой и самый маленький приёмники данной группы различаются по мощности не более чем в 3 раза. При этом самые мелкие приёмники (в пределах 5%  $P_{Hi}$ ) группы в расчёт не принимаются.
- 2) В целом, эффективное число электроприёмников можно определять по упрощенной формуле:

$$n_{\text{Э}} = 2 \cdot \frac{P_{\text{уст.}}}{P_{HM}}, \quad (2.7)$$

где  $P_{HM}$  - номинальная мощность самого крупного приёмника электроэнергии в группе.

Следующим показателем графиков нагрузки является **коэффициент расчетной мощности  $K_p$** , который представляет собой отношение расчетной активной мощности  $P_p$  к значению  $K_u P_n$  группы ЭП:

$$K_p = P_p / K_u P_n. \quad (2.8)$$

Коэффициент расчетной мощности зависит от эффективного числа электроприемников, средневзвешенного коэффициента использования, а также от постоянной времени нагрева сети, для которой рассчитываются электрические нагрузки.

Нормативными материалами принимаются следующие значения постоянных времени нагрева:

$T_o = 10$  мин - для сетей напряжением до 1 кВ, питающих распределительные шинопроводы, пункты, сборки, щиты. Значения  $K_p$  для этих сетей принимаются по табл. 2.2 или номограмме (см. рис. 2.2);

$T_o = 2,5$  ч - для магистральных шинопроводов и цеховых трансформаторов. Значения  $K_p$  для этих сетей принимаются по табл. 2;

$T_o \geq 30$  мин - для кабелей напряжением 6 кВ и выше, питающих цеховые трансформаторные подстанции и распределительные устройства. Расчетная мощность для этих элементов определяется при  $K_p = 1$ .

**Коэффициент спроса группы ЭП  $K_c$**  – это отношение расчетной мощности  $P_p$  к суммарной номинальной мощности:

$$K_c = P_p / P_n. \quad (2.9)$$

Следует отметить, что *применение коэффициента спроса для расчетов нагрузки оправдано при больших значениях  $n_{\Sigma}$ , т.е. при расчетах нагрузок крупного участка, цеха, предприятия.*

Значения коэффициентов спроса для некоторых потребителей приведены в таблице П1.2 Приложения 1.

**Коэффициент одновременности  $K_o$**  - отношение расчетной мощности на шинах 6 - 10 кВ к сумме расчетных мощностей потребителей, подключенных к шинам 6 - 10 кВ РП, ГПП

$$K_o = P_{p\Sigma} / \Sigma P_p \quad (2.10)$$

Этим показателем пользуются, как правило, при определении расчетной нагрузки на шинах 6-10 кВ РП, ГПП. Значения этого коэффициента представлены в табл. П1.3 Приложения1.

Необходимо отметить, что при определении расчетной нагрузки на шинах ГПП, необходимо учитывать сдвиг во времени максимумов нагрузки различных цехов, приводящих к снижению максимума нагрузки предприятия. Это учитывается **коэффициентом разновременности максимумов нагрузки ( $K_{р.м.}$ )**, который представляет собой отношение суммарного расчётного максимума нагрузки всего предприятия  $P_p$  к сумме расчётных максимумов всех цехов, замеренных для каждого цеха отдельно:

$$K_{р.м.} = \frac{P_p \Sigma}{\Sigma P_p} . \quad (2.11)$$

Приблизённо для системы внутреннего электроснабжения предприятия  $K_{р.м.} = 0,85 \dots 1$ .

В результате учёта коэффициента  $K_{р.м.}$  расчётная нагрузка предприятия снижается, но она не может быть ниже средней за максимально загруженную смену  $P_{см.}$

Определение различных коэффициентов и значений электрической нагрузки базируется на том, что при расчёте известна *номинальная мощность каждого приёмника ( $P_n$ )* – обозначенная на его щитке или в паспорте, длительно допустимая по нагреву мощность. Вместе с этим, в цехах промышленных предприятий, наряду с приемниками длительно-номинального режима работы могут присутствовать и такие приемники, режим работы которых отличается от длительного режима. Режим работы таких приемников называется *повторно-кратковременным*.

Для приёмников повторно-кратковременного режима (ПКР) на заводской паспортной табличке указывается мощность при неравномерной нагрузке, когда кратковременные рабочие периоды чередуются с паузами, а длительность рабочего времени  $T_p$  и пауз  $T_0$  в каждом цикле работы не

превышает 10 мин. Работа приемников ПКР характеризуется показателем, который называется **продолжительностью включения** ( $PВ_{пасп.}$ ):

$$PВ_{пасп.} = \frac{T_P}{T_P - T_0} \cdot \quad (2.12)$$

Чтобы поставить сети, питающие приёмники ПКР, в равные по нагреву условия с приёмниками длительного включения с постоянной нагрузкой, необходимо привести нагрузку ПКР к номинальной длительной мощности при  $PВ=100\%$  по следующим формулам:

- для двигателей ПКР (краны, тельферы, подъёмники и т.п.)

$$P_H = P_{пасп.} \cdot \sqrt{PВ_{пасп.}} ;$$

- для трансформаторов сварочных аппаратов, где задаётся мощность трансформатора  $S_{пасп.}$

$$P_H = S_{пасп.} \cdot \sqrt{PВ_{пасп.} \cdot \cos \varphi_{пасп.}} , \quad (2.13)$$

- где  $\cos \varphi$  - коэффициент мощности сварочного трансформатора по паспорту.

*Под номинальной реактивной нагрузкой* электроприёмника понимается потребляемая им индуктивная (со знаком плюс) мощность или отдаваемая в сеть синхронными двигателями, работающими с перевозбуждением (со знаком минус), реактивная мощность при номинальном значении активной нагрузки, напряжения и коэффициента мощности. В среднем коэффициент мощности силовых установок, не имеющих синхронных двигателей, равен 0,5...0,7 Синхронные двигатели учитываются как источники реактивной мощности.

### 2.1.3. Последовательность расчёта электрических нагрузок

Определение расчетных нагрузок промышленных потребителей производится обычно в два этапа.

На *первом* определяется нагрузка отдельных электроприемников, цехов и производственных участков, а также, всего предприятия. На этом этапе расчета предполагают отсутствие источников реактивной мощности в СЭС. Результаты первого этапа расчета электрических нагрузок используются как исходные данные для выбора числа и мощности силовых трансформаторов с одновременным определением мощности и мест подключения компенсирующих устройств (КУ).

На *втором* этапе уточняются электрические нагрузки сети СЭС с учетом мощности и места использования реактивной мощности синхронных двигателей (СД).

При проектировании системы электроснабжения промышленного объекта выбор метода зависит от уровня (ступени) системы электроснабжения.

Как уже говорилось выше, определение расчетной нагрузки предприятия является первым этапом проектирования системы электроснабжения. Поэтому правильный выбор метода расчета нагрузок определяет дальнейший правильный выбор соответствующего оборудования в принятой системе электроснабжения.

Итак, основываясь на полноте характеристики особенностей технологического процесса предприятия и его потребителей, определение расчетной нагрузки осуществляется в следующем порядке.

***1. Если на проектируемом предприятии имеются поточные линии производства с известным технологическим графиком***

В этом случае расчётную нагрузку группы приёмников определяют по удельной мощности по формуле:

$$P_p = p_0 \cdot F,$$

где  $F$  - площадь размещения приёмников группы, м<sup>2</sup>;  $p_0$  – удельная расчётная мощность на 1 м<sup>2</sup> производственной площади, кВт/м<sup>2</sup>.

Этот метод может быть использован для проектирования универсальных сетей цехов малого и среднего машиностроения, т.е. в таких сетях которые

без переделок удовлетворяют любым изменениям технологического процесса и перестановкам оборудования.

Расчётные удельные нагрузки зависят от рода производства и выявляются по статистическим данным (в среднем они колеблются от 0,15 до 1,5 А/м<sup>2</sup>).

**2. В случае отсутствия поточных линий на предприятии** необходимо определить состав потребителей. Если приемники предприятия однородны по своему составу и режиму работы, расчетная нагрузка определяется по *удельному расходу электроэнергии на единицу продукции*.

Этот метод применяется для приёмников, имеющих неизменные или мало изменяющиеся графики нагрузок, при этом расчётная нагрузка принимается равной средней. К таким приёмникам относятся электроприводы вентиляторов, воздуховодов, насосов, и др.

В этом случае:

$$P_P = P_{CM} = \frac{M_{CM} \cdot \mathcal{E}_{a.y.}}{T_{C.M.}}, \quad (2.14)$$

где  $\mathcal{E}_{a.y.}$  - удельный расход активной электроэнергии на единицу продукции, кВт.ч.;  $M_{C.M.}$  - количество продукции, выпускаемой за смену (производительность установки за смену);  $T_{C.M.}$  - продолжительность наиболее загруженной смены, ч.

**3. Если потребители предприятия неоднородны по режиму работы и их состав известен**, для определения расчетной нагрузки пользуются методом *расчетного коэффициента активной мощности*.

При этом составляется таблица исходных и расчетных данных (табл. 2.1).

**Таблица 2.1.** Исходные и расчетные данные по электрическим нагрузкам

Исходные данные						Расчетные данные								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15



Расчет электрических нагрузок ЭП напряжением до 1 кВ производится для каждого узла питания (распределительного пункта, шкафа, сборки, распределительного шинопровода, щита станций управления, троллея, магистрального шинопровода, цеховой трансформаторной подстанции), а также по цеху, корпусу в целом.

Исходные данные для расчета (графы 1-6) заполняются на основании исходных данных, полученных из задания на проектирование (графы 1-4) и согласно справочным материалам (графы 5, 6), в которых приведены значения коэффициентов использования и реактивной мощности для индивидуальных ЭП.

В графу 1 вносится наименование электроприемников, которые при этом группируются по характерным категориям с одинаковыми  $K_u$  и  $\text{tg}\varphi$ . В каждой строке указываются ЭП одинаковой мощности. Резервные электроприемники, ремонтные сварочные трансформаторы и другие ремонтные электроприемники, а также электроприемники, работающие кратковременно (пожарные насосы, задвижки, вентили и т. п.), при подсчете расчетной мощности не учитываются (за исключением случаев, когда мощности пожарных насосов и других противоаварийных ЭП определяют выбор элементов сети электроснабжения).

В графе 2 указывается  $n$  - количество электроприемников. При этом имеются в виду электроприемники, непосредственно участвующие в производственном процессе. Для многодвигательных приводов учитываются все одновременно работающие электродвигатели данного привода. Если в числе этих двигателей имеются одновременно включаемые (с идентичным режимом работы), то они учитываются в расчете как один ЭП номинальной мощностью, равной сумме номинальных мощностей одновременно работающих двигателей.

В графе 3 заносится значение  $P_{ii}$  - номинальная установленная мощность  $i$ -го электроприемника в группе, кВт. В случаях, когда  $n_3$  определяется по упрощенному выражению все ЭП группируются построчно по характерным категориям независимо от мощности ЭП, а в графе 3 указываются максимальная и минимальная мощности ЭП данной характерной группы. Для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы их номинальная мощность не приводится к длительному режиму (ПВ = 100%). При включении однофазного ЭП на фазное напряжение он учитывается в графе 2 как эквивалентный трехфазный ЭП номинальной мощностью:

$$P_i = 3P_{i \hat{f}}; \quad Q_i = 3Q_{i \hat{f}}, \quad (2.15)$$

где  $P_{i \hat{f}}, Q_{i \hat{f}}$  - активная и реактивная мощности однофазного ЭП.

При включении однофазного ЭП на линейное напряжение он учитывается как эквивалентный ЭП номинальной мощностью:

$$P_i = \sqrt{3}P_{D\hat{f}}; \quad Q_i = \sqrt{3}Q_{i \hat{f}} \quad (2.16)$$

При наличии группы однофазных ЭП, которые распределены по фазам с неравномерностью не выше 15% по отношению к общей мощности трехфазных и однофазных ЭП в группе, они могут быть представлены в расчете как эквивалентная группа трехфазных ЭП с той же суммарной номинальной мощностью. В случае превышения указанной неравномерности номинальная мощность эквивалентной группы трехфазных ЭП принимается равной тройному значению мощности наиболее загруженной фазы.

В графу 4 необходимо внести значение  $P_i$  - суммарная номинальная мощность группы электроприемников, определяемая, как  $P_H = nP_{ii}$

В графе 5 указывается  $\hat{E}_E$  - коэффициент использования номинальной мощности электроприемника при его работе. Значения этого коэффициента для электроприемников всех типов представлены в табл. П1.1 Приложения 1. При наличии в справочных материалах интервальных значений  $\hat{E}_E$  следует

для расчета принимать наибольшее значение. Значения  $\hat{E}_{\dot{E}}$  должны быть определены из условия, что вероятность превышения фактической средней мощности над расчетной для характерной категории ЭП должна быть не более 0,05.

В графе **6** указывается значение  $\frac{\tilde{n}os\phi}{tg\phi}$ .

В графах **7** и **8**, соответственно записываются построчно величины  $K_{\dot{E}} D_i$  и  $K_{\dot{E}} Q_H = K_{\dot{E}} D_i tg\phi$ . В итоговой строке определяются суммы этих величин  $\Sigma K_{II} P_H$  и  $\Sigma K_{II} P_H tg\phi$ .

Затем определяется групповой коэффициент использования для данного узла питания

$$K_{II} = \frac{\Sigma K_{II} P_H}{\Sigma P_H} . \quad (2.17)$$

Значение  $K_{II}$  заносится в графу **5** итоговой строки.

Для последующего определения  $n_3$  в графе **9** построчно определяются для каждой характерной группы ЭП одинаковой мощности величины  $np_H^2$  и в итоговой строке - их суммарное значение  $\Sigma np_H^2$ . При определении  $n_3$  по упрощенной формуле графа **9** не заполняется.

В графу **10** вносится значение  $n_{\dot{Y}}$  -эффективное число электроприемников, определяемое следующим образом.

Как правило,  $n_3$  для итоговой строки определяется по выражению:

$$n_3 = (\Sigma P_H)^2 / \Sigma np_H^2 . \quad (2.18)$$

При значительном числе ЭП (магистральные шинопроводы, шины цеховых трансформаторных подстанций, в целом по цеху, корпусу, предприятию)  $n_3$  может определяться по упрощенной формуле

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum P_H}{P_{\text{HМАКС}}} . \quad (2.19)$$

Найденное по указанным выражениям значение  $n_{\text{э}}$  округляется до ближайшего меньшего целого числа. При  $n_{\text{э}} \leq 4$  рекомендуется пользоваться номограммой (см. рис. 2.2).

В зависимости от средневзвешенного коэффициента использования и эффективного числа электроприемников определяется и заносится в графу **11** коэффициент расчетной нагрузки  $\hat{E}_D$ . Значение этого коэффициента может также быть получено по номограмме (рис.2.2) или таблицах 2.2 и 2.3.

Расчетная активная мощность подключенных к узлу питания ЭП напряжением до 1 кВ (графа **12**) определяется по выражению:

$$P_p = K_p \sum K_{II} P_H , \text{ кВт.} \quad (2.20)$$

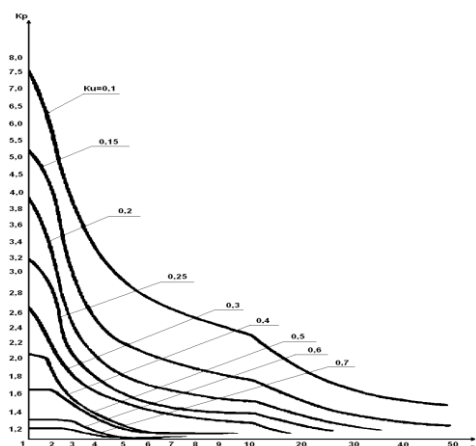
В случаях, когда расчетная мощность  $P_p$  окажется меньше номинальной наиболее мощного электроприемника, следует принимать  $P_p = p_{\text{н.макс}}$ .

Расчетная реактивная мощность (графа **13**) определяется следующим образом:

$$Q_p = P_p \text{tg} \varphi , \text{ квар.} \quad (2.21)$$

В графу **14** вносится значение полной расчетной нагрузки:

$$S_p = \sqrt{P^2 + Q^2} , \text{ кВА.} \quad (2.22)$$



**Рис. 2.2. Кривые коэффициента расчетных нагрузок  $K_p$  для различных коэффициентов использования  $K_{II}$  в зависимости от  $n_{\text{э}}$  (для постоянной времени нагрева  $T_o = 10$  мин)**

И наконец, в последнюю, **15** графу вносится значение токовой расчетной нагрузки:  $I_p = S_p / \sqrt{3}U_i$ , А.

для питающих сетей напряжением до 1 кВ в зависимости от  $n_3$ :

**Таблица 2.2.** Значения коэффициентов расчетной нагрузки  $K_p$  для питающих сетей напряжением до 1000 В

$n_3$	Коэффициент использования $K_u$								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14	1,0
2	6,22	4,33	3,39	2,45	1,98	1,60	1,33	1,14	1,0
3	4,05	2,89	2,31	1,74	1,45	1,34	1,22	1,14	1,0
4	3,24	2,35	1,91	1,47	1,25	1,21	1,12	1,06	1,0
5	2,84	2,09	1,72	1,35	1,16	1,16	1,08	1,03	1,0
6	2,64	1,96	1,62	1,28	1,11	1,13	1,06	1,01	1,0
7	2,49	1,86	1,54	1,23	1,12	1,10	1,04	1,0	1,0
8	2,37	1,78	1,48	1,19	1,10	1,08	1,02	1,0	1,0
9	2,27	1,71	1,43	1,16	1,09	1,07	1,01	1,0	1,0
10	2,18	1,65	1,39	1,13	1,07	1,05	1,0	1,0	1,0
11	2,11	1,61	1,35	1,1	1,06	1,04	1,0	1,0	1,0
12	2,04	1,56	1,32	1,08	1,05	1,03	1,0	1,0	1,0
13	1,99	1,52	1,29	1,06	1,04	1,01	1,0	1,0	1,0
14	1,94	1,49	1,27	1,05	1,02	1,0	1,0	1,0	1,0
15	1,89	1,46	1,25	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
16	1,85	1,43	1,23	1,02	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
17	1,81	1,41	1,21	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
18	1,78	1,39	1,19	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
19	1,75	1,36	1,17	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	1,72	1,35	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
21	1,69	1,33	1,15	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
22	1,67	1,31	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
23	1,64	1,30	1,12	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
24	1,62	1,28	1,11	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	1,6	1,27	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30	1,51	1,21	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
35	1,44	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40	1,4	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
45	1,35	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

**Окончание таблицы 2.2**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	1,3	1,07	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
60	1,25	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
70	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
90	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

**Таблица 2.3.** Значения коэффициентов расчетной нагрузки  $K_p$  на шинах НН цеховых трансформаторов и для магистральных шинопроводов напряжением до 1 кВ

$n_s$	Коэффициент использования $K_u$							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 и более
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1,0
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1,0
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1,0	0,97
5	1,31	1,12	1,02	1,0	0,98	0,96	0,94	0,93
6-8	1,2	1,0	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9-10	1,1	0,97	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10-25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25-50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,8	0,85	0,85
Более 50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,75	0,8	0,8

Расчет электрических нагрузок ЭП напряжением выше 1 кВ производится в целом аналогично расчету, приведенному выше, с учетом следующих особенностей:

1) При получении от технологов коэффициентов, характеризующих реальную загрузку электродвигателей, в графу 5 заносится вместо  $K_u$  значение  $K_z$ , в графу 7 - значение  $K_3 P_H$ .

2) Расчетная нагрузка цеховых трансформаторных подстанций (с учетом осветительной нагрузки и потерь в трансформаторах заносится в графы 7 и 8.

3) Определяется число присоединений 6 - 10 кВ на сборных шинах РП, ГПП (графа 2 итоговой строки). Резервные ЭП не учитываются.

4) Эффективное число ЭП  $n_s$  не определяется и графы 9 и 10 не заполняются.

5) В зависимости от числа присоединений и группового коэффициента использования  $\Sigma K_u P_{ni} / \Sigma P_{ni}$ , занесенного в графу **5** итоговой строки, по табл. 2.4 определяется значение коэффициента одновременности  $K_o$ . Значение  $K_o$  заносится в графу **11** (при этом  $K_p = 1$ ).

**Таблица 2.4.** Значение коэффициента одновременности  $K_o$  для определения расчетной нагрузки на шинах 6 (10) кВ РП и ГПП

Средневзвешенный коэффициент использования	Число присоединений 6 (10) кВ на сборных шинах РП, ГПП			
	2-4	5-8	9-25	Более 25
$K_u < 0,3$	0,9	0,8	0,75	0,7
$0,3 \leq K_u < 0,5$	0,95	0,9	0,85	0,8
$0,5 \leq K_u \leq 0,8$	1,0	0,95	0,9	0,85
$K_u > 0,8$	1,0	1,0	0,95	0,9

б) Расчетная мощность (графы **12 - 14**) определяется по следующим выражениям.

Активная, реактивная и полная нагрузка на напряжении 6 или 10 кВ завода определяется по следующим выражениям:

$$P'_p = K_{p,m} \cdot \left( \sum_1^n P_{pi} + \sum_1^k P_{p \text{ впи}} + \sum_1^l \Delta P_{pi} \right); \quad (2.23)$$

$$Q'_p = \sum_1^n Q_{pi \text{ ут}} + \sum_1^k Q_{p \text{ впи}} + \sum_1^l \Delta Q_{pi}; \quad (2.24)$$

$$S'_p = \sqrt{P_p'^2 + Q_p'^2}, \quad (2.25)$$

где  $P_{p \text{ впи}}$ ,  $Q_{p \text{ впи}}$  - расчетная активная и реактивная нагрузка потребителей напряжением 6 или 10 кВ (насосы, компрессоры, электрические печи, преобразователи и т.д.);  $\Delta P_{mi}$ ,  $\Delta Q_{mi}$  - потери активной и реактивной мощности в трансформаторах цеховых подстанций;  $n$  - число цехов;  $k$  - число высоковольтных потребителей;  $l$  - число цеховых трансформаторов;  $K_{p,m}$  - коэффициент разновременности максимумов нагрузки ( $K_{p,m} \leq 0,9$ ).

Активная нагрузка потребителей напряжением 6 или 10 кВ определяется по выражению:

$$P_{р\text{ впи}} = K_{и\text{ i}} \cdot P_{\text{ном.впи}} ; \quad (2.26)$$

где  $K_{и\text{ i}}$  - коэффициент использования высоковольтных потребителей, определяемый по табл. 2.5.

**Таблица 2.5.** Расчетные коэффициенты электрических нагрузок высоковольтных электроприемников

Электроприемники	$K_{и}$	$\cos \varphi$
1. Металлорежущие станки	0,12-0,2	0,65
2. Электродвигатели сопротивления	0,7	1,0
3. Вентиляторы	0,7	0,8
4. Насосы	0,7	0,8
5. Компрессоры	0,7	0,8

$P_{\text{ном.впи}}$  - номинальная активная мощность высоковольтных потребителей.

Реактивная нагрузка потребителей напряжением 6 или 10 кВ определяется по выражению:

$$Q_{р\text{ впи}} = P_{р\text{ впи}} \cdot \text{tg} \varphi_i ; \quad (2.27)$$

где  $\text{tg} \varphi_i$  - коэффициент реактивной мощности высоковольтных потребителей (определяется по табл. 2.5).

При определении  $Q_{р\text{ впи}}$  следует иметь в виду, что потребители с синхронными двигателями должны работать с опережающим  $\cos \varphi = -0,9$ .

Потери активной мощности в трансформаторе  $\Delta P_T \approx 1-2\%$  от номинальной мощности, поэтому её можно не учитывать.

Потери реактивной мощности в трансформаторах определяются по выражению:

$$\Delta Q_{\text{п}} = \frac{I_{\text{xx}} + K_{3.т}^2 \cdot u_{\text{к}}}{100} \cdot S_{\text{ном.т}} ; \quad (2.28)$$

где  $I_{\text{xx}}$  - ток холостого хода трансформатора, %;



$u_k$  - напряжение короткого замыкания трансформатора в, %.

Значения  $I_{xx}$  и  $u_k$  определяются по таблице 2.6.

**Таблица 2.6.** Трехфазные двухобмоточные трансформаторы 6-10 - 110 кВ

Тип трансформатора	Мощность, кВА	Напряжение обмоток, кВ		$U_k$ , %	$P_x$ , кВт	$P_k$ , кВт	$I_x$ , %
		В	Н				
ТМ-400/10	400	6,3-10,5	0,4	5,5	1,1	5,9	2,5
ТМ-630/10	630	6,3-10,5	0,4	5,5	1,7	8,5	2
ТМ-1000/10	1000	6,3-10,5	0,4	5,5	2,45	11	1,4
ТМ-1600/10	1600	6,3-10,5	0,4	5,5	3,3	16,5	1,3
ТМ-2500/10	2500	6,3-10,5	0,4	5,5	3,85	23,5	1,0
ТМН-6300/110	6300	115	6,3-11	10,5	13	50	1,0
ТДН-10000/110	10000	115	6,3-11	10,5	18	60	0,9
ТДН-16000/110	16000	115	6,3-11	10,5	26	85	0,85
ТРДН-25000/110	25000	115	6,3-11	10,5	36	120	0,8
ТРДН-32000/110	32000	115	6,3-11	10,5	44	145	0,75
ТРДН-40000/110	40000	115	6,3-11	10,5	52	175	0,7
ТРДЦН-63000/110	63000	115	6,3-11	10,5	73	260	0,65
ТРДЦН-80000/110	80000	115	6,3-11	10,5	89	315	0,6

**4. Если потребители предприятия неоднородны по режиму работы и их состав неизвестен.** В этом случае, как правило, на стадии технико-экономического обоснования, в дипломном проекте требуется расчет электрических нагрузок предприятия в целом при заданной установленной электрической мощности цехов производить по методу коэффициента спроса с учетом осветительной нагрузки цехов. Осветительная нагрузка цехов определяется по удельной мощности на единицу площади. Расчеты сводятся в табл. 2.7.

**Таблица 2.7.** Определение расчетных нагрузок 0,4-0,23 кВ и 6-10 кВ

1	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка						Суммарная расчетная нагрузка		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Потребители 0,38 кВ														
1														
2														
3														
4														
5														
Потребители 6-10 кВ														
6														
7														
8														

Расчет показателей и заполнение таблицы 2.7 происходит следующим образом.

*По горизонтали:*

В графах 1-6 представляются данные для силовой нагрузки потребителей. В графе 1 указывается наименование потребителя (корпус, цех); в графе 2 –  $D_H$  -номинальная установленная мощность (цеха, корпуса), кВт; в графе 3 – значение коэффициента спроса для данного вида потребителя. Значение этого коэффициента для большинства потребителей представлены в табл. П2 Приложения 1; в графу 4 заносятся значения коэффициентов активной и реактивной мощности:  $\frac{\cos\gamma}{\text{tg}\gamma}$ ; в графе 5 приводятся значения активной расчетной нагрузки, определенной для каждого потребителя отдельно. Определение расчетной активной нагрузки осуществляется по следующему выражению:  $D_\delta = K_c P_i$ , кВт; В графу 6 заносится значение расчетной реактивной нагрузки каждого отдельного потребителя, которое определяется по следующему выражению:  $Q_p = P_p \text{tg}\varphi$ , квар.

Графы 7-12 отражают данные для осветительной нагрузки потребителей и наружного освещения. В 7-й графе таблицы указывается площадь цеха (корпуса), м<sup>2</sup>. В 8-й графе указывается  $P_{\text{óä.}}$  - удельная мощность выбранного по условиям проектного задания источника света, Вт/м<sup>2</sup>; В графе 9 указывается  $K_{\text{co}}$  - коэффициент спроса принятой осветительной установки, значения которого можно выбрать из табл. 2.8. В 10 графе указываются значения коэффициентов активной и реактивной мощностей принятого источника света -  $\frac{\cos\gamma_0}{\text{tg}\gamma_0}$ . В графах 11 и 12 указываются значения расчетных значений, соответственно, активной и реактивной нагрузок осветительных установок:  $P_{\text{p.ä.}} = D_{\text{óä.}} FK_{\text{c.o.}}$ ;  $Q_{\text{p.o.}} = P_{\text{p.o.}} \text{tg}\varphi_0$ .

В графах 13-15 указываются суммарные значения расчетных нагрузок, а именно: графа 13 - активная:  $P_{\Sigma P} = P_p + P_{\text{p.o.}}$ , кВт; графа 14 – реактивная:  $Q_{\Sigma P} = Q_p + Q_{\text{p.o.}}$ , квар и графа 15 полная:  $S_{\Sigma P} = \sqrt{P_{\Sigma P}^2 + Q_{\Sigma P}^2}$ , кВА.

*По вертикали.*

В графе 1...1<sub>n</sub> записываются значения параметров таблицы по горизонтали для каждого из рассматриваемых цехов (корпусов) предприятия. В графу 2 заносится суммарное значение указанных параметров всего предприятия. В графы 3, 4, соответственно, заносятся значения 13-го и 14-го столбца таблицы (значения суммарной активно и реактивной расчетной мощности) с учетом потерь в силовых трансформаторах, которые можно определить по следующим упрощенным выражениям:

$$P_{\Sigma P'} = D_{\Sigma D} + \Delta D_{\Sigma D_{\text{об}}} + \Delta D_{\Sigma D_{\text{E}}} , \quad Q_{\Sigma Q'} = Q_{\Sigma Q} + \Delta Q_{\Sigma Q_{\text{об}}} ,$$

где  $\Delta D_{\Sigma D_{\text{об}}} = 0,02 S_{\text{E}\Sigma}$  - суммарные потери активной мощности в цеховых трансформаторах предприятия, кВт;  $\Delta D_{\Sigma D_{\text{E}}} = 0,03 S_{\text{E}\Sigma}$  - суммарные потери активной мощности в отходящих кабельных (воздушных) линиях,

питающих цеховые трансформаторы, кВт;  $\Delta Q_{\Sigma Q_{об}} = 0,1S_{\Sigma}$  - суммарные потери реактивной мощности в цеховых трансформаторах предприятия, квар. В графу **5** заносится значение 15-го столбца таблицы (суммарной полной расчетной нагрузки низкого напряжения и соответствующих потерь в трансформаторах и ЛЭП:

$$S_{\Sigma P} = \sqrt{P_{\Sigma P'}^2 + Q_{\Sigma Q'}^2}, \text{ кВА.}$$

В графу **6** заносятся расчетные данные по силовой высоковольтной нагрузке 6-10 кВ, определяемые аналогично рассмотренному выше по выражению  $P_{р\text{ впн}} = K_{и\text{ и}} \cdot P_{\text{ном.впн}}$ , данные принимаются по табл. 2.5.

В графе **7** заносится рассчитанное суммарное значение расчетной нагрузки (активной, реактивной и полной) – низковольтной и высоковольтной. И, наконец, в графе **8** указывается расчетная нагрузка узла системы электроснабжения. Это может быть нагрузка на шинах низкого напряжения ГПП, либо (что чаще всего) расчетная нагрузка на шинах РП, где суммируются значения всех расчетных мощностей высоковольтной и низковольтной нагрузок, питающихся от данного распределительного пункта. В этом случае обязательно учитывается сдвиг во времени максимумов нагрузки различных цехов, приводящих к снижению максимума нагрузки предприятия в целом, т.е. при определении суммарной активной нагрузки на РП, учитывается коэффициент разновременности максимумов нагрузки.

## **2.2. Определение расчетной нагрузки объектов городского хозяйства**

### **2.2.1. Общие требования**

К городским электрическим сетям относятся: электроснабжающие сети напряжением 35 кВ и выше, включая кольцевые сети с понижающими подстанциями, линии и подстанции глубоких вводов; распределительные сети напряжением 6-20 кВ, включая распределительные пункты (РП),

трансформаторные подстанции (ТП), линии, соединяющие центры питания (ЦП) с РП и ТП, линии, соединяющие ТП между собой, питающие линии промышленных предприятий, находящихся на территории города; распределительные сети напряжением до 1 кВ, кроме сетей промышленных предприятий этого класса напряжения.

При проектировании городских электрических сетей следует также учитывать основные требования к формируемым системам электроснабжения, а именно: обеспечение наибольшей экономичности, требуемой надежности электроснабжения и соблюдения установленных норм качества электроэнергии. При этом рекомендуется предусматривать совместное использование отдельных элементов системы электроснабжения для питания различных потребителей независимо от их ведомственной принадлежности.

Кроме того, должна предусматриваться возможность поэтапного развития системы электроснабжения по мере роста нагрузок в перспективе без коренного переустройства электросетевых сооружений на каждом этапе.

Система электроснабжения должна выполняться так, чтобы в нормальном режиме все элементы системы находились под нагрузкой с максимально возможным использованием их нагрузочной способности. Применение резервных элементов, не несущих нагрузки в нормальном режиме, может быть допущено как исключение при наличии технико-экономических обоснований.

Если рассматривается проект реконструкции действующих электрических сетей необходимо максимально использовать существующие электросетевые сооружения. Решение об их ликвидации может быть принято только при соответствующем технико-экономическом обосновании.

К городским электрическим сетям относятся также и сети малых городов и поселков городского типа, так как поселки городского типа, согласно СНиП 2.07.01 "Планировка и застройка городских и сельских поселений", относятся к категории малых городов и в дальнейшем "электрические сети

городов и поселков городского типа" именуется "электрические сети городов".

### 2.2.2. Определение расчетной нагрузки

Определение расчетной нагрузки осуществляется поэтапно, начиная с низшего звена системы электроснабжения и заканчивается расчетом полной нагрузки на шинах подстанции 35-110 кВ. Методика предусматривает следующий порядок расчёта.

#### 1. Определяется расчетная нагрузки потребителей

##### Расчетная нагрузка жилых зданий

Расчетная электрическая нагрузка квартир  $P_{кв}$  кВт, приведенная к вводу жилого здания определяется по формуле

$$P_{кв} = P_{кв. уд.} \cdot n, \quad (2.29)$$

где  $P_{кв. уд.}$  - удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир (зданий), принимаемая по табл. 2.8, либо коттеджей (табл. 2.9), кВт/квартира;  $n$  – количество квартир в доме.

**Таблица 2.8.** Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт/квартира

№ № п.п.	Потребители электроэнергии	Количество квартир													
		1-3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Квартиры с плитами: - на природном газе - на сжиженном газе (в том числе при групповых установках) и на твердом топливе электрическими мощностью до 8 кВт	3	2,3	1,75	1,45	1,3	1,15	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45	0,43	0,4
		4	2,6	2	1,65	1,5	1,35	1,15	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,5
		7	3,5	2,8	2,4	2,15	2	1,8	1,5	1,3	1,15	1	0,9	0,85	0,8

**Окончание таблицы 2.8**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2.	Квартиры повышенной комфортности с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт	14	8,1	6,7	5,9	5,3	4,9	4,2	3,3	2,8	1,95	1,83	1,72	1,67	1,62
3.	Квартиры с плитами на природном газе и бытовыми кондиционерами воздуха при расчетной температуре, С: От 25 до 29	4,1	2,9	2,2	1,8	1,63	1,45	1,25	0,95	0,8	0,65	0,5	0,36	0,33	0,3
	Свыше 29 до 33	4,1	3,05	2,35	2	1,8	1,6	1,4	1,1	0,95	0,75	0,55	0,45	0,4	0,3
	Свыше 33 до 37	4,1	3,15	2,5	2,15	1,95	1,75	1,55	1,2	1,05	0,9	0,7	0,55	0,43	0,4
	Свыше 37	4,1	3,3	2,7	2,35	2,15	1,95	1,7	1,4	1,25	1,05	0,8	0,65	0,53	0,45
4.	Квартиры с плитами на сжиженном газе (в том числе при групповых установках) и на твердом топливе с бытовыми кондиционерами воздуха при расчетной температуре, С: От 25 до 29														
	Свыше 29 до 33	5,1	3,2	2,45	2	1,8	1,65	1,4	1,1	1	0,85	0,75	0,6	0,55	0,42
	Свыше 33 до 37	5,1	3,35	2,6	2,2	2	1,8	1,55	1,3	1,15	0,95	0,8	0,7	0,63	0,46
	Свыше 37	5,1	3,45	2,75	2,35	2,15	1,95	1,7	1,4	1,25	1,1	0,95	0,8	0,7	0,5
		5,1	3,6	2,95	2,55	2,35	2,15	1,85	1,6	1,45	1,25	1,05	0,9	0,75	0,55
5.	Квартиры с электрическими плитами мощностью до 8 кВт и бытовыми кондиционерами воздуха при расчетной температуре, С: От 25 до 29	8,1	4,1	3,25	2,85	2,5	2,3	2,05	1,65	1,4	1,2	1	0,8	0,75	0,7
	Свыше 29 до 33	8,1	4,25	3,4	3,05	2,65	2,45	2,2	1,8	1,55	1,3	1,05	0,9	0,82	0,75
	Свыше 33 до 37	8,1	4,35	3,55	3,2	2,8	2,6	2,35	1,9	1,65	1,45	1,2	1	0,9	0,8
	Свыше 37	8,1	4,5	3,75	3,4	3	2,8	2,5	2,1	1,85	1,6	1,3	1,1	0,95	0,85

**Таблица 2.9.** Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников коттеджей, кВт/коттедж

№ № п.п.	Потребители электроэнергии	Количество коттеджей									
		1-3	6	9	12	15	18	24	40	60	100
1.	Коттеджи с плитами на природном газе	11,5	6,5	5,4	4,7	4,3	3,9	3,3	2,6	2,1	2,0
2.	Коттеджи с плитами на природном газе и электрической сауной мощностью до 12 кВт	22,3	13,3	11,3	10,0	9,3	8,6	7,5	6,3	5,6	5,0
3.	Коттеджи с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт	14,5	8,6	7,2	6,5	5,8	5,5	4,7	3,9	3,3	2,6
4.	Коттеджи с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт и электрической сауной мощностью до 12 кВт	25,1	15,2	12,9	11,6	10,7	10,0	8,8	7,5	6,7	5,5

Следует отметить, что в табл. 2.9 приведены значения для коттеджей с общей площадью от 150 до 600 м<sup>2</sup>. Если площадь коттеджа не превышает 150 м<sup>2</sup>, его расчетная удельная нагрузка принимается по табл. 2.8.

Реактивная расчетная нагрузка жилых домов:

$$Q_{\hat{E}\hat{A}} = D_{\hat{E}\hat{A}} \cdot tg \varphi_{\hat{E}\hat{A}}, \text{ квар,}$$

где  $tg \varphi_{\hat{E}\hat{A}}$  - расчетный коэффициент реактивной мощности, принимаемый по табл. 2.13.

Расчетная нагрузка силовых электроприемников  $P_C$ , кВт, приведенная к вводу жилого дома, определяется по формуле

$$P_C = P_{PL} + P_{CTV}, \tag{2.30}$$



где  $P_{PL} = k_C^I \sum_1^n P_{n_i}$  - мощность лифтовых установок, кВт;

$P_{ст.у.} = k_C^{II} \sum_1^n P_{ст.у.}$  мощность электродвигателей насосов водоснабжения,

вентиляторов и других санитарно-технических устройств  $D_{н\grave{o}.\acute{o.}$ , кВт.

В этих выражениях:  $k_C^I$  и  $k_C^{II}$  - коэффициенты спроса, соответственно лифтовых установок и других санитарно-технических устройств, принимаемые по табл. 2.10 и 2.11;  $D_{n_i}$  - установленная мощность двигателя лифта, кВт;  $n$  - количество лифтовых установок в доме.

**Таблица 2.10.** Коэффициенты спроса лифтовых установок жилых домов  $k_C^I$

Количество лифтовых установок	Этажность жилого дома	
	до 12	более 12
2 - 3	0,8	0,9
4 - 5	0,7	0,8
6	0,65	0,75
10	0,5	0,6
20	0,4	0,5
25 и выше	0,35	0,4

**Таблица 2.11.** Коэффициенты спроса электродвигателей санитарно-технических

устройств  $k_C^{II}$

Количество электродвигателей	$k''_c$	Количество электродвигателей	$k''_c$
2	1 (0,8)*	15	0,65
3	0,9 (0,75)	20	0,65
5	0,8 (0,7)	30	0,6
8	0,75	50	0,55
10	0,7		

\*В скобках приведены значения для электродвигателей единичной мощности свыше 30 кВт.

Расчетная реактивная нагрузка силовых электроустановок, приведенная к вводу жилого дома определяется, как:

$$Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \varphi_{Л.У.} + P_{СТУ.} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{СТУ.}, \text{ квар,}$$

где  $\operatorname{tg} \varphi_{\text{Л.У.}}$  и  $\operatorname{tg} \varphi_{\text{СТУ.}}$  - соответственно расчетные коэффициенты реактивной мощности лифтовых установок и других двигателей санитарно-технических устройств жилых домов, принимаемые по табл. 2.13.

Если в рассматриваемом микрорайоне нагрузка жилых домов сосредоточена и однородна, можно непосредственно определить расчетную нагрузку на шинах ТП, питающей данный микрорайон по следующему выражению:

$$P_{P.MP.} = P_{P.ж.зд.уд.} \cdot F \cdot 10^{-3}, \text{ кВт,} \quad (2.31)$$

где  $D_{\text{Дж.зд.уд.}}$  - удельная расчетная нагрузка жилых зданий, Вт/м<sup>2</sup> приведена в табл. 2.12;  $F$  - общая площадь жилых зданий микрорайона (квартала), м<sup>2</sup>.

**Таблица 2.12.** Удельные расчетные электрические нагрузки, Вт/м<sup>2</sup> и коэффициент мощности жилых зданий на шинах 0,4 кВ ТП

№№ п.п.	Этажность застройки	Здание с плитами: $D_{\text{Дж.зд.уд.}} / \tilde{n} \cos \varphi$			
		на природном газе	на сжиженном газе или твердом топливе	электрическими	
1.	1-2 этажа	9,5/0,96	14,2/0,96	20,0/0,98	
2.	3-5 этажей	9,3/0,96	12,3/0,96	10,2/0,98	
3.	Более 5 этажей с долей квартир выше 6 этажей	20%	10,2/0,94	13,3/0,94	19,8/0,97
		50%	10,9/0,93	14,0/0,93	20,4/0,97
		100%	12,0/0,92	15,1/0,92	21,5/0,96
4.	Более 5 этажей с квартирами повышенной комфортности (элитными)	-	-	17,8/0,96	

Если нагрузка жилого массива (микрорайона) неоднородна, итоговая (суммарная нагрузка) жилых зданий определяется, как:

$$D_{\Sigma D. \dot{D}} = N \cdot P_{\hat{E}\hat{A}} + D_{\dot{N}}, \text{ кВт}, \quad (2.32)$$

где  $N$  - количество жилых домов в микрорайоне

Расчетная реактивная нагрузка жилых зданий определяется по следующему выражению:

$$Q_{\Sigma D. \dot{D}} = Q_{\hat{E}\hat{A}} + Q_C, \text{ квар}, \quad (2.33)$$

где  $\text{tg } \varphi$  - расчетный коэффициент реактивной мощности, принимаемый по табл. 2.13.

**Таблица 2.13.** Расчетные коэффициенты реактивной мощности жилых домов

Потребитель электроэнергии	$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$
Квартиры с электрическими плитами	0,98	0,2
Квартиры с плитами на природном, газообразном или твердом топливе	0,96	0,29
Хозяйственные насосы, вентиляционные и другие санитарно-технические устройства	0,8	0,75
Лифты	0,65	1,17

Суммарная полная расчетная нагрузка жилого массива (микрорайона):

$$S_{\Sigma D \dot{D}} = D_{\Sigma D \dot{D}} + Q_{\Sigma D \dot{D}}, \text{ кВА}. \quad (2.34)$$

Следует учитывать, что мощность резервных электродвигателей, а также электроприемников противопожарных устройств при расчете электрических нагрузок не учитывается.

Если в зоне проектирования системы электроснабжения имеются общественные здания, то их расчетные нагрузки определяются аналогично выражениям (2.29 – 2.34), с использованием данных по удельным расчетным нагрузкам, представленным в табл. 2.14.

**Таблица 2.14.** Удельные расчетные электрические нагрузки общественных зданий

№№ п.п.	Общественные здания	Единица измерения	Удельная нагрузка	Расчетные Коэффициенты	
				$\cos\varphi$	$tg\varphi$
1	2	3	4	5	6
I	<b>УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ.</b>				
	Общеобразовательные школы:				
1.	- с электрифицированными столовыми и спортзалами	кВт/учащийся	0,25	0,95	0,38
2.	- без электрифицированных столовых и спортзалами	То же	0,17	0,92	0,43
3.	- с буфетами без спортзалов	"-	0,17	0,92	0,43
4.	- без буфетов и спортзалов	"-	0,15	0,92	0,43
5.	Профессионально-технические училища со столовыми	"-	0,46	0,8-0,92	0,75-0,43
6.	Детские дошкольные учреждения	кВт/ место	0,46	0,97	0,25
II	<b>ПРЕДПРИЯТИЯ ТОРГОВЛИ</b>				
	Продовольственные магазины:				
7.	- без кондиционирования воздуха	кВт/м <sup>2</sup> торгового зала	0,23	0,82	0,7
8.	- с кондиционированием воздуха	То же	0,25	0,8	0,75
	Непродовольственные магазины:				
9.	- без кондиционирования воздуха	"-	0,14	0,92	0,43
10.	- с кондиционированием воздуха	"-	0,16	0,9	0,48
III	<b>ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ</b>				
	Полностью электрифицированные с количеством посадочных мест:				
11.	- до 400 к	кВт/мест	1,04	0,98	0,2
12.	-свыше 500 до 1000	кВт/ место	0,86	0,98	0,2
13.	-свыше 1100	То же	0,75	0,98	0,2
	Частично электрифицированные (с плитами на газообразном топливе) с количеством посадочных мест:				
14.	-до 100	"-	0,9	0,95	0,33
15.	-свыше 100 до 400	"-	0,81	0,95	0,33
16.	-свыше 500 до 1000	"-	0,69	0,95	0,33
1	2	3	4	5	6
17.	-свыше 1100	"-	0,56	0,95	0,33

### Окончание таблицы 2.14

1	2	3	4	5	6
IV	ПРЕДПРИЯТИЯ КОММУНАЛЬНО- БЫТОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ				
18.	Фабрики химчистки и прачечные самообслуживания	кВт/кг вещей	0,075	0,8	0,75
19.	Парикмахерские	кВт/рабочее место	1,5	0,97	0,25
V	УЧРЕЖДЕНИЯ КУЛЬТУРЫ И ИСКУССТВА				
	Кинотеатры и киноконцертные залы:				
20.	- без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,12	0,95	0,33
21.	- с кондиционированием воздуха	То же	0,14	0,92	0,43
22.	Клубы	кВт/место	0,46	0,92	0,43
VI	ЗДАНИЯ ИЛИ ПОМЕЩЕНИЯ УЧРЕЖДЕНИЙ УПРАВЛЕНИЯ, ПРОЕКТНЫХ И КОНСТРУКТОРСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ, КРЕДИТНО- ФИНАНСОВЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ СВЯЗИ:				
23.	- без кондиционирования воздуха	кВт/м <sup>2</sup> общей площади	0,043	0,9	0,48
24.	- с кондиционированием воздуха	То же	0,054	0,87	0,57
VII	УЧРЕЖДЕНИЯ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫЕ И ОТДЫХА				
25.	Дома отдыха и пансионаты без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,36	0,92	0,43
26.	Детские лагеря	кВт/м <sup>2</sup> жилых помещений	0,023	0,92	0,43
VIII	УЧРЕЖДЕНИЯ ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА				
	Гостиницы:				
27.	- без кондиционирования воздуха (без ресторанов)	кВт/место	0,34	0,9	0,48
28.	- с кондиционированием воздуха	То же	0,46	0,85	0,62

## 2. Определяется расчетная нагрузка распределительных линий до 1 кВ

Расчетная электрическая нагрузка линии до 1 кВ при совместном питании потребителей жилых домов и общественных зданий (помещений),  $P_{р.л}$ , кВт, определяется по формуле:

$$P_{P.L.} = P_{зд.маx.} + \sum_1^n k_{y_i} \cdot P_{зди} , \quad (2.35)$$

где  $D_{CA.маx.}$  - наибольшая нагрузка здания из числа зданий, питаемых по линии, кВт;  $D_{CA.i}$ , - расчетные нагрузки других зданий, питаемых по линии, кВт;  $k_{oi}$  - коэффициент участия в максимуме электрических нагрузок общественных зданий (помещений) или жилых домов (квартир и силовых электроприемников), определяемые по табл. П1.3 Приложения 1.

Укрупненная расчетная электрическая нагрузка микрорайона (квартала).

$D_{D.иD}$ , кВт, приведенная к шинам 0,4 кВ ТП определяется по формуле

$$P_{PMP.} = (P_{P.ж.зд.уд.} + P_{OБЩ.зд.}) \cdot F \cdot 10^{-3} \quad (2.36)$$

Электрические нагрузки взаиморезервируемых линий (трансформаторов) при ориентировочных расчетах допускается определять умножением суммы расчетных нагрузок линий (трансформаторов) на коэффициент **0,9**.

## 3. Определяется расчетная нагрузка сетей 10 (6) кВ и центра питания (ЦП)

Расчетные электрические нагрузки городских сетей 10(6) кВ определяются как произведение суммы расчетных нагрузок трансформаторов отдельных ТП, присоединенных к данному элементу сети (ЦП, РП, линии и др.) и коэффициента, учитывающего совмещение максимумов их нагрузок (коэффициент участия в максимуме нагрузок), принимаемый по табл. 2.15. Коэффициент мощности для линий 10(6) кВ в период максимума нагрузки принимается равным **0,92** (коэффициент реактивной мощности **0,43**).

**Таблица 2.15.** Коэффициенты совмещения максимумов нагрузок трансформаторов ( $k_y$ )

Характеристика нагрузки	Количество трансформаторов				
	2	3-5	6-10	11-20	более 20
Жилая застройка (70% и более нагрузки жилых домов и до 30% нагрузки общественных зданий)	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7
Общественная застройка (70% и более нагрузки общественных зданий и до 30% нагрузки жилых домов)	0,9	0,75	0,7	0,65	0,6
Коммунально-промышленные зоны (65% и более нагрузки промышленных и общественных зданий и до 35% нагрузки жилых домов)	0,9	0,7	0,65	0,6	0,55

Если нагрузка промышленных предприятий в составе городского хозяйства содержит менее 30% нагрузки общественных зданий, коэффициент совмещения максимумов нагрузок трансформаторов следует принимать как для общественных зданий (табл. П1.3, Приложения 1).

Для реконструируемых электрических сетей в районах сохраняемой жилой застройки при отсутствии существенных изменений в степени ее электрификации (например, не предусматривается централизованный переход на электропищеприготовление) расчетные электрические нагрузки допускается принимать по фактическим данным.

Расчетные нагрузки на шинах 10(6) кВ ЦП определяются с учетом несовпадения максимумов нагрузок потребителей городских распределительных сетей и сетей промышленных предприятий (питающихся от ЦП по самостоятельным линиям) путем умножения суммы их расчетных нагрузок на коэффициент совмещения максимумов, принимаемый по табл. 2.16.

**Таблица 2.16.** Коэффициенты совмещения максимумов нагрузок городских сетей и промышленных предприятий

Максимум нагрузок	Отношение расчетной нагрузки предприятий к нагрузке городской сети						
	0,2	0,6	1	1,5	2	3	4
Утренний	<u>0,75</u>	<u>0,8</u>	<u>0,85</u>	<u>0,88</u>	<u>0,9</u>	<u>0,92</u>	<u>0,95</u>
	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,87	0,9
Вечерний	0,85-0,9	0,65-0,85	0,55-0,8	0,45-0,76	0,4-0,75	0,3-0,7	0,3-0,7

В числителе приведены коэффициенты для жилых домов с электроплитами, в знаменателе - с плитами на газовом или твердом топливе.

Меньшие значения коэффициентов в период вечернего максимума нагрузок следует принимать при наличии промышленных предприятий с односменным режимом работы, большие - когда все предприятия имеют двух-, трехсменный режим работы.

При отношении расчетной нагрузки промпредприятий к суммарной нагрузке городской сети менее 0,2 коэффициент совмещения для утреннего и вечернего максимумов следует принимать равным 1. Если это отношение более 4, коэффициент совмещения для утреннего максимума следует принимать, равным 1; для вечернего максимума, если все предприятия односменные - **0,25**, если двух-, трехсменные - **0,65**.

Для ориентировочных расчетов электрических нагрузок города (района) на перспективу расчетного срока концепцией развития города рекомендуется применять укрупненные удельные показатели, приведенные в табл. 2.17.

В таблице не учтены различные мелкопромышленные потребители (кроме перечисленных в п.4 примечания) питающиеся, как правило, по городским распределительным сетям.

Для учета мелкопромышленных потребителей к показателям таблицы следует вводить следующие коэффициенты:

для районов города с газовыми плитами **1,2 - 1,6**;

для районов города с электроплитами **1,1 - 1,5**.

Большие значения коэффициентов относятся к центральным районам города, меньшие к микрорайонам (кварталам) жилой застройки. Значения удельного расхода электроэнергии коммунально-бытовых потребителей на расчетный срок в соответствии с концепцией развития города можно принять по табл. 2.18.



**Таблица 2.17.** Укрупненные показатели удельной расчетной коммунально-бытовой нагрузки

№ № п.п	Категория (группа) города	Город			(район)		
		с плитами на природном газе, кВт/чел.			со стационарными электрическими плитами, кВт/чел.		
		в целом по городу (району)	в том числе		в целом по городу (району)	в том числе	
			центр	микрорайон (квартилы) застройки		центр	микрорайон (квартилы) застройки
1.	Крупнейший	0,39	0,55	0,23	0,48	0,63	0,38
2.	Крупный	0,36	0,50	0,22	0,43	0,55	0,35
3.	Большой	0,33	0,46	0,20	0,39	0,50	0,32
4.	Средний	0,30	0,41	0,19	0,35	0,44	0,30
5.	Малый	0,26	0,37	0,18	0,31	0,40	0,28

**Таблица 2.18.** Укрупненные показатели расхода электроэнергии коммунально-бытовых потребителей и годового числа часов использования максимума электрической нагрузки

№ № п.п	Категория (группа) города	Города	
		без стационарных электроплит	со стационарными электроплитами
		кВт ч/чел. в год	кВт ч/чел. в год
1.	Крупнейший	2040	2520
2.	Крупный	1870	2310
3.	Большой	1700	2100
4.	Средний	1530	1890
5.	Малый	1360	1680

Приведенные укрупненные показатели предусматривают электропотребление жилыми и общественными зданиями, предприятиями коммунально-бытового обслуживания, объектами транспортного обслуживания, наружным освещением.

Приведенные данные не учитывают применения в жилых зданиях кондиционирования, электроотопления и электроводонагрева.

### 2.3. Определение расчётной нагрузки сельских электрических сетей

Электрические нагрузки сетей 0,38 ...110 кВ определяют путём суммирования расчётных нагрузок на вводе потребителей (или на шинах подстанций) с учётом коэффициента одновременности отдельно для дневного и вечернего максимумов:

$$S_{Д} = \sum_{i=1}^{i=n} S_{Ди} \cdot K_{О}; \quad S_{В} = \sum_{i=1}^{i=n} S_{Ви} \cdot K_{О},$$

где  $S_{Д}$ ,  $S_{В}$ - расчётные дневная и вечерняя нагрузки на участке линии или шинах 0,4 кВ ТП, кВА;  $S_{Ди}$ ,  $S_{Ви}$ - дневная и вечерняя нагрузки на вводе  $i$ -го потребителя или на шинах  $i$ -й подстанции или  $i$ -го участка линии;  $K_{О}$  – коэффициент одновременности, который определяется по формуле:

$$K_{О} = \frac{1}{1 + \beta c} + \frac{\beta c}{1 + \beta c} \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2}}{\sum_{i=1}^n S_i},$$

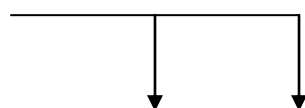
где  $S_i$ - дневная или вечерняя нагрузка  $i$ -го суммируемого участка линии или на вводе  $i$ -го потребителя;  $c$  – коэффициент вариации нагрузок;  $\beta$  - коэффициент надёжности расчёта.

Другими словами коэффициент одновременности представляет собой отношение значения совмещённой максимальной нагрузки к сумме максимумов нагрузок отдельных потребителей или их групп. Обычно значения  $K_{О}$  приводятся в справочной литературе.

Следует отметить, что при помощи  $K_{О}$  можно суммировать нагрузки, отличающиеся по значению не более чем в 4 раза.

Если нагрузки потребителей отличаются более чем на 5 кВА, то их следует суммировать, учитывая добавки мощности. При этом **к большей из двух (трёх) слагаемых нагрузок прибавляют добавку от меньшей.**

Например,



Пусть  $S_1 > S_2$ , тогда:  $S_{0-1} = S_1 + \Delta S_2 /$

Еще одно правило: **суммарную нагрузку жилых домов и производственных потребителей определяют также по добавкам мощностей, учитывающим неоднородность включения потребителей.**

Если известен только один максимум нагрузки потребителей (дневной или вечерний), то можно определить недостающий, используя *коэффициент участия потребителей в дневном или вечернем максимуме нагрузок*:

Жилые дома:	$K_{\text{уч. веч.}}=1;$	$K_{\text{уч. дневн.}}=0,3;$
Произв. помещения	$K_{\text{уч. веч.}}=0,6;$	$K_{\text{уч. дневн.}}=1;$
жил. дома с эл. плит.	$K_{\text{уч. веч.}}=1;$	$K_{\text{уч. дневн.}}=0,5.$

Если в зоне электроснабжения присутствуют сезонные потребители, такие как парники, теплицы, оросительные установки, зернотоки и т.п., то расчётные нагрузки определяют с учётом коэффициента сезонности. При этом следует иметь в виду, что если сезонная нагрузка составляет:

Летом более 30%, весной – более 20% и осенью – более 10% суммарной нагрузки традиционных несезонных потребителей, то необходимо дополнительно определять расчётные нагрузки соответствующего сезона.

*Расчётные нагрузки трансформаторных подстанций 6-35/0,4 кВ* определяются суммированием нагрузок отходящих линий. Коэффициенты мощности на шинах 0,4 кВ потребительских подстанций 6-35/0,4 кВ находятся как средневзвешанные в максимумы нагрузок:

$$\cos \varphi = \frac{\sum_1^n S_{P_i} \cdot \cos \varphi_i}{\sqrt{\left(\sum_1^n S_{P_i} \cos \varphi_i\right)^2 + \left(\sum_1^n S_{P_i} \sin \varphi_i\right)^2}},$$

где  $\cos \varphi_i$ - коэффициент мощности в максимум нагрузки на вводах потребителя без учёта компенсации реактивной мощности.

*Расчётные нагрузки участков распределительных линий напряжением 6-35 кВ* находятся суммированием нагрузок потребительских подстанций 6-

35/0,4 кВ с учётом коэффициентов одновременности отдельно для дневных и вечерних максимумов.

*Расчётные нагрузки районных подстанций 110-35/6-10 кВ* определяются суммированием нагрузок отходящих линий 6-10 кВ. Коэффициенты мощностей этих подстанций на шинах 6-10 кВ находятся в зависимости от отношения  $\frac{S_{P.Д.}}{S_{P.В.}}$  по таблицам справочной литературы. При наличии компенсации реактивной мощности коэффициент мощности на шинах 6-10 кВ районных подстанций уточняется с учётом степени компенсации и потерь реактивной мощности.

### **Глава 3. Выбор места расположения и определение мощности источника питания**

Следует иметь в виду, что правильный выбор места расположения источника питания (ИП), его мощности и оснащение его элементами защиты и управления имеет огромное значение для нормального функционирования всей системы электроснабжения в целом. Недооценка или пренебрежение установленными требованиями при выборе ИП приводят, как правило, к значительному ухудшению надежности электроснабжения, экономическим издержкам в виде дополнительных потерь электрической энергии и ухудшения её качества.

#### **3.1. Промышленные предприятия**

На начальном этапе проектирования, после определения расчётных нагрузок предприятия, необходимо определиться со схемой внешнего электроснабжения и непосредственно видом источника питания. Поскольку задание на проектирование может содержать различные исходные данные, и объектом проектирования могут быть различные предприятия, начиная от крупных градообразующих предприятий и заканчивая отдельными цехами или корпусами этих объектов, следует определиться, откуда и каким образом

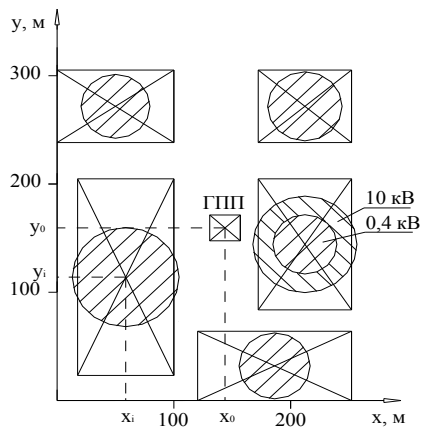
будет осуществляться питание потребителей, расположенных на генеральном плане объекта проектирования.

Как правило, в задании на проектирование указывается, откуда подается питание объекту, т.е. где находится системная подстанция: её мощность, возможные номинальные напряжения и расстояние до объекта проектирования. Исходя из информации, содержащейся в исходных данных, включающих также и данные по расположению объекта, проектирование системы внешнего электроснабжения ведут в следующей последовательности:

- 1) определяют месторасположение источника питания;
- 2) определяют его мощность;
- 3) выбирают схему электроснабжения на основе технико-экономического сравнения возможных вариантов распределения электрической энергии от шин системной подстанции.

### **3.1.1. Построение картограммы нагрузок завода, определение места расположения ГПП, РП и цеховых трансформаторных подстанций, выбор мощности трансформаторов ГПП**

Место расположения ИП определяется геометрическим центром тяжести нагрузок предприятия. Почему именно в центре необходимо располагать источник? Дело в том, что, когда источник питания равномерно удалён от цехов предприятия, передача электроэнергии будет осуществляться с наименьшими потерями электрической энергии и напряжения. А это определяет и требуемое сечение проводникового материала, и более рациональный выбор других элементов электросетевого оборудования. Для определения геометрического центра нагрузок строится картограмма нагрузок. Пример её построения показан на рис. 3.1.



**Рис. 3.1. Пример картограммы нагрузок**

Предполагается, что нагрузки цехов равномерно распределены по площади цеха, тогда расчетную нагрузку  $S_{pi}$  можно совместить с геометрическим центром цеха.

Для наглядности нагрузку цехов изображают с помощью кругов. Центр круга совмещают с геометрическим центром цеха, а радиус круга находят по выражению:

$$r_i = \sqrt{\frac{S_{pi}}{\pi \cdot m}}, \quad (3.1)$$

где  $\pi = 3,14$

$m$  – масштаб (в  $1 \text{ мм}^2$  сколько-то кВА).

В цехах, где имеется нагрузка как до, так и выше 1000 В делаются два круга с разными масштабами.

Определяется геометрический центр нагрузок всего предприятия по выражению:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot S_{pi}}{\sum_{i=1}^n S_{pi}}; \quad (3.2)$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot S_{pi}}{\sum_{i=1}^n S_{pi}}; \quad (3.3)$$

где  $x_i, y_i$  – координаты центров нагрузки цехов;

$n$  – число цехов.

В точке с координатами  $x_0, y_0$  следует размещать ГПП. Отступление от этой точки допускается в следующих случаях:

- 1) точка попадает на цех или корпус;
- 2) в данную точку нельзя подвести напряжение 110 кВ воздушными линиями;
- 3) на предприятии имеются цеха, которые выделяют вредные выбросы, которые могут воздействовать на оборудование ГПП;
- 4) если предприятие химическое или нефтехимическое.

Число трансформаторов на ГПП определяется по выражению:

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{S'_p}{n_T \cdot k_{3,Т}}; \quad (3.4)$$

где  $n_T$  - число трансформаторов на ГПП;

$k_{3,Т}$  - коэффициент загрузки трансформаторов ( $k_{3,Т}=0,6-0,7$  при питании от ГПП потребителей I и II категории,  $k_{3,Т}=0,75-0,85$  при питании от ГПП потребителей II и III категории). Следует иметь в виду, что при установке ГПП количество трансформаторов необходимо выбирать не менее 2-х. Суммарная расчетная нагрузка на ГПП определяется в следующей последовательности.

- 1) определяют суммарную расчетную нагрузку низковольтных потребителей;
- 2) определяют суммарную расчётную нагрузку высоковольтных электроприёмников, согласно задания на проектирование;
- 3) определяют суммарные потери в линиях электропередачи и цеховых трансформаторах;
- 4) определяют суммарную расчётную нагрузку предприятия с учетом компенсации реактивной мощности.

**Суммарная расчётная нагрузка низковольтных потребителей** определяется на основе информации, изложенной в главе 2 с учетом суммарной нагрузки освещения производственных помещений, а также освещения территории предприятия. При этом следует иметь в виду, что

мощность и вид источников освещения должны приниматься в соответствие с установленными нормами проектирования осветительных устройств в системах электроснабжения. Итоговое значение суммарной расчетной нагрузки низкого напряжения определяется по выражению для строки 14 табл. 2.1.

**Суммарная расчетная нагрузка высоковольтных потребителей** определяется по выражению (2.3).

Суммируя расчётные низковольтную и высоковольтную нагрузки, получают общую расчётную нагрузку без учета потерь в элементах сети:

$$\begin{aligned} P_p &= \sum P_{p.n.n.} + \sum P_{p.осв.} + \sum P_{p.в.н.}; \\ Q_p &= \sum Q_{p.n.n.} + \sum Q_{p.осв.} + \sum Q_{p.в.н.}; \\ S_p &= \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \end{aligned} \quad (3.5)$$

где  $\sum P_{p.n.n.}$ ,  $\sum Q_{p.n.n.}$  - соответственно, суммарные активная и реактивная нагрузки низкого напряжения предприятия;  $\sum P_{p.осв.}$  и  $\sum Q_{p.осв.}$  - соответственно, суммарные активная и реактивная расчетные нагрузки освещения (цехов и территории предприятия).

Поскольку на данном этапе проектирования источники питания цехов и проводниковые электрические связи еще не выбраны, **суммарные потери в ЛЭП и цеховых трансформаторах** можно определять по приближенным выражениям:

$$\sum \Delta P_{л} \approx 0,03 \cdot S_p; \quad \sum \Delta Q_{тр.} \approx 0,1 \cdot S_p; \quad \sum \Delta P_{тр.} \approx 0,02 \cdot S_p. \quad (3.6)$$

Суммируя выражения (3.1) и (3.2) получаем нагрузку предприятия без учета компенсации:

$$\begin{aligned} \sum P_p' &= P_p + \sum \Delta P_{л.} + \sum \Delta P_{тр.}; \\ \sum Q_{p.б/ком.} &= Q_p + \sum \Delta Q_{тр.} \end{aligned} \quad (3.7)$$



Наконец, определяют суммарную нагрузку предприятия с учетом компенсации реактивной мощности:

$$\begin{aligned}
 Q_{к.у.} &= \sum P_p' \cdot (tg \varphi_p - tg \varphi_3); \\
 Q_p' &= \sum Q_{р.б./комп.} - Q_{к.у.} \\
 S_p' &= \sqrt{\sum P_p'^2 + \sum Q_p'^2},
 \end{aligned}
 \tag{3.8}$$

где  $tg \varphi_p = \frac{\sum Q_{р.б./комп.}}{\sum P_p'}$ ,  $tg \varphi_3 = 0,4$  - для электрических сетей 6-10 кВ.

Далее по выражению (3.4) определяется номинальная мощность трансформатора.

По  $S_{ном.т}$  подбирается ближайший по мощности стандартный трансформатор по табл. 3.1.

**Таблица 3.1.** Номинальные данные силовых трёхфазных двухобмоточных трансформаторов

Тип трансформатора	Мощность, кВА	Напряжение обмоток, кВ		U <sub>к</sub> , %	P <sub>х</sub> , кВт	P <sub>к</sub> , кВт	I <sub>х</sub> , %
		В	Н				
ТМ-400/10	400	6,3-10,5	0,4	5,5	1,1	5,9	2,5
ТМ-630/10	630	6,3-10,5	0,4	5,5	1,7	8,5	2
ТМ-1000/10	1000	6,3-10,5	0,4	5,5	2,45	11	1,4
ТМ-1600/10	1600	6,3-10,5	0,4	5,5	3,3	16,5	1,3
ТМ-2500/10	2500	6,3-10,5	0,4	5,5	3,85	23,5	1,0
ТМН-6300/110	6300	115	6,3-11	10,5	13	50	1,0
ТДН-10000/110	10000	115	6,3-11	10,5	18	60	0,9
ТДН-16000/110	16000	115	6,3-11	10,5	26	85	0,85
ТРДН-25000/110	25000	115	6,3-11	10,5	36	120	0,8
ТРДН-32000/110	32000	115	6,3-11	10,5	44	145	0,75
ТРДН-40000/110	40000	115	6,3-11	10,5	52	175	0,7
ТРДЦН-63000/110	63000	115	6,3-11	10,5	73	260	0,65
ТРДЦН-80000/110	80000	115	6,3-11	10,5	89	315	0,6

Распределительные пункты (РП) 6, 10 кВ обычно предусматриваются в цехах, где есть потребители напряжением 6, 10 кВ. Если расстояние от потребителей 6,10 кВ до шин 6,10 кВ ГПП не превышает 300 м, то эти потребители запитываются от ГПП.

Цеховые трансформаторные подстанции желательно применять внутрицеховые или встроенные в здание цеха. Они должны быть

максимально приближены к геометрическому центру нагрузок цеха и размещаться со стороны ГПП, чтобы не было обратных перетоков мощности.

### 3.1.2. Технико-экономическое сравнение вариантов распределения электроэнергии в системе внешнего электроснабжения

Как правило, в задании на проектирование, как уже было сказано, указываются классы напряжения, от которых подстанция предприятия может получать питание. Это может быть 110, 35, или даже 10 кВ. В последнем случае на территории предприятия располагается не ГПП, а распределительный пункт, осуществляющий распределение электроэнергии по цеховым подстанциям.

В этой части проекта выбирается класс напряжения ЛЭП, соединяющих источник питания энергорайона с узлами нагрузки, и определяется конфигурация сети.

*Выбор напряжения* проводится путем сопоставления смежных классов напряжений в пределах принятой в данной ЭЭС шкалы по приведенным затратам в развитие сети.

Определение наиболее экономичного класса напряжения сети может быть произведено в зависимости от величины передаваемой мощности  $P$  (МВт) и расстояния  $l$  (км), на которую эта мощность передается. Для этого можно воспользоваться следующим выражением:

$$U_{ЭК} = \frac{10^3}{\sqrt{500/l + 2500/P}}, \text{ кВ.} \quad (3.9)$$

Если потоки мощности меньше 60 МВт, а длины участков схемы не превышает 250 км, то для выбора рационального напряжения сети может использоваться формула Стилла:

$$U_{РАЦ} = 4,34\sqrt{l + 16P}, \text{ кВ.} \quad (3.10)$$

*Принципы выбора вариантов схемы соединений (конфигурации) сети.*

Основные критерии, которым необходимо следовать при разработке (выборе) вариантов построения (развития) электрической сети, - надежность, экономичность и экологичность. Перечисленные свойства оптимальности сети в общем случае противоречат друг другу. Поэтому расчетным критерием считается критерий экономичности при обязательном выполнении требований нормативов по надежности электроснабжения потребителей и экологичности работы сети. Экономический критерий – это обычно минимум дисконтированных затрат, включающих капитальные вложения и эксплуатационные (постоянные и переменные) расходы (годовые издержки).

При выборе вариантов, возможно опустить из рассмотрения оптимальный вариант. Поэтому при выполнении проекта, несмотря на приближенное значение напряжения, полученное по выражениям (3.9), (3.10), студент должен рассмотреть несколько сопоставимых вариантов электропитающей сети и дать их краткое обоснование с использованием следующих принципов:

1) варианты развития электрической сети должны удовлетворять условиям надежности электроснабжения и качества электроэнергии у потребителей;

2) линия электропередачи должна быть как можно короче (выбираются кратчайшие пути между источниками электропитания и узлом нагрузки);

3) электрическая сеть должна быть как можно короче за счет допустимого по надежности исключения параллельных цепей линий электропередачи.

*Примечание:* экологические проблемы выбора сети в данном проекте не рассматриваются.

Для рыночной экономики характерен выбор наилучшего варианта по нескольким критериям: экономическому, финансовому, бюджетному и т.д.. Однако, главным для любых видов экономики считается экономический критерий, так как он позволяет оптимизировать издержки в целом по

общественному производству. Только после обоснования экономической эффективности варианта можно оценивать и оптимизировать остальные, перечисленные выше, виды эффективностей.

Экономическая эффективность может оцениваться разными показателями: чистым дисконтированным доходом (ЧДД), сроком окупаемости и другими. Однако все эти показатели являются модификациями показателя, называемого “дисконтированные затраты”. Поэтому в данной курсовой работе предлагается производить выбор наилучшего варианта сети по критерию дисконтированных затрат при условии технической сопоставимости рассматриваемых вариантов, т.е. при условии, что все варианты обеспечивают достаточно надежное и качественное электроснабжение потребителей.

В общем случае функционал суммарных приведенных затрат имеет вид:

$$C_{\Sigma} = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n K_{it} \alpha^{t-1} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m E_{jit} \alpha^{t-1} \Rightarrow \min \quad (3.11)$$

В этом выражении:  $K_{it}$  - капитальные вложения в  $i$ -й элемент схемы электроснабжения в год  $t$ , тыс. руб. (под элементами схемы понимаются линии электропередачи, трансформаторы, оборудование подстанций);  $\alpha = 1/(\dot{A}_i + 1)$  - коэффициент дисконтирования (приведения) затрат к первому году;  $T$  - срок эксплуатации объекта;  $\dot{A}_i$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, принимаемый в электроэнергетике на уровне величины, обратной нормативному сроку окупаемости  $T_i = 8$  ;  $n$  - количество элементов схемы;  $m$  - число видов ежегодных издержек;  $I_{jit}$  - годовые издержки производства, равные для каждого элемента схемы  $i$  и для года  $t$ :

$$I_{jit} = I_{1it} + I_{2it} + I_{3it} + I_{4t}, \quad m = 4, \quad (3.12)$$

при этом  $\dot{E}_{1it} = \dot{E}_{\hat{e}.\delta.it}$  - отчисления на капитальный ремонт;  $I_{2it} = I_{обit}$  - издержки на эксплуатацию (обслуживание) элементов схемы;  $I_{3it} = I_{ном it}$  - годовые издержки на потери электроэнергии в элементах схемы;  $I_{4t} = Y_{неот}$  - ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителям в году  $t$ , который в отличие от предыдущих видов издержек определяется для системы в целом. Следует отметить, что в данном случае, для рассматриваемых вариантов одинакового уровня надежности электроснабжения ущерб оценивать необязательно.

При сопоставлении вариантов выбора напряжения для транспорта электроэнергии от системной подстанции к источнику питания предприятия допускается пренебрегать составляющей ущерба от недоотпуска, при условии, что сравниваемые варианты схем имеют одинаковый уровень надёжности электроснабжения. В этом случае,  $m=3$ .

При сравнении суммарных дисконтированных затрат по рассматриваемым вариантам для упрощения в курсовом проекте рекомендуется принять срок строительства, равный одному году. Тогда сопоставление можно проводить по годовым затратам:

$$C = \sum_{i=1}^n K_{Pi} + \dot{E}_{\hat{e}.i} + \dot{E}_{неот.i}, \quad (3.13)$$

где  $K_{Pi}$  - стоимость затрат на все элементы сравниваемых схем.

Сведения по стоимости силовых трансформаторов приведены в таблицах 3.1-3.3; для коммутационных аппаратов (выключатели, разъединители, отделители и т.п), входящих в состав подстанций – в табл. 3.4-3.5 – для ВЛ 35÷110 кВ.

**Таблица 3.1.** Трансформаторы трехобмоточные трехфазные 115/38,5/11 кВ  
 масляные мощностью от 6300 до 63000 кВА.

№ п/п	Тип, мощность и $U_{BH}$ (кВ)	Потери, кВт		Сопротивление, Ом				Оптовая цена, руб./шт., 1991 г.
		$\Delta P_{xx}$	$\Delta P_{K3}$	$R_T$	$X_B$	$X_C$	$X_H$	
1	ТМТН- 6300/115	14	58	19,3	228	- 12,2	133	83400
2	ТДТН- 10000/115	19	76	10	144	- 7,7	83,5	102000
3	ТДТН- 16000/115	26	96	4,95	90	- 4,8	52,2	124000
4	ТДТН- 25000/115	36	140	2,92	56,7	- 3,8	33,4	144600
5	ТДТН- 40000/115	50	220	1,80	36,5	- 1,93	21	199800
6	ТДТН- 63000/115	70	290	0,93	22,5	- 1,22	13,2	252800

Примечание к табл. 3.1. Пределы регулирования трансформатора с высокой стороны  $\pm 9 \times 1,78 \%$ ; на стороне 35 кВ – 0, а на НН -  $\pm 2,5 \%$ . Соотношение мощностей обмоток 100/100/100 %.

**Таблица 3.2.** Трансформаторы двухобмоточные трехфазные на напряжение 110 кВ с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН) ВН=115 кВ; НН=6,6 или 11 кВ;  $U_{K3}=10,5 \%$ .

№ п/ п	Тип, мощность и $U_{BH}$ (кВ)	Потери, кВт		Сопротивление, Ом		Оптовая цена, руб./шт., 1991 г.
		$\Delta P_{xx}$	$\Delta P_{K3}$	$R_T$ , Ом	$X_T$ , Ом	
1	2	3	4	5	6	7
1	ТМН-2500/110	5,5	22	42,6	508	53000
2	ТМН-6300/115	10	48	14,7	220	72000
3	ТДН-10000/115	14	60	7,95	139	80000
4	ТДН-16000/115	21	85	4,35	86,7	96000
5	ТРДН-25000/115	25	120	2,54	55,9	130000
6	ТРДН-32000/115	32	145	2,2	43,0	143000
7	ТРДН-40000/115	42	160	1,46	38,4	176000
8	ТРДН-63000/115	59	245	0,87	22,0	220000

**Таблица 3.3.** Трансформаторы двухобмоточные трехфазные масляные мощностью от 1000 до 6300 кВА на напряжение 35/10 кВ

№ п / п	Тип, мощность и $U_{BH}$ (кВ)	Потери, кВт		Оптовая цена, руб./шт., 1991 г.
		$\Delta P_{xx}$	$\Delta P_{K3}$	
1	ТМН-1000/35	2,1	12,2	21500
2	ТМН-1600/35	2,9	16,5	24500
3	ТМН-2500/35	4,1	23,5	29400
4	ТМН-4000/35	5,6	35,5	36000
5	ТМН-6300/35	8,0	46,5	42400
6	ТДНС –10000/36,75	12,0	60,0	94600 (с РПН)
7	ТДНС –16000/36,75	17,0	85,0	108000 (с РПН)
8	ТДНС –25000/36,75	25,0	115, 0	142000 (с РПН)
9	ТДНС –32000/36,75	29,0	145, 0	157600 (с РПН)
10	ТДНС –40000/36,75	36,0	170, 0	176400 (с РПН)
11	ТДНС –63000/36,75	50,0	250, 0	239000 (с РПН)

Примечание к таблице 3.3. Пределы регулирования трансформаторов ТДНС  $\pm 9\%$  не менее 6 ступеней.

**Таблица 3.4.** Подстанции трансформаторные блочные типа КТПБ-110/35/10(6). Блоки и узлы, входящие в КТПБ.

№ п/п	Обозначение блока (узла)	Состав блока (узла)	Оптовая цена (1991г.) руб./шт.
1	2	3	4
1	Б 110-1К	Блок короткозамыкателя и разрядников 110 кВ	2760
2	Б 110-2К	Блок короткозамыкателя и разрядников 110 кВ	2860
3	Б 110-3/3 Б 110-19/3	Блок разъединителя РНДЗ-2-10/1000	2060
4	Б 110-5/2 Б 110-25/2	Блок отделителя ОД-110/630	1600
5	Б 110-40/2	Блок отделителя ОД(3)-110/630	1860
6	Б 110-12Н Б 110-21Н Б 110-22Н Б 110-23Н	Блок приема ВЛ 110 кВ	590

### Окончание таблицы 3.4

1	2	3	4
		Итого с 1 по 6	11730
7	Б 110-28/К	Блок трансформатора напряжения 110 кВ	490
8	Б 110-29/К	Блок трансформатора тока 110 кВ	440
9	Б 110-14/2 Б 110-14/2Н	Блок опорных изоляторов (три комплекта) 110 кВ	480
10	Б 10-14/0,6	Блок опорных изоляторов 10 кВ	580
11	Б 35-14/1,2П	Блок опорных изоляторов 35 кВ	160
12	УШ-3	Узел шкафа подстанционного оборудования КТПБ-110/35/10(6) кВ. Комплект: шальштанга ШР-110, 1 шт.	340
		Итого с 7 по 12	12490
13.	УШ-3	Шальштанга ШО-35 –1шт.; указатель напряжения УВН-10 – 1шт.; переносное заземление – 1 шт.; переносная лампа ПЛ-64 – 1 шт.	1880
14.	ОУ-1	Осветительная установка КТПБ	160
15.	ОПУ-2	Общестанционный пункт управления КТПБ-110/35/10(6). Состав комплекта: шальштанга ШР-110–1шт.; шальштанга ШО-35 –1 шт.; указатель напряжения УВН-10 –1шт.; переносное заземление –2шт.; переносная лампа ПЛ-64 – 1 шт.	4140
16.	ОЖ-11	Ошиновка жесткая ОРУ – 110 кВ	340
17.	УК-7 УК-8	Узлы установки и ошиновки ячеек КРУ КТПБ – 110/35/10(6). Два комплекта в составе: узел установки – 1 комплект, узел ошиновки – 2 комплекта.	2130
18.	КК-12	Раскладка кабельных конструкций КТПБ-110/35/10(6)	1390
19.	УМ-13 УМ-14	Установочно-монтажные приспособления КТПБ-110/35/10(6). Два комплекта в составе: устройство натяжное для 3-х фаз ВЛ-110 кВ; ВЛ-35 кВ–6 комплектов; молниеотвод –4 шт.; ремонтное ограждение – 4шт.; узел выключателя –1 комплект; кронштейн – 5шт.; кронштейн с ШО-35–2 шт.; ошиновка гибкая ОРУ-110 кВ– 2 комплекта.	3880
20.	Б-35/4 ИК Б-18-К Б-33-10/1	Блоки шинных аппаратов 35 кВ с ТН ЗНОМ-35 – 2 шт.; разрядниками РВС-35 – 9 шт.; РНД-3-5-35/1000 3 шт. с приводом.	8694
21.	Б-35-6/К Б-35-7/К Б-35-8/К Б-35-16/К Б-35-9/К	Блоки с выключателями 35 кВ–6 шт.; разъединителями РНДЗ-2-35/1000 с приводов ПР-У1; шкафом ШПП-63-8 компл.; трансформаторами тока ТФН-3М–6шт.; трансформаторами напряжения ЗНОМ-35-66 – 3 шт.	23850
22.	Б-35-38/К Б-35-39/К		13710
		Итого с 13 по 22	60174
23		Ячейки с выключателями ВМП-10-630 – 3 шт.; приводами ПП-67; разъединителями РВФЗ-10/630; трансформаторами тока.	6480
		Всего	66654



**Таблица 3.5.** Подстанции трансформаторные блочные типа КТПБ-35/10(6). Параметры блока: мощность, кВА: 6300, 10000, 16000; напряжение, кВ: ВН-35. Блоки и узлы, входящие в КТПБ.

№ п/п	Обозначение блока (узла)	Состав блока (узла)	Оптовая цена (1991 г.), руб./шт.
1	2	3	4
1	Б35-4И/К	Блок шинных аппаратов 35 кВ с трансформаторами напряжения 35/0,1 кВ типа ЗНОМ-35; разъединителем РНДЗ-2-35/1000 с приводом ПР-У1 и изоляторами.	3844
2	Б35-18К	Блок шинных аппаратов 35 кВ с трансформаторами напряжения 35/0,1 кВ типа ЗНОМ-35-66У1; разрядниками РВС-35 (3шт.), разъединителем РНДЗ-2-35/1000 с приводом ПР-У1.	3770
3	Б35-10/1	Блок шинных аппаратов 35 кВ с разрядниками РВС-35 (3шт.), разъединителем РНДЗ-2-35/1000 с приводом ПР-У1.	1080
4	Б35-6/К Б35-7/К	Блок выключателя 35 кВ с разъединителем РНДЗ-1-35/1000 или РНДЗ-2-35/1000 с приводом ПР-У1 и шкафом ШПП-63	7290
5	Б35-8/К Б35-11/К	То же с трансформаторами тока	8120
6	Б35-9/К Б35-16/К	Блок выключателя 35 кВ с разъединителями РНДЗ-2-35/1000 или РНДЗ-2-35/1000 с приводом ПР-У1 и шкафом ШПП-3 и трансформаторами напряжения ЗНОМ-35-66 – (3 шт.)	5908440
7.	Б35-38/К	Блок выключателя 35 кВ с разъединителями РНДЗ-1-35/1000 с приводом ПР-У1 и шкафом ШПП-63 и трансформаторами тока ТФН-35М (2шт.)	7200
8.	Б35-39/К	Блок выключателя 35 кВ с разъединителями РНДЗ-2-35/1000 с приводом ПР-У1 и шкафом ШПП-63 и трансформаторами тока ТФН-35М (2шт.)	6510
9.	Б35-38/К	Блок приема ВЛ-35 кВ с изоляторами ИОС-35/500 (3шт)	360
10.	ОЖ-10	Ошиновка жесткая ОРУ-35 кВ	510
11.	КК-10	Раскладка кабельных конструкций	750
12.	Н9-1	Натяжное устройство	140
13.	УК-1	Узел КРУ	164
14.	УК-2	Узел КРУ	170

### Окончание таблицы 3.5

1	2	3	4
15.	УШ-1	Узел шкафа подстанционного оборудования (комплект) в составе: шальштанга ШР-110, 1 шт.; ; указатель напряжения УВН-10 (1шт.).переносное заземление (1шт.) шт.; переносная лампа ПЛ-64 (1шт.).	1690
16.	УМ-10	Установочно-монтажные изделия КТПБ-35/35/10(6) (комплект) в составе: ограждение ремонтное (2шт.), ошиновка трансформатора на стороне 10(6) кВ (комплект), шина (3шт.), установка молниеотвода (1шт.)	480
		Итого	50518
17.		Ячейка с выключателем ВМП-10-630, приводом ПП-67, разъединителем РВФЗ-10/630, двумя трансформаторами тока.	2x3240
		Всего	56998

Ещё одним элементом системы электроснабжения являются линии электропередачи (ЛЭП), которые могут быть выполнены, как в кабельном, так и воздушном исполнении. Прежде чем определять стоимость ЛЭП, необходимо определить сечение провода или кабеля для соответствующего варианта выбора номинального напряжения.

#### ***Выбор сечений проводов по экономической плотности тока***

Сечение проводов ЛЭП в практических расчетах целесообразно определять по нормативным значениям экономической плотности тока в соответствии с требованиями ПУЭ.

Экономической плотностью тока называется плотность тока ( $A/mm^2$ ), которая обеспечивает наиболее выгодное соотношение расхода проводникового материала и затрат на возмещение потерь мощности и электроэнергии.

Суммарное сечение проводов в фазе одной цепи проектируемой линии определяется как:

$$F_{\Sigma} = \frac{I_{расч.}}{n \cdot j_{\Sigma}}, \text{ мм}^2, \quad (3.14)$$

где  $F_{\Sigma}$  - экономическое сечение провода в фазе,  $\text{мм}^2$ ;  $I_{\text{расч}}$  - расчетный ток линии,  $A$ ;  $n$  - число параллельных цепей проектируемой линии;  $j_{\Sigma}$  - экономическая плотность тока, определяемая по табл. 3.6, приведенной ниже,  $A/\text{мм}^2$ .

Значение расчётного тока в линии для каждого из вариантов определяется, исходя из расчетной нагрузки предприятия:

$$I_{\text{расч.}} = \frac{S_p'}{\sqrt{3} \cdot U}. \quad (3.15)$$

Количество цепей линии  $n$  выбирается по условиям надежности электроснабжения потребителей.

При использовании нормативных значений экономической плотности тока необходимо учитывать следующее:

а) для изолированных проводов сечением  $16 \text{ мм}^2$  и менее экономическая плотность тока увеличивается на 40 %;

**Таблица 3.6.** Экономическая плотность тока

Проводники	Экономическая плотность тока, $A/\text{мм}^2$ при $T_{\text{макс}}^H$ , ч/год		
	от 1000 до 3000	от 3000 до 5000	более 5000
Неизолированные провода и шины:			
медные	2,5	2,1	1,8
алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой поливинилхлоридной изоляцией с жилами:			
медными	3,0	2,5	2,0
алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
медными	3,5	3,1	2,7
алюминиевые	1,9	1,7	1,6

б) для линий одного и того же сечения с  $n$  нагрузками, присоединёнными к различным точкам этой ЛЭП,  $j_{\Sigma}$  в начале линии увеличивается в  $k_y$  раз, где  $k_y$  определяется по формуле:

$$k_y = \sqrt{\frac{I_{нач}^2 \cdot L}{\sum_{i=1}^n I_i l_i}}, \quad (3.16)$$

где  $I_{нач}$  - ток в начале линии;  $L$  - полная длина линии;  $I_i$  и  $l_i$  - токовая нагрузка и длина  $i$ -го участка.

После выбора сечения проводов по экономической плотности тока их значения округляют до стандартных сечений.

Вследствие того, что для промышленных предприятий при сооружении электрической сети внешнего электроснабжения, как правило, применяются воздушные ЛЭП, кабельные линии электропередачи в этом разделе не рассматриваются. Укрупненная стоимость воздушных ЛЭП представлена в табл. 3.7.

**Таблица 3.7.** Укрупненная стоимость строительства ВЛ 35-110 кВ на железобетонных опорах в тыс. руб./км (в ценах 1991 г.)

Опоры ВЛ	Марка и сечение провода	Укрупненная стоимость строительства 1 километра ВЛ в районе по гололеду			
		I	II	III	IV
Железобетонные одноцепные 35 кВ	АС-50	(12,0)	13,2	(15,7)	(17,8)
	АС-70	12,3	13,5	15,8	16,8
	АС-95	15,2	15,6	15,8	16,8
	АС-120	16,4	16,4	16,9	17,0
	АС-150	16,8	16,8	17,2	17,5
Железобетонные двухцепные 35 кВ	АС-50	25,0	27,2	(32,0)	(34,5)
	АС-70	26,2	27,4	32,0	34,5
	АС-95	30,5	30,8	32,5	34,7
	АС-120	31,4	31,6	32,6	(34,5)
	АС-150	32,2	32,4	34,5	36,0
Железобетонные одноцепные 110 кВ	АС-70	15,2	(16,7)	(20,0)	(22,2)
	АС-95	16,2	16,7	20,0	22,2
	АС-120	16,2	17,0	20,1	22,3
	АС-150	18,0	19,4	20,2	23,0
	АС-185	20,0	20,2	21,2	25,0
	АС-240	22,0	22,2	23,0	25,2
Железобетонные двухцепные 110 кВ	АС-70	26,2	28,8	(32,8)	(36,5)
	АС-95	28,2	29,2	32,8	36,5
	АС-120	30,2	31,0	34,0	37,4
	АС-150	32,8	32,9	34,6	37,6
	АС-185	35,6	35,8	38,2	40,8
	АС-240	40,0	40,5	41,5	44,4

Примечание. Для линий, стоимость которых приведена в скобках, применение соответствующих проводов не рекомендуется как неэкономичное.

**Амортизационные отчисления** обычно нормируются на уровне

Постановления Правительства для всех отраслей народного хозяйства, в том числе и для электроэнергетики.

В таблице 3.8 приведены нормы (коэффициенты) амортизации для ВЛ 0,4÷330 кВ, кабельных линий электропередачи в зависимости от условий прокладки (в земле, воде, помещениях) и для силового оборудования электростанций и подстанций, введенные в 1991 г.

**Таблица 3.8.** Коэффициенты амортизации электрооборудования.

№ п/п	Группы и виды основных фондов	Шифр	Норма амортизации, %
1.	Воздушные линии электропередачи напряжением от 0,4 до 20 кВ		
а	на металлических и железобетонных опорах	30006	3,0
б	из пропитанной древесины	30007	4,0
в	из непропитанной древесины	30008	6,0
2.	<u>ВЛ 35-330 кВ</u>		
а	на металлических и железобетонных опорах	30009	2,0
б	из пропитанной древесины	30010	3,3
3.	Кабельные линии напряжением 10 кВ		
а	со свинцовой оболочкой, проложенные в земле	30011	2,0
б	со свинцовой оболочкой, проложенные в помещении		
в	с алюминиевой оболочкой, проложенные в помещении		
4.	То же, но проложенные под водой, а алюминиевые, проложенные в земле.	30012	4,0
5.	То же с пластмассовой оболочкой, проложенные в земле и помещении.	30013	5,0
6.	То же для кабельных линий 20-35 кВ, проложенных под водой.	30014	3,0
7.	То же для напряжения 110-220 кВ с маслом наполнением низкого, среднего и высокого давления, проложенные в земле, воде, помещениях	30015	2,0
8.	Силовое электротехническое оборудование: распределительные устройства, трансформаторы, распределительные шины со своей аппаратурой и другим оборудованием	40701	4,4
9.	Электроагрегаты типа АД-100 - передвижные	40300	12,5

Издержки  $I_{об}$  определяются по фактическим затратам в сетях или на основе норм обслуживания на одного электромонтера или мастера-диспетчера районных подстанций:

$$I_{об} = \gamma N_{y.e.}, \quad (3.17)$$

где  $N_{y.e.}$  - число условных единиц на обслуживание данного вида

оборудования (табл. 4.3);  $\gamma = 70$  руб./у.е. – стоимость одной условной единицы в ценах 1991 г. с учетом отчислений на социальные нужды для сравнительных вариантов. (На одного электромонтера принимается нагрузка  $50 \div 70$  у.е.).

**Стоимость потерь** в элементах электрической сети складывается из стоимости потерь в трансформаторах и стоимости потерь в ЛЭП.

*Потери электроэнергии в трансформаторах* рассчитываются по формуле:

$$\Delta W = \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta P_{\hat{E}C} S_T^2}{S_{T\text{ном}}^2} \cdot \tau_{\text{max}} + n \Delta P_{xx} T_{\text{а\text{в}т}}. \text{ кВт.ч}, \quad (3.18)$$

где  $S_T$  - мощность наибольшей нагрузки в данный период (год), кВА

(принимается равной расчётной нагрузке предприятия  $S_p$ ;

$S_{T\text{ном}}$  - номинальная мощность трансформатора;  $\tau_{\text{max}}$  - время потерь при максимальной нагрузке, которое может быть определено по эмпирической формуле:

$$\tau_{\text{max}} = (0,124 + T_{\text{макс}}^n / 10000)^2 \cdot 8760, \text{ час/год} \quad (3.19)$$

или по табл. 3.9;  $n$  - число параллельно работающих трансформаторов;

$T_{\text{год}} = 8760$  час – расчетное число часов в году.

**Таблица 3.9.** Средние значения числа часов использования максимальных потерь.

Элементы схемы	$\tau_{\text{max}}$ , ч/год
Воздушные линии 110 кВ	3100
Подстанции 110 кВ	3000
Воздушные линии 35 кВ	2500
Подстанции 35, 10(6) кВ	2000

*Потери электрической энергии в ЛЭП* определяются, исходя из закона Джоуля-Ленца:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ЛЭП}} = I_{\text{расч.}}^2 \cdot r_0 \cdot l \cdot \tau_{\text{макс.}}, \quad (3.20)$$

где  $I_{\text{расч.}}$  - расчетный ток в линии электропередачи, определяемый по выражению (3.5);  $\tau_{\text{макс.}}$  - время максимальных потерь (по табл. 3.9);  $l$  - заданная по условиям проектирования длина ЛЭП;  $r_0$  - удельное активное сопротивление ЛЭП, определяемое по табл. 3.10.

**Таблица 3.10.** Удельное сопротивление сталеалюминиевых проводов

Марка провода	Сопротивление единицы длины, Ом/км	
	активное	индуктивное
АС 35	0,9	0,43
АС 50	0,65	0,42
АС 70	0,46	0,41
АС 95	0,33	0,40
АС 120	0,27	0,39
АС 150	0,21	0,38
АС 185	0,17	0,37
АС 240	0,13	0,36
АС 300	0,11	0,35

После того, как определены суммарные потери в трансформаторах и линии электропередачи, умножая на соответствующую стоимость электрической энергии, получают суммарную стоимость потерь.

Зная, суммарные капитальные вложения в рассматриваемые элементы электрической сети и суммарные ежегодные издержки, по выражению (3.13) определяют суммарные приведённые затраты для каждого из вариантов выбранных напряжений рассматриваемой системы электроснабжения. Минимуму функционала затрат будет соответствовать наиболее рациональный вариант номинального напряжения, на котором электрическая энергия передается от системной подстанции до источника питания рассматриваемого предприятия.

Полученное значение напряжения не должно существенно отличаться от рационального напряжения, определённого по выражениям (3.9), (3.10), а также от значений табл. 3.11, в которой приведены данные о рекомендуемых передаваемых мощностях на одну цепь линий и о предельных расстояниях передачи, полученные на основании обобщения накопленного опыта проектирования электрических сетей.

**Таблица 3.11.** Данные о пропускной способности линий 6-220 кВ, необходимые для выбора напряжения сети.

Номинальное напряжение ВЛ, кВ	Мощность нагрузки на одну цепь, МВт	Расстояние передачи (длина ВЛ), км
6	0,5 – 1	6 – 10
10	1 – 2	10 - 20
35	5 – 10	20 - 60
110	25 – 50	50 – 150
220	100 - 200	150 - 250

### **3.2. Городское хозяйство**

Название курсового проекта по этой тематике обычно связано с проектированием системы электроснабжения отдельно взятого микрорайона (квартала) города. Специфика городского хозяйства устанавливает особые требования, как к системам электроснабжения, так и к принципам формирования (построения) электрических сетей различных уровней. В первую очередь это связано с методами определения расчётной нагрузки (см. глава 2).

Напряжение городских электрических сетей выбирается с учетом концепции развития города в пределах расчетного срока и системы напряжений в энергосистеме: 35 - 110 - 220 - 500 кВ или 35 - 110 - 330 - 750 кВ. При этом, должно приниматься наименьшее количество ступеней трансформации энергии. Для большинства городов на ближайший период развития города наиболее целесообразной является система напряжений 35-110/10 кВ; для крупнейших и крупных городов - 500/220 - 110/10 кВ или 330/110/10 кВ.

В крупнейших и крупных городах использование напряжения 35 кВ должно быть ограничено.

Вследствие того, что нагрузка микрорайонов не столь значительна, как в промышленных предприятиях, источниками питания являются районные



трансформаторные подстанции (РТП), напряжением 110/35/10-6 кВ, 110/10-6 кВ, 35/10-6 кВ, от которых питание получают несколько микрорайонов или кварталов. В самом микрорайоне центром питания, в основном, является распределительный пункт, от которого электрическая энергия передаётся городским понижающим подстанциям. Мощность короткого замыкания на сборных шинах ЦП при напряжении 10 (6) кВ не должна превышать 350 (200) МВ.А.

Последовательность выбора места расположения и определения мощности центра питания аналогична рассмотренной методике (п. 3.1). Исключение составляет преимущественное отсутствие учета компенсации реактивной мощности в условиях городского хозяйства. Условия компенсации реактивной нагрузки местных и центральных тепловых пунктов, насосных, котельных и других потребителей, предназначенных для обслуживания жилых и общественных зданий, расположенных в микрорайонах, определяются нормами проектирования электрооборудования жилых и общественных зданий.

Таким образом, в целях упрощения, в курсовом проекте, выполняемом на тему: «Электроснабжение микрорайона», расчёт системы внешнего электроснабжения не рассматривается.

В районах малоэтажной застройки (до 6 этажей) мощность трансформаторов ТП в зависимости от плотности нагрузки на шинах 0,4 кВ рекомендуется принимать в соответствие с табл. 3.12.

**Таблица 3.12.** Допустимая мощность городских трансформаторных подстанций

Плотность нагрузки, МВт/кв. км	Мощность трансформаторов ТП, кВ.А
от 0,8 до 1,0	1 x 160
свыше 1,0 до 2,0	1 x 250
свыше 2,0 до 5,0	1 x 400
свыше 5,0 до 8,0	1 x 630

При застройке жилых кварталов зданиями большей этажности допускается использование трансформаторов большей мощности.

### **3.3. Системы сельского электроснабжения**

Сельские населенные пункты (деревни, посёлки, крестьянско-фермерские хозяйства, отделения, кооперативы и пр.) получают питание, как правило, по воздушным линиям электропередачи напряжением 6-10 кВ от районных трансформаторных подстанций. Поэтому задачей расчёта системы внешнего электроснабжения для сельских населенных пунктов является:

- выбор места расположения и мощности источников питания потребителей;
- выбор наиболее целесообразной схемы электроснабжения.

#### **3.3.1. Выбор мощности источников питания потребителей и места их расположения**

Согласно существующего положения, количество источников питания для сельских населённых пунктов принимается в зависимости от мощности, подключаемых потребителей, а также расстояния между источником питания и потребителями. В целом, если радиус охвата потребителей из центра питания не превышает 500 м, достаточно одного источника питания. При этом количество трансформаторов определяется уровнем бесперебойности питания потребителей, в зависимости от их категории надёжности.

В зависимости от масштабности населённого пункта, а также мощности подключаемых потребителей необходимо распределить потребители по сходным режимно-характерным особенностям, объединив их в соответствующие группы. Таким образом, коммунально-бытовые потребители, общественно-административные помещения следует объединять в одни группы, а производственные потребители, имеющие отличный от коммунальных потребителей характер работы – в другие. Если курсовой проект выполняется для конкретного населённого пункта, где потребители уже имеют своё место расположения и нет возможности

объединить потребители по соответствующим группам, допускается совместное объединение коммунально-бытовых и производственных потребителей, образующих смешанную нагрузку. В этом случае необходимо предусмотреть отдельное присоединение различных по характеру работы потребителей к разным шинам трансформаторной подстанции.

Расчётная нагрузка на трансформаторную подстанцию определяется по методике, изложенной в главе 2. Поскольку реактивная мощность, передаваемая коммунально-бытовым потребителям по сетям низкого напряжения незначительна, расчётную нагрузку на ТП считают без учёта компенсации реактивной мощности, но с учётом приблизительных потерь в трансформаторах и ЛЭП по выражениям (3.7). В тех трансформаторных подстанциях, которые осуществляют питание производственной и смешанной нагрузки потребителей, при определении расчётной нагрузки должна учитываться, кроме потерь, также компенсация реактивной мощности. В этом случае расчётная нагрузка таких ТП будет определяться по выражениям (3.8), в котором в данном случае экономически обоснованный коэффициент реактивной мощности нагрузки следует принимать:  $\operatorname{tg} \varphi_{\Sigma} = 0,35$  - для сетей напряжением 0,38 кВ.

Номинальная мощность трансформатора определяется в зависимости от уровня надежности электроснабжения подключенных к шинам ТП потребителей. Кроме того, безусловно, мощность силовых трансформаторов в нормальных условиях должна обеспечивать питание всех приёмников электрической энергии. Выбор мощности производят по расчётной нагрузке.

В зависимости от способа задания расчётной нагрузки существует два подхода к выбору номинальной мощности ТП:

- по известным характерным суточным графикам нагрузок;
- по расчётным максимумам нагрузок для тех же режимов.

В соответствии с рекомендациями по проектированию электроснабжения с.-х., мощность трансформаторов на подстанциях определяют по экономическим интервалам нагрузки.

Для однострансформаторных подстанций (ОПС) достаточным условием для выбора мощности служит выражение:

$$S_{э.н.} \leq S_p \leq S_{э.в.}, \quad (3.21)$$

где  $S_{э.н.}$  и  $S_{э.в.}$  – соответственно нижняя и верхняя границы интервалов нагрузки для трансформатора принятой номинальной мощности, кВА;  $S_p$  – расчётная нагрузка подстанции, кВА.

Мощность трансформатора в нормальном режиме при равномерной их загрузке для подстанций 35/6/10 и 6/35/0,4 кВ выбирают, исходя из требований:

$$S_{э.н.} \leq 0,5 \cdot S_p \leq S_{э.в.} \quad (3.22)$$

В послеаварийном режиме мощность трансформатора, соответствующую этому условию, проверяют с учётом возможных вариантов резервирования потребителей по сетям низшего напряжения (НН).

При отсутствии резервирования:

$$S_{ном.} = S_p / k_{пер.}, \quad (3.23)$$

где  $k_{пер.}$  – коэффициент допустимых послеаварийных перегрузок.

При наличии резервирования по сетям НН номинальную мощность определяют для двух случаев:

1) при отключении одного из трансформаторов на проектируемой ПС:

$$S_{ном.} = (S_p - S_{рез.1}) / k_{пер.}, \quad (3.24)$$

где  $S_{рез.1}$  – нагрузка проектируемой ПС, автоматически резервируемая по сетям НН;

2) при отключении соседней ПС, имеющей связь с проектируемой по сетям НН:

$$S_{ном.} = (S_p + S_{рез.2}) / (2 \cdot k_{пер.}), \quad (3.25)$$

где  $S_{рез.2}$  – наибольшая дополнительная нагрузка, автоматически резервируемая трансформаторами проектируемой ПС при исчезновении напряжения на соседней.

Месторасположение каждого источника питания для конкретной группы потребителей определяется аналогично п. 3.1 – для промышленных потребителей.

### 3.3.2. Выбор схемы электроснабжения

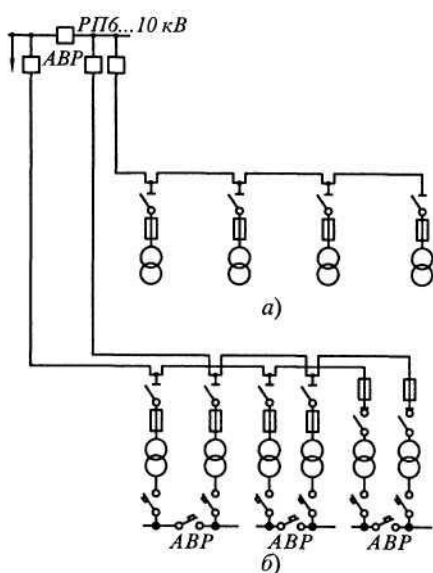
Сельские потребительские подстанции в системе электроснабжения, как правило, имеют магистральную схему соединения. Магистральные схемы, по сравнению с радиальными, имеют следующие преимущества: лучшую загрузку кабелей (проводов ВЛ) при нормальном режиме, меньшее число камер на РП. К недостаткам магистральных схем следует отнести усложнение схем коммутации при присоединении ТП и одновременное отключение нескольких потребителей, питающихся от магистрали, при ее повреждении.

Число трансформаторов, присоединяемых к одной магистрали, обычно не превышает двух-трех при мощности трансформаторов 1000...2500 кВ·А и четырех-пяти при мощности 250...630 кВ·А.

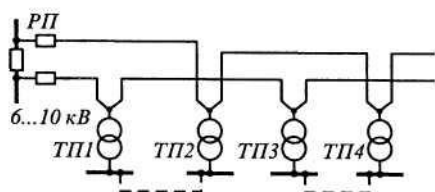
Магистральные схемы выполняются одиночными и двойными, с односторонним и двухсторонним питанием.

Одиночные магистрали без резервирования (рис. 3.2, а) применяются в тех случаях, когда подключаемые потребители имеют 3 категорию по уровню надежности электроснабжения. Вместе с этим, надежность схемы с

одиночными магистралями можно повысить, если питаемые ими одно-трансформаторные подстанции расположить таким образом, чтобы была возможность осуществить частичное резервирование по связям низкого напряжения между ближайшими подстанциями. На рис. 3.3 показана схема, на которой близко расположенные трансформаторные подстанции питаются от разных одиночных магистралей с резервированием по связям на низком напряжении. Следует отметить, что такие магистральные схемы можно применять и для потребителей первой категории, если их мощность не превышает 15...20% от общей нагрузки трансформаторов. Трансформаторы подключаются к разным магистралям, присоединенным к разным секциям РП или РУ.



**Рис. 3.2. Магистральные схемы с односторонним питанием на предприятиях:  
а - одиночные; б - двойные с резервированием на НН**



**Рис. 3.3. Схема одиночных магистралей с частичным резервированием по связям вторичного напряжения**

Одиночные магистрали с глухими отпайками, т.е. без разъединителей на входе и выходе магистрали применяются главным образом на воздушных линиях. На кабельных линиях глухое присоединение может быть применено лишь для питания неотчетливых подстанций мощностью не выше 400 кВА.

Схемы с двойными («сквозными») магистралями (см. рис. 3.2,б) применяются для питания более ответственных и технологически слабо

связанных между собой потребителей одного сельскохозяйственного объекта. Установка разъединителей на входе и выходе линии магистрали не требуется.

Выбор схемы внешнего электроснабжения производится на основе технико-экономического сравнения вариантов схем аналогично п. 3.1.2 настоящей главы.

В сельских распределительных сетях, как правило, устанавливаются комплектные трансформаторные подстанции, укомплектованные оборудованием приёма, преобразования и распределения электрической энергии а также средствами защиты и управления.

Данные по некоторым силовым трёхобмоточным трансформаторам представлены в табл. 3.13, а по комплектным трансформаторным подстанциям в табл. 3.14.

**Таблица 3.13.** Трёхфазные двухобмоточные трансформаторы 6-10 кВ

№ п/п	Тип трансформатора	Мощность $S_{ном}$ , кВА	Каталожные данные				Стоимость на 01.01.2010
			$U_{ном}$ , кВ, обмоток		$u_k$ , %	$\Delta P_k$ , кВт	
			ВН	НН			
1	ТМГ-25/6-10/0,4	25	6,3; 10,5	0,4; 0,23	4,5 – 4,7	0,6 – 0,69	50500
2	ТМГ-40/6-10/0,4	40	6,3; 10,5	0,4; 0,23	4,5-4,7	0,88	58000
3	ТМГ-63/6-10/0,4	63	6,3;10,5	0,4; 0,23	4,5 – 4,7	1,28 – 1,47	69000
4	ТМГ-100/6-10/0,4	100	6,3; 10,5	0,4; 0,23	4,5 – 4,7	1,97 – 2,27	86000
5	ТМГ-160/6-10/0,4	160	6,3; 10,5	0,4; 0,23	4,5 – 4,7	1,97 – 2,27	111500
10	ТМГ-250/6-10/0,4	250	6,3; 10,5	0,4; 0,23	4,5 – 4,7	3,7 – 4,2	147000
11	ТМГ-400/6-10/0,4	400	6,3; 10,5	0,23; 0,69; 0,4	4,5	5,5 – 5,9	187000
12	ТМГ-630/6-10/0,4	630	6,3; 10,5	3,15; 0,23; 0,4; 0,69	5,5	7,6 – 8,5	276000
13	ТМГ-1000/6-10/0,4	1000	6,3; 10,5	0,4; 0,69; 3,15; 0,525	8,0	12,2	465500
15	ТМГ-1600/6-10/0,4	1600	6,3; 10,5	0,4; 0,69; 3,15	5,5	18,0	784000
16	ТМГ-2500/6-10/0,4	2500	6,3; 10,5	0,69 – 10,50	5,5	25,0 – 23,5	1390000

**Таблица 3.14.** Стоимость комплектных трансформаторных подстанций

№ п/п	Тип подстанции	Стоимость, руб
1	2	3
1	КТПУ-ТВ 25-6/0,4; КТПУ-ТВ 25/10/0,4	88000
2	КТПУ-ТВ 40-6/0,4; КТПУ-ТВ 40/10/0,4	88000
3	КТПУ-ТВ 63-6/0,4; КИПУ-ТВ 63/10/0,4	88000
4	КТПУ-ТВ 100-6/0,4; КТПУ-ТВ 100/10/0,4	88000
5	КТПУ-ТВ 160-6/0,4; КТПУ-ТВ 160/10/0,4	90400
6	КТПУ-ТВ 250-6/0,4; КТПУ-ТВ 250/10/0,4	91500
7	КТПУ-ТВ 400-6/0,4; КТПУ-ТВ 400/10/0,4	102200
8	КТПУ-ТК 25-6/0,4; КТПУ-ТК 25/10/0,4	96400
9	КТПУ-ТК 40-6/0,4; КТПУ-ТК 40/10/0,4	96400
10	КТПУ-ТК 63-6/0,4; КТПУ-ТК 63/10/0,4	96400
11	КТПУ-ТК 100-6/0,4; КТПУ-ТК 100/10/0,4	96400
12	КТПУ-ТК 160-6/0,4; КТПУ-ТК 160/10/0,4	98200
13	КТПУ-ТК 250-6/0,4; КТПУ-ТК 250/10/0,4	99100
14	КТПУ-ТК 400-6/0,4; КТПУ-ТК 400-10/0,4	105800
15	КТП-ТВ 25-6/0,4; КТП-ТВ 25-10/0,4	99300
16	КТП-ТВ 40-6/0,4; КТП-ТВ 40-10/0,4	99300
17	КТП-ТВ 63-6/0,4; КТП-ТВ 63-10/0,4	99300
18	КТП-ТВ 100-6/0,4; КТП-ТВ 100-10/0,4	99370
19	КТП-ТВ 160-6/0,4; КТП-ТВ 160-10/0,4	104200
20	КТП-ТВ 250-6/0,4; КТП-ТВ 250-10/0,4	106100
21	КТП-ТВ 400-6/0,4; КТП-ТВ 400-10/0,4	116300
22	КТП-ТВ 630-6/0,4; КТП-ТВ 630-10/0,4	120300
23	КТП-ТВ 1000-6/0,4; КТП-ТВ 1000-10/0,4	261800
24	КТП-ТВ 1600-6/0,4; КТП-ТВ 1600-10/0,4	310000

**Примечание 1.** Расшифровка аббревиатуры: КТПУ-ТВ (уменьшенная проходная комплектная трансформаторная подстанция тупиковая с воздушным вводом киосковая класса «Эконом»- «Оптима»); КТПУ-ТК – уменьшенная комплектная трансформаторная подстанция тупиковая киосковая с кабельным вводом класса «эконом» - «Оптима»; КТП-ТВ – киосковая комплектная трансформаторная подстанция тупиковая с воздушным вводом.

**Примечание 2.** Цены на КТП приведены на 01.01.2010.

#### **ГЛАВА IV. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Этот этап проектирования является наиболее важным, поскольку он определяет эффективность всей системы электроснабжения в целом.

При выборе оптимального варианта схемы распределения электрической энергии внутри объекта проектирования необходимо руководствоваться основными требованиями к системам электроснабжения, а также принципами формирования структуры электрических сетей и насыщенности их необходимыми элементами.



Схемы электрических соединений электроустановок выполняются для первичных и вторичных цепей.

*К первичным цепям* относятся главные цепи электроустановок, по которым электрическая энергия подается к потребителям; их схемы выполняются однолинейными и трехлинейными.

В однолинейных схемах три фазы установки и ее оборудование условно изображаются для одной фазы. На трехлинейных схемах указываются соединения для всех трех фаз, а также вторичные цепи. Полная схема получается громоздкой, поэтому она выполняется только для отдельных элементов установки.

*К вторичным цепям* относятся цепи, служащие для соединения вторичного электрооборудования - измерительных приборов, приборов и аппаратов управления и сигнализации, устройств релейной защиты и автоматики.

В данном разделе рассматриваются первичные цепи в однолинейном изображении.

## **4.1. Выбор схемы внутреннего электроснабжения промышленных предприятий**

### **4.1.1. Выбор номинальных напряжений**

В питающих и распределительных сетях небольших и средних предприятий применяются номинальные напряжения 6 и 10 кВ. Как правило, следует применять напряжение 10 кВ как более экономичное, чем напряжение 6 кВ. Напряжение 6 кВ применяется при преобладании на объекте электроприемников с напряжением 6 кВ. В ряде случаев электроснабжение электроприемников с напряжением 6 кВ осуществляется по питающим линиям напряжением 10 кВ с последующей трансформацией на напряжение 6 кВ непосредственно для данных электроприемников.

Напряжение 660 В как внутрицеховое целесообразно на тех предприятиях, на которых по условиям расположения цехового

технологического оборудования или окружающей среды нельзя или затруднительно приблизить цеховые трансформаторные подстанции к питаемым ими электроприемникам. Напряжение 660 В целесообразно также на предприятиях с большой удельной плотностью электрических нагрузок, концентрацией мощностей и большим числом двигателей мощностью 200...600 кВт. Наиболее целесообразно сочетание напряжения 660 В с первичным напряжением 10 кВ. Необходимо учитывать, что при применении напряжения 660 В возникает необходимость и в сетях напряжением 380 В для питания небольших электродвигателей и светотехнических установок. Наиболее широко применяется и является основным напряжением 380/220 В.

#### **4.1.2. Источники питания и пункты приема электроэнергии объектов на напряжении выше 1 кВ**

##### ***а) требования к надежности электроснабжения***

Требования, предъявляемые к надежности электроснабжения от источников питания, определяются потребляемой мощностью объекта и его видом.

Приемники электрической энергии в отношении обеспечения надежности электроснабжения разделяются на несколько категорий.

***Первая категория*** - электроприемники, перерыв электроснабжения, которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный экономический ущерб, повреждение дорогостоящего оборудования, расстройство сложного технологического процесса, массовый брак продукции. Примером электроприемников первой категории в промышленных установках могут быть электроприемники насосных станций противопожарных установок, системы вентиляции в химически опасных цехах, водоотливных и подъемных установок в шахтах и т.п. Допустимый интервал продолжительности нарушения электроснабжения для электроприемников первой категории не более времени, затрачиваемого на автоматический ввод резервного источника питания.

Из состава электроприемников первой категории выделяется особая группа (нулевая категория) электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы для жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего оборудования. Например, к электроприемникам нулевой категории относятся операционные помещения больниц, аварийное освещение и пр.

**Вторая категория** - электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовым недоотпускам продукции, массовым простоям рабочих, механизмов. Допустимый интервал продолжительности нарушения электроснабжения для электроприемников второй категории не более 30 мин. Примером электроприемников второй категории в промышленных установках являются приемники прокатных цехов, основных цехов машиностроения, текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности.

**Третья категория**- все остальные электроприемники, не подходящие под определение первой и второй категорий. К этой категории относятся установки вспомогательного производства, склады неответственного назначения.

Электроприемники первой категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания, при отключении одного из них, переключение на резервный источник должно осуществляться автоматически. Согласно определению ПУЭ, независимыми источниками питания являются такие, на которых сохраняется напряжение при исчезновении его на других источниках, питающих эти электроприемники. Согласно ПУЭ к независимым источникам могут быть отнесены две секции или системы шин одной или двух электростанций или подстанций при соблюдении следующих условий:

каждая из этих секций или систем шин питается от независимых источников;

секции шин не связаны между собой или же имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секций шин.

Для электроснабжения электроприемников особой группы должен предусматриваться дополнительный третий источник питания, мощность которого должна обеспечивать безаварийную остановку процесса.

Электроприемники второй категории рекомендуется обеспечивать от двух независимых источников питания, переключения можно осуществлять не автоматически.

Электроснабжение электроприемников третьей категории может выполняться от одного источника при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта и замены поврежденного оборудования, не превышают одних суток.

#### ***б) выбор количества и мощности источников питания***

Число и тип приемных пунктов электроэнергии (подстанций) зависят от мощности, потребляемой объектом электроснабжения, и характера размещения электропотребителей на территории объекта. При сравнительно компактном расположении потребителей и отсутствии особых требований к надежности электроснабжения вся электроэнергия от источника питания может быть подведена к одной трансформаторной подстанции или распределительному пункту. При разбросанности потребителей и повышенных требованиях к бесперебойности электроснабжения питание следует осуществлять от двух и более подстанций.

При близости источника питания к объекту и потребляемой им мощности в пределах пропускной способности линий напряжением 6 и 10 кВ электроэнергия подводится к распределительному пункту или к главной распределительной подстанции (ГРП). РП служат для приема и распределения электроэнергии без ее преобразования или трансформации.

От РП электроэнергия подводится к ТП и к электроприемникам напряжением выше 1 кВ, т.е. в этом случае напряжения питающей и распределительной сети совпадают.

Если же объект потребляет значительную (более  $40 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ ) мощность, а источник питания удален, то прием электроэнергии производится на узловых распределительных подстанциях или на главных понижающих подстанциях.

*Узловой распределительной подстанцией (УРП)* называется центральная подстанция объекта напряжением 35...220 кВ, получающая питание от энергосистемы и распределяющая ее по подстанциям глубоких вводов на территории объекта.

*Главной понижающей подстанцией (ГПП)* называется подстанция, получающая питание непосредственно от районной энергосистемы и распределяющая энергию на более низком напряжении (6 или 10 кВ) по объекту.

*Подстанцией глубокого ввода (ПГВ)* называется подстанция на напряжение 35...220 кВ, выполненная по упрощенным схемам коммутации на первичном напряжении, получающая питание непосредственно от энергосистемы или от УРП. ПГВ обычно предназначается для питания отдельного объекта (крупного цеха) или района предприятия.

Прежде чем переходить к выбору мощности источников, от которых питание передается низковольтным потребителям, необходимо определить потребность предприятия в их количестве. Это производится, исходя из общей электрической нагрузки со стороны низшего напряжения, подсчитанной в графе 14 табл. 2.1, выражение (2.22).

Количество цеховых трансформаторов можно определять и в зависимости от характера нагрузки потребителей предприятия.

В зависимости от общей нагрузки предприятия, а также мощности отдельных его цехов количество трансформаторов можно выбирать на основе нескольких подходов.

*Первый подход.* В данном случае количество цеховых трансформаторов определяется для предприятий, цеха которых имеют примерно одинаковую по мощности и характеру работы нагрузку потребителей. При этом уровень

надёжности данных потребителей также примерно одинаков. В этом случае первоначально находится удельная мощность предприятия по выражению:

$$S_{уд} = \frac{S_p}{F}, \quad (4.1)$$

где  $F$  – площадь предприятия, определяемая по генеральному плану,  $m^2$ .

при  $S_{уд} < 0,2 \frac{кВА}{м^2}$ , оптимальную номинальную мощность выбираемых

источников питания следует принимать, равной  $S_{т.опт} = 1000$  кВА ;

при  $S_{уд} = 0,2 - 0,3 \frac{кВА}{м^2}$   $S_{т.опт} = 1600$  кВА ;

при  $S_{уд} > 0,3 \frac{кВА}{м^2}$   $S_{т.опт} = 2500$  кВА .

В этом случае на предприятии будут использоваться цеховые трансформаторы одного габарита, что весьма положительно влияет на обслуживание электрооборудования в нормальных и аварийных режимах.

После этого общее количество цеховых трансформаторов на предприятии определяется по выражению:

$$n_m = \frac{S_p}{K_{з.т} \cdot S_{м.опт}} ; \quad (4.2)$$

где  $K_{з.т}$  - коэффициент загрузки трансформаторов.

Коэффициент загрузки рекомендуется принимать в следующих пределах:

$K_{з.т} = 0,65 - 0,7$  для двухтрансформаторных подстанций при наличии электроприемников первой и второй категории;

$K_{з.т} = 0,75 - 0,85$  для двухтрансформаторных подстанций при наличии электроприемников второй и третьей категории;

$K_{з.т} = 0,9 - 0,95$  для одно трансформаторных подстанций.

Определенное по (4.2) число трансформаторов округляется до ближайшего целого числа в меньшую сторону, если дробная часть  $n_m$  меньше 0,5 и в большую сторону, если дробная часть  $n_m$  больше 0,5.

После этого, определенное количество трансформаторов пропорционально делят на количество цехов предприятия, объединяя их в группы по примеру рис. 3.1(глава 3), определяя месторасположение трансформатора по выражениям (3.2), (3.3) и строя картограмму нагрузок.

Если нагрузка цехов неодинакова, но характер работы потребителей примерно одинаков и они близки по уровню надежности, можно воспользоваться *вторым подходом* к решению поставленной задачи. В этом случае, также как и при первом подходе количество трансформаторов определяется по выражению (4.2), но распределение количества трансформаторов в группах может быть неодинаковым. В отдельных случаях, когда мощность цеха соизмерима с принятой номинальной мощностью трансформатора, один цех может получать питание от одной подстанции и, даже, если мощность цеха превышает принятую номинальную мощность источника, в нём могут быть установлено два и более цеховых трансформатора. Но в этом случае также используются цеховые трансформаторы одного габарита.

*Третий подход* для решения поставленной задачи применяется в том случае, когда цеха предприятия имеют различную установленную мощность, различный характер работы, одинаковый или различный уровень надежности электроснабжения. В этом случае отдельные цеха, группы цехов, корпусов и т.п. объединяются в соответствующие группы по сходным режимным показателям и близкому уровню надёжности электроснабжения. При этом место расположения источника питания также определяется по выражениям (3.2) и (3.3), строится картограмма нагрузок, а количество трансформаторов и их номинальная мощность в каждой группе определяется по выражению (4.1), (4.2). В этом случае необходимо исходить из рекомендации о том, что

при выборе мощности трансформаторов в цехах желательно, чтобы на предприятии было не более двух габаритов трансформаторов, т.к. при большом количестве разных по мощности трансформаторов, возникают большие сложности с их заменой в аварийных режимах.

Результаты расчета числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций сводятся в таблицу 4.1.

**Таблица 4.1.** Расчет числа и мощности цеховых ТП

№ ТП	Наименование цеха (группы цехов)	$S_{pi}$ , кВА	$F_{ц}$ , м <sup>2</sup>	$S_{уд}$ , кВА/м <sup>2</sup>	$S_{опт}$ , кВА	$K_{з.т}$ , о.е.	$n_{Ti}$ , шт

Следует отметить, что разнообразие потребителей и характера их работы на предприятии бывает столь велико, что порой невозможно достаточно определенно выбрать наиболее приемлемое проектное решение при формировании структуры электрической сети в группе и на предприятии в целом. В связи с этим, при выполнении курсового проекта *рекомендуется* рассмотреть несколько (не менее двух) вариантов выбора системы внутреннего электроснабжения предприятия, где рассматривалось бы разное количество и мощность силовых трансформаторов.

После того, как рассмотрено несколько вариантов количества и мощности источников питания внутри предприятия, по принятой номинальной мощности трансформаторов выбирают тип и марку трансформаторов по табл. 4.2.

**Таблица 4.2.** Трансформаторы силовые трёхфазные двухобмоточные

Марка трансформатора	Номинальное Напряжение, кВ		Потери, Вт		Мощность, кВА	Ток XX, %	Напря Жжение КЗ,%	Группа соед. оботок	Стоимость, руб.
	ВН	НН	XX	КЗ					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТМГ630-6-10/0,4	6-10	0,4	1050	7600	630	2	5,5	Y / Z <sub>H</sub> – 11	276000



#### Окончание таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТМГ1000-6-10/0,4	6-10	0,4	1550	10200	1000	2	5,5	$Y/Z_H-11$	465500
ТМГ1250-6-10/0,4	6-10	0,23; 0,4	1650	12400	1250	-	6	$Y/Y_H-0$ $Y/Z_H-11$	600000
ТМГ1600-6-10/0,4	6-10	0,4	1950	15800	1600	-	6	$Y/Y_H-0$ $Y/Z_H-11$	784000
ТМГ2500-6-10/0,4	6-10	0,4	2500	26500	2500	1,1	6	$Y/Y_H-0$ $\Delta/Y_H-0$ $Y/Z_H-11$	1390000
ТС3400-6-10/0,4	6-10	0,4	100	4300	400	-	5,0	$Y/Y_H-0$ $\Delta/Y_H-0$	642900
ТС3630-6-10/0,4	6-10	0,4	1370	6200	630	-	5,5	$Y/Y_H-0$ $\Delta/Y_H-0$	756900
ТС31000-6-10/0,4	6-10	0,4	1950	8500	1000	-	8,0	$Y/Y_H-0$ $\Delta/Y_H-0$	952500
ТС31600-6-10/0,4	6-10	0,4	2800	11000	1600	-	6,0	$Y/Y_H-0$ $\Delta/Y_H-0$	1250000
ТС32500-6-10/0,4	6-10	0,4	3500	15300	2500	-	5,5	$Y/Y_H-0$ $\Delta/Y_H-0$	1755000

В цехах промышленных предприятий, как правило, имеются в наличии и потребители на напряжении выше 1 кВ. К ним могут относиться синхронные и асинхронные двигатели на напряжение 6 и 10 кВ различной мощности, мощные нагревательные установки различного назначения и пр. Питание таких электроприемников следует осуществлять от распределительных пунктов на территории предприятия, количество которых определяется в зависимости от количества и мощности высоковольтных потребителей, а также их территориальной расположенности. При этом следует учитывать, что если высоковольтная нагрузка располагается не далее 300 метров от центра питания предприятия, то такой потребитель рекомендуется непосредственно подключать на сборные шины ГПП.

#### ***в) выбор схемы распределения электрической энергии***

Система электроснабжения может быть выполнена в нескольких вариантах, из которых выбирается оптимальный. При его выборе учитываются степень надежности, обеспечение качества электроэнергии, удобство и безопасность эксплуатации, возможность применения

прогрессивных методов электромонтажных работ. Основные принципы построения схем объектов:

1) максимальное приближение источников высокого напряжения 35...220 кВ к электроустановкам потребителей с помощью подстанций глубокого ввода, размещаемыми рядом с энергоемкими производственными корпусами;

2) резервирование питания для отдельных категорий потребителей должно быть заложено в схеме и элементах системы электроснабжения. Для этого линии, трансформаторы и коммутационные устройства должны нести в нормальном режиме постоянную нагрузку, а в послеаварийном режиме после отключения поврежденных участков принимать на себя питание оставшихся в работе потребителей с учетом допустимых для этих элементов перегрузок;

3) секционирование шин всех звеньев системы распределения энергии, а при преобладании потребителей первой и второй категории установка на них устройств АВР;

4) построение схем по уровневому принципу. Обычно применяются два-три уровня. Первым уровнем распределения электроэнергии является сеть между источником питания объекта и ПГВ, если распределение производится при напряжении 110...220 кВ, или между ГПП и РП напряжением 6...10 кВ, если распределение происходит на напряжении 6...10 кВ.

Вторым уровнем распределения электроэнергии является сеть между РП (или РУ вторичного напряжения ПГВ) и ТП (или отдельными электроприемниками высокого напряжения).

На небольших и некоторых средних объектах чаще применяется только один уровень распределения энергии - между центром питания от системы и пунктами приема энергии (ТП или высоковольтными электроприемниками).

Электрические сети внутри объекта выполняются по *магистральным, радиальным* или *смешанным* схемам.

Радиальные схемы распределения электроэнергии применяются в тех случаях, когда пункты приема расположены в различных направлениях от

центра питания. Они могут быть двух- или одноступенчатыми. На небольших объектах и для питания крупных сосредоточенных потребителей используются одноступенчатые схемы. Двухступенчатые радиальные схемы с промежуточными РП выполняются для крупных и средних объектов с подразделениями, расположенными на большой территории. При наличии потребителей первой и второй категории РП и ТП питаются не менее чем по двум отдельно работающим линиям. Допускается питание электроприемников второй категории по одной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей, причём каждый из которых обязательно должен быть снабжён самостоятельным разъединителем.

При двухтрансформаторных подстанциях каждый трансформатор питается отдельной линией по блочной схеме линия - трансформатор. Пропускная способность блока в послеаварийном режиме рассчитывается исходя из категоричности питаемых потребителей.

При однострансформаторных подстанциях взаимное резервирование питания небольших групп приемников первой категории осуществляется при помощи кабельных или шинных перемычек на вторичном напряжении между соседними подстанциями.

Вся коммутационная аппаратура устанавливается на РП или ГПП, а на питаемых от них ТП предусматривается преимущественно глухое присоединение трансформаторов. Иногда трансформаторы ТП присоединяются через выключатель нагрузки и разъединитель.

*Радиальная схема* с промежуточным РП, в которой выполнены указанные выше условия, приведена на рис. 4.1. Радиальная схема питания обладает большой гибкостью и удобствами в эксплуатации, так как повреждение или ремонт одной линии отражается на работе только одного потребителя.

*Магистральные схемы* напряжением 6...10 кВ применяются при линейном («упорядоченном») размещении подстанций на территории объекта, когда линии от центра питания до пунктов приема могут быть проложены без значительных обратных направлений. Магистральные схемы имеют

следующие преимущества: лучшую загрузку кабелей при нормальном режиме, меньшее число камер на РП.

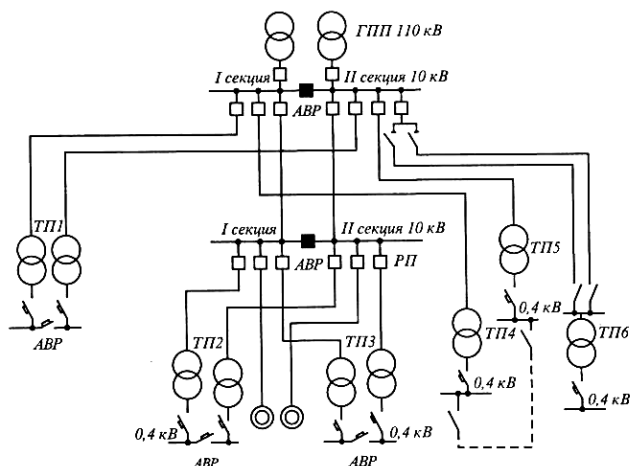


Рис. 4.1. Радиальная схема

К недостаткам магистральных схем следует отнести усложнение схем коммутации при присоединении ТП и одновременное отключение нескольких потребителей, питающихся от магистрали, при ее повреждении.

Число трансформаторов, присоединяемых к одной магистрали, обычно не превышает двух-трех при мощности трансформаторов 1000...2500 кВ·А и четырех-пяти при мощности 250...630 кВ·А.

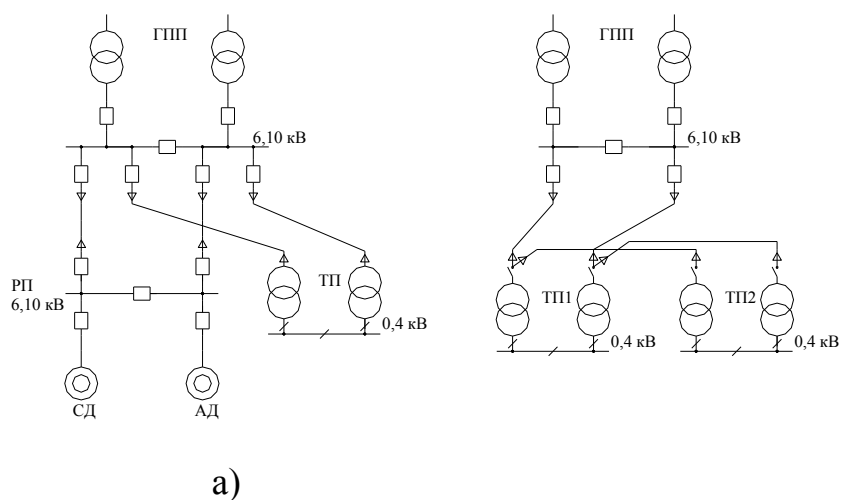
Магистральные схемы выполняются одиночными и двойными, с односторонним и двухсторонним питанием.

Одиночные магистрали без резервирования (рис. 3.2, а) применяются в тех случаях, когда отключение одного потребителя вызывает необходимость по условиям технологии производства отключения всех остальных потребителей (например, непрерывные технологические линии). При кабельных магистралях их трасса должна быть доступна для ремонта в любое время года, что возможно при прокладке в каналах, туннелях и т.п. Надежность схемы с одиночными магистралями можно повысить, если питаемые ими однострансформаторные подстанции расположить таким образом, чтобы была возможность осуществить частичное резервирование по связям низкого напряжения между ближайшими подстанциями. На рис. 3.2, б показана схема, на которой близко расположенные трансформаторные

подстанции питаются от разных одиночных магистралей с резервированием по связям на низком напряжении. Такие магистральные схемы можно применять и для потребителей первой категории, если их мощность не превышает 15...20% от общей нагрузки трансформаторов. Трансформаторы подключаются к разным магистралям, присоединенным к разным секциям РП или РУ.

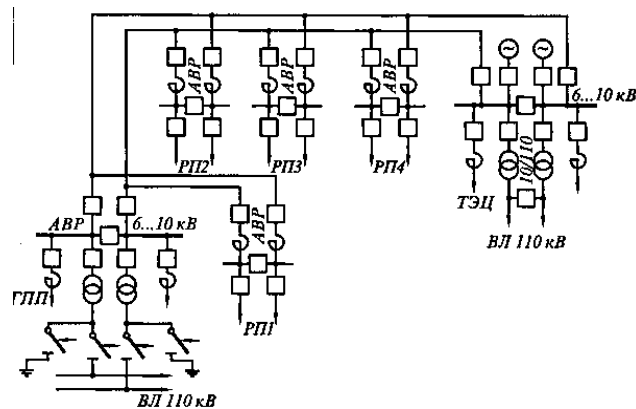
Построение схем электроснабжения заводов осуществляется по ступенчатому принципу. Число ступеней распределения электроэнергии на предприятии определяется потребляемыми мощностями и топологическим расположением электрических нагрузок на территории предприятия. Число ступеней распределения должно быть не более 2-3 (рис. 4.2). При большем числе ступеней снижается надежность схем и они становятся неэкономичным.

На небольших и средних предприятиях, а также на второй и последующих ступенях электроснабжения крупных предприятий электроэнергия распределяется на напряжении 10 кВ в основном по кабельным линиям. Напряжение 6 кВ является неперспективным и применяется только при большом количестве двигателей мощностью от 200 до 800 кВт (химия, нефтехимия).



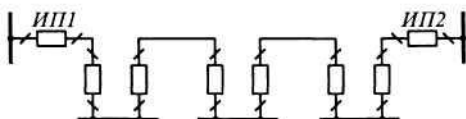
**Рис. 4.2. Схемы распределения электроэнергии: а – радиальная; б – магистральная**

На крупных предприятиях применяются два или три магистральных токопровода (рис. 4.3), прокладываемые по разным трассам через зоны размещения основных электрических нагрузок. На менее крупных предприятиях применяются схемы с одиночными двух цепными токопроводами. На ответвлениях от токопроводов к распределительным подстанциям устанавливаются реакторы для ограничения мощности короткого замыкания до величины отключаемой мощности выключателей типа ВМП. От каждого трансформатора питаются два токопровода перекрестно, т.е. разные цепи каждого токопровода питаются от разных трансформаторов.



**Рис. 4.3. Магистральная схема распределения электроэнергии с применением мощных токопроводов**

Одиночные и двойные магистрали (рис. 4.4) с двусторонним питанием («встречные» магистрали) применяются при питании от двух независимых источников, требуемых по условиям обеспечения надежности электроснабжения для потребителей первой и второй категории. При использовании в нормальном режиме обоих источников производится деление магистрали примерно посередине на одной из промежуточных станций. Секционные выключатели нормально разомкнуты и снабжены устройством АВР.



**Рис. 4.4. Магистральная схема встречная - с двусторонним питанием**

При большом числе потребителей применяется смешанная схема их питания, т.е. часть потребителей питается по радиальной схеме (РП, высоковольтные потребители), а часть по магистральной схеме.

Смешанные схемы питания, сочетающие различные схемы распределения электроэнергии, имеют наибольшее распространение на крупных объектах. Так, например, на первом уровне обычно применяются радиальные схемы. Дальнейшее распределение энергии от РП к цеховым ТП и двигателям высокого напряжения на таких объектах производится как по радиальным, так и по магистральным схемам.

Степень резервирования определяется категорийностью потребителей. Так, потребители первой категории должны обеспечиваться питанием от двух независимых источников. В качестве второго источника питания могут быть использованы не только секционированные сборные шины электростанций или подстанций, но также и перемычки в сетях на низшем напряжении, если они подают питание от ближайшего распределительного пункта, имеющего независимое питание с АВР.

Для особо ответственных потребителей, отнесенных к особой группе первой категории, должно предусматриваться электроснабжение от радиальных и магистральных систем трех независимых источников. Каждый из двух основных источников должен полностью обеспечивать питание потребителя, а третий независимый источник - иметь минимальную мощность для безаварийного останова производства. Третьим независимым источником может быть, например, дизельная электростанция, которая при отключении одного из двух независимых источников включается на холостой ход и находится в режиме «горячего» резерва. Во избежание перегрузки третьего источника предусматривается отключение остальных потребителей перед его вводом.

Как уже было отмечено, выбор схемы распределения электроэнергии по территории предприятия осуществляется на основе технико-экономического сравнения вариантов. При выполнении курсового проекта рекомендуется рассмотреть не менее двух вариантов схем, уровень надежности которых будет одинаков. При этом, как было отмечено в разделе а), в рассматриваемых вариантах необходимо предусмотреть не только различные виды схем распределения, но и различное количество трансформаторных подстанций. Формирование вариантов схем является достаточно сложным инженерным решением, поэтому прежде чем приступить к рассмотрению их технико-экономического сравнения, необходимо проконсультироваться с руководителем курсового проекта.

Технико-экономическое сопоставление вариантов схем осуществляется по методике, изложенной в п. 3.1.2. Данные по основным техническим характеристикам элементов и их стоимости представлены в таблицах 3.8, 3.13, 3.14, 4.2, 4.3.

**Таблица 4.3.** Стоимость силовых кабельных линий электропередачи (на 6-10 кВ)

№ п/п	Марка кабеля	Стоимость 1 пог. метра	№ п/п	Марка кабеля	Стоимость 1 пог. метра
1	2	3	4	5	6
1	АВВГ 3х2,5 кв.мм	12,98	28	ВВГнг-LS 3х4,0 кв.мм	97,79
2	АВВГ 3х4,0 кв.мм	15,34	29	ВВГнг-LS 3х10,0 кв.мм	169,31
3	АВВГ 3х6,0 кв.мм	13,19	30	ВВГнг-LS 3х16,0 кв.мм	274,56
4	АВВГ 3х10,0 кв.мм	19,91	31	ВБбШв 3х1,5 кв.мм	64,22
5	АВВГ 3х16,0 кв.мм	37,70	32	ВБбШв 3х2,5 кв.мм	75,71
6	ВВГ 3х1,5 кв.мм	26,49	33	ВБбШв 3х2,5 кв.мм, с заполнением	78,59
7	ВВГ-П 3х2,5 кв.мм	40,39	34	ВБбШнг 3х2,5 кв.мм	79,96
8	ВВГ 3х4,0 кв.мм	64,96	35	ВБбШв 3х4,0 кв.мм	30,88
9	ВВГ 3х6,0 кв.мм	94,82	36	ВБбШв 3х4,0 кв.мм с заполнением	44,18
10	ВВГ 3х10,0 кв.мм	149,64	37	ВКбШв 3х4,0 кв.мм	61,76
11	ВВГ 3х16,0 кв.мм	219,62	38	ВБбШнг 3х4,0 кв.мм	96,84
12	ВВГ 3х25,0 кв.мм	369,77	39	ВКбШв 3х6,0 кв.мм	39,30
13	АВБбШв 3х4,0 кв.мм	39,95	40	ВБбШв 3х6,0 кв.мм	56,89
14	АВБбШв 3х6,0 кв.мм	47,54	41	ВБбШв 3х10,0 кв.мм	72,66
15	АВБбШв 3х10,0 кв.мм	67,54	42	КГВВ 3х1,5 кв.мм	30,88
16	АВБбШв 3х16,0 кв.мм	78,16	43	КГВВ 3х2,5 кв.мм	44,18
17	АВБбШв 3х25,0 кв.мм	84,99	44	КГВВ 3х4,0 кв.мм	61,76
18	ВВГнг 3х1,5 кв.мм	24,47	45	КГВВ 3х6,0 кв.мм	96,84
19	ВВГнг 3х2,5 кв.мм	37,24	46	КГВВнг 3х1,5 кв.мм	39,30



### Окончание таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6
20	ВВГнг 3х4,0 кв.	71,47	47	КГВВнг 3х2,5 кв.мм	56,89
21	ВВГнг 3х6,0 кв.мм	105,09	48	КГВВнг 3х4,0 кв.мм	72,66
22	ВВГнг 3х10,0 кв.мм	163,48	49	АВВГнг 3х2,5 кв.мм	14,50
23	ВВГнг 3х16,0 кв.мм	239,91	50	АВВГнг 3х4,0 кв.мм	18,85
24	НУМнг-LS 3х1,5 кв.мм	32,58	51	АВВГнг 3х6,0 кв.мм	23,0
25	НУМнг-LS 3х2,5 кв.мм	48,53	52	АВВГ 3х25,0 кв.мм.	55,65
26	ВВГнг-FRLS 3х1,5 кв.мм	105,32	53	АВВГ 3х35,0 кв.мм.	70,62
27	ВВГнг-FRLS 3х2,5 кв.мм	124,63			

**Примечание к табл. 4.3.** Стоимость указанной продукции приведена на 18.05.2010. Расшифровка аббревиатур марок кабелей: АВВГ- кабель с алюминиевыми жилами в полихлорвиниоловой изоляции, без защитного покрова; ВВГ – то же, а медными жилами; АВВГнг- не распространяющий горение; АВББШв – алюминиевый, бронированный; НУМнг – медный, не распространяющий горение, с пониженным выделением дыма, газа, огнестойкий; ВББШв – медный бронированный; ВББШнг – то же, не распр.горение (по материалам ЗАО МПО «Электромонтаж», сайт: <http://www.electro-mpo.ru>).

**Таблица 4.4.** Камеры КСО с автогазовыми трёхполюсными выключателями нагрузки типа ВНА-П-10/630-20

Наименование	Тип коммутационного аппарата	Предохранитель	Трансформатор	Разрядник	Цена с НДС, руб.
1	2	3	4	5	6
КСО-303 сх.1	РВ3-10/630 II	-	-	-	22 840
КСО-303 сх.2	РВ3-10/630 III	-	-	-	24200
КСО-303 сх.3	ВНА-П-10/630-20з	-	-	-	30 470р
КСО-303 сх.4	ВНА-П-10/630-20зп	ПКТ	-	-	35 640
КСО-303 сх.5	ВНА-П-10/630-20зп	ПКТ	1 х ТОЛ10	-	52 360
КСО-303 сх.6	ВНА-П-10/630-20зп	ПКТ	2 х ТОЛ10	-	64 850
КСО-303 сх.7	РВ3-10/630 III	-	-	РВО	30 140
КСО-303 сх.8	ВНА-П-10/630-20з	-	-	РВО	40 040р.
КСО-303 сх.9	ВНА-П-10/630-20зп	ПКТ	-	РВО	45 540
КСО-303 сх.10	РВ3-10/630 III	ПКН	НОМ	-	54 780
КСО-303 сх.11	РВ3-10/630 III	ПКН	НАМИ	-	66 920
КСО-303 сх.12	ВНА-П-10/630-20+РВ3-10/630 II	ПКН	НОМ	-	78 120
КСО-303 сх.13	ВНА-П-10/630-20+РВ3-10/630 II+АВР	ПКН	НОМ	-	79 690
КСО-303 сх.14	РВ3-10/630 III	-	-	-	24 200
КСО-303 сх.15	РВ-10/630	-	-	-	17 200
КСО-303 сх.16	РВ-10/630	-	-	-	17 200
КСО-303 сх.17	ВНА-П-10/630-20+РВ3-10/630 II	-	-	-	44 520
КСО-303 сх.18	ВНА-П-10/630-20з	-	-	-	36 980
КСО-303 сх.19	ВНА-П-10/630-20+РВ3-10/630 II	-	-	-	44 530
КСО-303 сх.20	ВНА-П-10/630-20з	-	-	-	36 520
КСО-303 сх.21	ВНА-П-10/630-20з	-	НОМ	-	64 520
КСО-303 сх.22	ВНА-П-10/630-20з	-	НОМ+4хТОЛ10	-	84 500

**Окончание таблицы 4.4**

1	2	3	4	5	6
КСО-366М сх.1	РВ3-10/630 II	-	-	-	23 280
КСО-366М сх.2	РВ3-10/630 II	ПКТ	-	-	27 580
КСО-366М сх.3Н	ВНА-П-10/630-20з	-	-	-	31 070
КСО-366М сх.4Н	ВНА-П-10/630-20зп	ПКТ	-	-	37 010
КСО-366М сх.5	ВНА-П-10/630-20зп ВНА-П-10/630-20зп	ПКТ	1 х ТОЛ10	-	53 620
КСО-366М сх.6	ВНА-П-10/630-20зп	ПКТ	2 х ТОЛ10	-	65 870
КСО-366М сх.7Н	ВНА-П-10/630-20зп	ПКТ	-	-	37 010
КСО-366М сх.8	ВНА-П-10/630-20зп	ПКТ	1 х ТОЛ10	-	53 620
КСО-366М сх.9	ВНА-П-10/630-20зп	ПКТ	2 х ТОЛ10	-	54 860
КСО-366М сх.10	ВНА-П-10/630-20зп	ПКН	НОМ	-	46 530
КСО-366М сх.11	ВНА-П-10/630-20зп	ПКН	НАМИ	-	55 880
КСО-366М сх.12	ВНА-П-10/630-20з	-	-	РВО	31 760
КСО-366М сх.13	2 х РВ-10/630	-	-	-	34 970
КСО-366М сх.14	РВ-10/630	-	-	-	15 620
КСО-366М сх.15	РВ-10/630	-	-	-	15 620р.

*Примечание к табл. 4.4.* Приведённые цены действительны с 10.04.2007 г.

**Таблица 4.5.** Стоимость комплектных трансформаторных подстанций

<i>S<sub>ном.тр.</sub></i> <i>кВА</i>	Тип ввода-вывода	Комплект 1 (рубильники) цена, руб	Комплект 2 (автоматы) цена, руб	Комплект 3 (рубильники) цена, руб	Комплект 4 (автоматы) цена, руб	Комплект 5 (рубильники) цена, руб	Комплект 6 (автоматы) цена, руб
1	2	3	4	5	6	7	8
25	КК	-	-	120 640,00	124 000,00	189 560,00	192 900,00
	ВК	114 600,00	118 100,00	140 180,00	143 900,00	237 900,00	241 730,00
	ВВ	118 100,00	121 630,00	143 700,00	147 320,00	245 060,00	248 630,00
40	КК	-	-	120 640,00	124 000,00	189 560,00	192 900,00
	ВК	114 600,00	118 100,00	140 180,00	143 900,00	237 900,00	241 730,00
	ВВ	118 100,00	121 630,00	143 700,00	147 320,00	245 060,00	248 630,00
63	КК	-	-	120 640,00	124 000,00	189 560,00	192 900,00
	ВК	114 600,00	118 100,00	140 180,00	143 900,00	237 900,00	241 730,00
	ВВ	118 100,00	121 630,00	143 700,00	147 320,00	245 060,00	248 630,00
100	КК	-	-	120 640,00	124 000,00	189 560,00	192 900,00
	ВК	114 600,00	118 100,00	140 180,00	143 900,00	237 900,00	241 730,00
	ВВ	118 100,00	121 630,00	143 700,00	147 320,00	245 060,00	248 630,00
160	КК	-	-	123 400,00	129 150,00	192 500,00	198 160,00
	ВК	119 500,00	125 130,00	142 960,00	148 600,00	240 700,00	246 300,00
	ВВ	123 050,00	128 700,00	146 520,00	152 200,00	247 900,00	253 600,00

**Окончание таблицы 4.5**

1	2	3	4	5	6	7	98
	КК	-	-	124 200,00	131 350,00	193 320,00	200 330,00

	ВК	121 670,00	128 800,00	143 840,00	151 000,00	241 620,00	248 800,00
	ВВ	125 240,00	132 365,00	147 320,00	154 560,00	248 800,00	256 000,00
400	КК	-	-	134 680,00	145 100,00	203 800,00	214 200,00
	ВК	133 200,00	141 600,00	154 300,00	164 700,00	251 900,00	262 200,00
	ВВ	136 800,00	145 130,00	157 800,00	168 100,00	259 200,00	269 500,00
630	КК	-	-	147 800,00	195 400,00	216 800,00	264 400,00
	ВК	138 580,00	179 900,00	167 325,00	214 900,00	264 960,00	312 500,00
	ВВ	142 140,00	183 540,00	170 890,00	218 500,00	272 200,00	320 620,00
1000	КК	-	-	-	271 100,00	-	340 050,00
	ВК	-	-	-	290 500,00	-	388 300,00
	ВВ	-	-	-	294 200,00	-	395 500,00

**Примечание к табл. 4.5.** Киосковые КТПН тупикового исполнения: Комплект 1: КТПНм. Сторона ВН - без коммутационного аппарата, сторона НН - рубильники с предохранителями. Комплект 2: КТПНм. Сторона ВН - без коммутационного аппарата, сторона НН - автоматические выключатели. Комплект 3: КТПНт. Сторона ВН - с разъединителем РВЗ, сторона НН - рубильники с предохранителями. Комплект 4: КТПНт Сторона ВН - с разъединителем РВЗ, сторона НН - автоматические выключатели. Киосковые КТПН проходного исполнения: Комплект 5: КТПНп Сторона ВН - с разъединителями РВЗ, сторона НН - рубильники с предохранителями. Комплект 6: КТПНп Сторона ВН - с разъединителями РВЗ, сторона НН - автоматические выключатели. Стандартная комплектация КТПН: *Сторона ВН:* напряжение 10(6)кВ, разъединитель или выкл. нагрузки, предохранители ПТ, разрядники РВО, изоляторы ИПУ, ШС, ТФ. *Сторона НН:* напряжение 0,4кВ, разрядники РВН, вводной рубильник с предохранителями (автоматический выключатель), учет активной электроэнергии, на отходящих линиях - рубильники с предохранителями (автоматические выключатели), приборы контроля тока и напряжения на распределителях 0,4кВ, фидер уличного освещения с автоматическим управлением. Цены на КТПН, КТПС указаны без силового трансформатора.

#### 4.1.3. Уточнённый выбор элементов системы электроснабжения

После того, как выбраны основные элементы электрической сети (источники питания и электрические связи) необходимо уточнить их основные характеристики применительно к проектируемой нагрузке. Проверка осуществляется в соответствие с общепринятой методикой для электрических сетей соответствующих напряжений.

В первую очередь необходимо уточнить соответствие выбранной марки и сечения кабеля (провода) допустимым параметрам.

Для кабельных ЛЭП напряжением 6-10 кВ проверку осуществляют по следующим пунктам:

**По нагреву.** Задачей проверки кабеля (провода) по нагреву является определение допустимого тока, который можно пропустить по этому

проводнику при условии не превышения им установленной для данной марки температуры.

Как было показано в предыдущих разделах, рабочий ток, протекающий по кабелю, к которому подключена определённая нагрузка, определяется по выражению:

$$I_H = P_H / (\sqrt{3} U_{ном} \cos\varphi), \quad (4.3)$$

где  $P_H$  - мощность подключенной к данному кабелю нагрузки.

Далее выбранное сечение по выражению (3.14) должно быть проверено по нагреву:

$$I_{раб.ном.} \leq I_{доп.}, \quad (4.4)$$

где  $I_{доп.}$  - допустимое для данной марки и сечения значение тока.

Допустимое значение тока кабелей (проводов) различных марок и сечений можно принимать по табл. 4.6-4.7.

**Таблица 4.6.** Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслोकанифольной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке

Сечение жилы, кв.мм	Ток, А, для кабелей при прокладке	
	в воздухе	в земле
2,5	-	-
4	-	-
6	-	-
10	42	60
16	50	80
25	70	105
35	85	125
50	110	155
70	135	190
95	165	225
120	190	260
150	225	300
185	290	390

**Таблица 4.7.** Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1	2	3	4	5	6
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	–	–	–	–

### ***По допустимой потере напряжения***

Потерей напряжения в линиях электропередачи называется алгебраическая разность между напряжением в начале и конце ЛЭП. Значение потерь напряжения в трёхфазной ЛЭП можно определять по одному из следующих выражений:

$$\begin{aligned} \Delta U &= I_{\text{раб.}} \cdot \ell \cdot R_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi \cdot B; \\ \Delta U &= \frac{I_{\text{раб.}} \cdot \ell \cdot R_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi \cdot B}{U_H} \cdot 100, \%; \\ \Delta U &= \frac{S_P \cdot \ell \cdot R_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi \cdot B}{U_H^2} \cdot 100, \%; \\ \Delta U &= \frac{P \cdot r + Q \cdot x}{U_H^2} \cdot 100, \%. \end{aligned} \quad (4.5)$$

Условием проверки выбранного сечения кабеля является выполнение следующего неравенства:

$$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп.}}, \quad (4.6)$$

где  $\Delta U_{\text{доп.}}$  - допустимая потеря напряжения для кабеля данного сечения, зависящая от процентного соотношения потерь напряжения в элементах

электрической сети (трансформаторах, ЛЭП), а также от оснащенности источников питания средствами регулирования напряжения. При наличии средств регулирования напряжения в цеховых трансформаторах значение  $\Delta U_{\text{дон}}$  в кабельных сетях напряжением менее 1 кВ можно принимать равным **6,5-7%**, в сетях напряжением 6-10 кВ – до **5%**. При отсутствии средств переключения без возбуждения на обмотке высшего напряжения цеховых трансформаторов значение  $\Delta U_{\text{дон}}$  можно принимать, соответственно **5%** в сетях 6-10 кВ и до **3%** в сетях напряжением менее 1 кВ.

**На термическую стойкость** к действию токов короткого замыкания.

Эта проверка осуществляется после расчета токов короткого замыкания наравне с выбором и проверкой аппаратуры защиты и управления режимами работы проектируемой системы электроснабжения (см. глава 5).

Сечение кабельной линии по термической стойкости к действию токов КЗ можно выбрать на основе следующих выражений:

$$F_T = I_{\infty} \sqrt{t_{\text{II}}} / k_T = \sqrt{B_T} / C_T, \quad (4.7)$$

где  $B_k = I_k^2 t_k + T_a$  – тепловой импульс;  $I_k = I_{\infty}$  – установившееся значение тока КЗ;  $t_k = t_{\text{II}}$  – действительное время КЗ;  $T_a$  — постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, обычно равная 0,005+0,2 с;  $C_T$  — коэффициент, значения которого приведены в табл. 4.8.

**Таблица 4.8.** Значение температурного коэффициента  $C_T$

Вид кабеля	$C_T$
1	2
Шины медные	170
Шины алюминиевые	90
Кабели с медными жилами с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение 20-220 кВ	105
Кабели с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение 20-220 кВ	70
Кабели и изолированные провода с медными жилами с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией	120

**Окончание таблицы 4.8**

1	2
---	---

Кабели и изолированные провода с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией	75
Кабели и изолированные провода с медными жилами с полиэтиленовой изоляцией	103
Кабели и изолированные провода с алюминиевыми жилами с полиэтиленовой изоляцией	65

Кроме того, проверка соответствия источников питания имеющейся нагрузке предприятия осуществляется также и по условию возможной компенсации реактивной мощности нагрузки.

Компенсация реактивной мощности в электрических сетях осуществляется с целью:

- снижения потерь активной электрической энергии в элементах этой сети;
- повышения качества электрической энергии и, соответственно, повышения уровня надёжности электроснабжения;
- увеличения пропускной способности линий электропередачи;
- снижения номинальной мощности источника питания и соответствующему снижению стоимости затрат на сооружение системы электроснабжения.

В соответствие с принятой в 2007 году методикой мощность конденсаторных батарей, необходимых для установки на шинах источника питания с целью компенсации части реактивной мощности, можно определять аналогично выражению (3.8):

$$Q_{к.у.} = \sum P_p \cdot (tg \varphi_p - tg \varphi_3), \quad (4.8)$$

где  $P_p$  - суммарная расчётная активная низковольтная нагрузка, подключенная к шинам 0,4 кВ цехового трансформатора, с учетом нагрузки освещения и возможных потерь активной мощности в кабельных связях;  $tg \varphi_p$  - расчётный коэффициент реактивной мощности, определяемый как отношение реактивной мощности нагрузки к её суммарной активной мощности;  $tg \varphi_3 = 0,35$  - для электрических сетей 0,38 кВ.

На основании выражения (4.7) производят выбор установок компенсации реактивной мощности по табл. 4.8.

Выбрав источники компенсации реактивной мощности, производят корректировку номинальной мощности силового трансформатора:

$$S = \sqrt{P_P^2 + (Q_P - Q_{к.у.})^2} \quad (4.9)$$

#### **4.1.4. Особенности проектирования низковольтной системы электроснабжения промышленных предприятий**

Очень часто при проектировании системы электроснабжения промышленных предприятий ограничиваются шинами 0,4 кВ цеховых трансформаторов, не рассматривая распределение электроэнергии по сети 0,38 кВ. Вместе с этим, низковольтная система распределения электрической энергии предприятия занимает значительную часть общей системы электроснабжения и состоит из большого количества низковольтного электрооборудования, которое необходимо выбирать при проектировании. Поэтому, если в результате объединения потребителей в группы электроэнергия от подстанции распределяется нескольким цехам или корпусам предприятия, необходимо обязательно выбирать и кабельные связи на напряжение 0,38 кВ, а также соответствующую аппаратуру управления и защиты на этом напряжении, устанавливаемую на отходящих кабельных связях. Выбор марки и сечения кабельных ЛЭП на 0,38 кВ, а также их проверка аналогичны методике, изложенной выше.

В настоящее время на низковольтном напряжении электрическую энергию распределяют с помощью следующих видов кабельных ЛЭП.

##### ***Кабели с пониженным дымо- и газовыделением***

- 1) ВВГнг-LS, АВВГнг-LS на напряжение до 0,66 кВ, 1 кВ
- 2) ВВГнг-П LS, АВВГнг-П LS

Кабели силовые, не распространяющие горение с низким дымо- и газовыделением.

Конструкция:



— жила: алюминиевая или медная (П — изолированные жилы уложены параллельно в одной плоскости).

— изоляция: ПВХ пониженной пожароопасности.

— защитные покрытия: оболочка из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности.

3) ВБ6Шв нг-LS, АВБ6Шв нг-LS на напряжение до 0,66 кВ, 1 кВ

Кабели силовые, не распространяющие горение с низким дымо- и газовыделением.

Конструкция:

— жила: алюминиевая или медная

— изоляция: сплошная ПВХ пониженной пожароопасности

— защитные покрытия: типа Шв.

4) КВВГЭнг-LS, КВВГнг-LS на напряжение 0,66 кВ

Кабели контрольные, не распространяющие горение с низким газо- и дымовыделением.

Конструкция:

— жила: медная

— изоляция: сплошная, ПВХ, пониженной пожароопасности

— защитные покрытия: оболочка из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности

— Э — общий экран поверх скрученных жил: алюминиевая или медная фольга.

Производитель: ОАО “Севкабель”.

***Кабели силовые, не распространяющие горение, с изоляцией и оболочкой из полимерных композиций, не содержащих галогенов, марок:***

***(К) ППГ (Э) нг-НГ, (К) ПБбПнг-НГ, ПвПГнг-НГ***

Кабели силовые, не распространяющие горение, безгалогенные, предназначены для передачи и распределения электроэнергии в

стационарных установках при номинальном переменном напряжении 0,66 и 1 кВ частотой до 100 Гц, в том числе для эксплуатации в системах Ас класса ЗН по классификации ПНАЭГ-1-011-97.

Кабели рекомендуют для прокладки в производственных и офисных помещениях, в которых установлены компьютеры, а также в сооружениях метрополитена, жилых и общественных зданиях (в кинотеатрах, медицинских и учебных учреждениях, магазинах и т. п.).

Характеристика пожарной безопасности: дымовыделение при горении и тлении кабеля, а также коррозионная активность продуктов горения кабеля соответствуют требованиям МЭК.

Конструкция кабеля:

Жила: медная (алюминиевая), одно- или многопроволочная.

Изоляция: полимерная композиция, не содержащая галогенов, для кабеля марки ПвПГнг-НФ — сшитый полиэтилен.

Внутренняя оболочка: полимерная композиция, не содержащая галогенов.

Броня для кабеля марки ПБбПнг-НР: стальные оцинкованные ленты.

Наружная оболочка: полимерная композиция, не содержащая галогенов.

Срок службы кабелей — не менее 30 лет при соблюдении потребителем условий транспортирования, хранения, прокладки (монтажа) и эксплуатации, указанных в технических условиях.

Производитель: ОАО «Севкабель».

### ***Силовые кабели с изоляцией из силанольносшитого полиэтилена на напряжение 1 кВ***

Четырехжильные силовые кабели с изоляцией из силанольносшитого полиэтилена предназначены для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках при номинальном переменном напряжении 1 кВ номинальной частотой 50 Гц.

Вид климатического исполнения кабелей с изоляцией из силанольносшитого полиэтилена; УХЛ, категории размещения 1 и 5, т. е.

кабели предназначены для эксплуатации на открытом воздухе, а также в помещениях с повышенной влажностью, в том числе в подвалах и в почве.

***Силовые кабели с изоляцией из поливинилхлоридного пластика на напряжение 1 кВ***

Четырехжильные силовые кабели с изоляцией из поливинилхлоридного пластика (ПВХ) предназначены для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках при номинальном переменном напряжении 1 кВ частотой 50 Гц.

Вид климатического исполнения кабелей с изоляцией из ПВХ: УХЛ, категории размещения 1 и 5.

Справочные данные для выбора марки кабелей на напряжение ниже 1 кВ представлены в табл. 4.9-4.12.

**Таблица 4.9.** Техническая характеристика силовых кабелей

Марка кабеля		Наименование элементов кабеля	Преимущественная область применения
С медными жилами	С алюминиевыми жилами		
1	2	3	4
ПвВГ	АПвВГ	Изоляция из силанольноосшитого полиэтилена, оболочка из поливинилхлоридного пластика	Для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях, помещениях при условии отсутствия опасности механических повреждений. допускается групповая прокладка в кабельных сооружениях при условии применения дополнительных мер по огнезащите, например, нанесения огнезащитных мастик
ПвВГнг	АПвВГнг	То же, оболочка из поливинилхлоридного пластика пониженной горючести	То же, для групповой прокладки
ПвБбШнг	АПвБбШнг	Изоляция из силанольноосшитого полиэтилена, защитный покров типа БбШнг	Для групповой прокладки в кабельных сооружениях, помещениях

**Окончание таблицы 4.9**

1	2	3	4
---	---	---	---

ПвБбШп	АПвБбШп	То же, с защитным покровом типа БбШп	Для прокладки в земле (траншеях), за исключением пучинистых и просадочных грунтов, и для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях. Могут быть проложены в земле (траншеях) независимо от коррозионной активности грунтов и грунтовых вод.
ВВГ	АВВГ	Изоляция и оболочка из ПВХ	Для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях, помещениях при условии отсутствия опасности механических повреждений. допускается групповая прокладка в кабельных сооружениях при условии применения дополнительных мер по огнезащите, например, нанесения огнезащитных мастик.
ВВГнг	АВВГнг	Изоляция из ПВХ, оболочка из ПВХ пониженной горючести	То же, для групповой прокладки
ВБбШв	АВБбШв	Изоляция из ПВХ, защитный покров типа БбШв	Для прокладки в земле (траншеях), за исключением пучинистых и просадочных грунтов, и для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях. Могут быть проложены в земле (траншеях) независимо от коррозионной активности грунтов и грунтовых вод. допускается групповая прокладка в кабельных сооружениях при условии применения дополнительных мер по огнезащите, например, нанесения огнезащитных мастик
ВБбШнг	АВБбШнг	Изоляция из ПВХ, защитный покров типа БбШнг	Для групповой прокладки в кабельных сооружениях, помещениях и в сооружениях метрополитена в т. ч. в пожароопасных зонах

**Таблица 4.10.** Техническая характеристика изоляции кабелей по длительно допустимому току

наименование жил	Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей, А			
	с алюминиевыми жилами		с медными жилами	
	с ПВХ изоляцией	с ПЭ изоляцией	с ПВХ изоляцией	с ПЭ изоляцией

	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе
16	71	62	87	78	93	81	113	101
25	93	81	113	102	121	107	147	133
35	112	101	137	126	147	131	178	164
50	136	126	166	158	178	164	217	205
70	165	155	201	194	220	210	268	262
95	197	189	240	237	260	254	316	318
120	224	219	272	274	298	299	363	372
150	254	254	310	317	337	344	410	429
185	286	291	384	363	378	392	459	488
240	330	343	401	428	435	464	529	579

**Таблица 4.11.** Техническая характеристика изоляции кабелей по току КЗ

Номинальное сечение жил, мм <sup>2</sup>	Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей, А			
	с алюминиевыми жилами		с медными жилами	
	с ПВХ изоляцией	с ПЭ изоляцией	с ПВХ изоляцией	с ПЭ изоляцией
16	1,22	1,40	1,84	2,16
25	1,90	2,24	2,88	3,46
35	2,66	3,09	4,03	4,80
50	3,80	4,18	5,75	6,50
70	5,32	6,12	8,05	9,38
95	7,22	8,48	10,93	13,00
120	9,12	10,71	13,80	16,43
150	11,40	13,16	17,25	20,26
185	14,07	16,53	21,27	25,35
240	18,25	21,70	27,60	33,32

**Таблица 4.12.** Технические характеристики изоляции кабелей

Наименование параметра	Нормативное значение параметра	
	Кабель с изоляцией из ПВХ	Кабель с изоляцией из силанольноспшитого полиэтилена
Электрическое сопротивление изоляции на 1 км длины при $t = 20$ °С, не менее, МОм/км	7	150
Длительно допустимая температура нагрева жилы, °С, не более	70	90
Длительно допустимая температура нагрева жилы в аварийном режиме, °С не более	80	130
Максимально допустимая температура жил при коротком замыкании, °С, не более	160	250
Срок службы, лет, не менее	30	30
Максимальная разность уровней при прокладке, м, не более	Без ограничения разности уровней	Без ограничения разности уровней
Минимальный радиус изгиба при прокладке, не менее ( $D_n$ — наружный диаметр кабеля)	7,5 $D_n$	7,5 $D_n$

### **Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 1 кВ**

Типы кабелей

АПвВГ, ПвБбШв, ПвВГ, АПвБбШнг, АПвВГнг, ПвБбШнг, ПвВГнг, АПвБбШп, АПвБбШв, ПвБбШп

Оболочка:

— для АПвВГ и ПвВГ — из ПВХ пластиката, не распространяющая горение при одиночной прокладке;

— для АПвВГнг и ПвВГнг -из ПВХ пластиката пониженной горючести, не распространяющая горение при прокладке в пучках.

Оболочка:

— для АПвБбШв, ПвБбШв — из ПВХ пластиката, не распространяющая горение при одиночной прокладке;

— для АПвБбШнг, ПвБбШнг — из ПВХ пластиката пониженной горючести, не распространяющая горение при прокладке в пучках;

— для АПвБбШп, ПвБбШп — из полиэтилена.

Применяются для прокладки:

*АПвВГ, АПвВГнг, ПвВГ, ПвВГнг* - в воздухе при отсутствии опасности механических повреждений в ходе эксплуатации; в сухих или сырых помещениях (туннелях), каналах, кабельных полуэтажах, шахтах, коллекторах, производственных помещениях, частично затапливаемых сооружениях при наличии среды со слабой, средней и высокой коррозионной активностью; на специальных кабельных эстакадах, по мостам и в блоках; в местах подверженных вибрации.

*АПвБбШв, АПвБбШнг, ПвБбШв, ПвБбШнг* - в земле (траншеях) с низкой, средней или высокой коррозионной активностью, с наличием или отсутствием блуждающих токов, если в процессе эксплуатации кабели не подвергаются значительным растягивающим усилиям; в воздухе при наличии опасности механических повреждений в ходе эксплуатации; для прокладки в сухих или сырых помещениях (туннелях), каналах, кабельных полуэтажах, шахтах, коллекторах, производственных помещениях, частично затапливаемых сооружениях при наличии среды со слабой, средней и высокой коррозионной активностью.

*АПвБ6Шп, ПвБ6Шп* - в земле (траншеях) с низкой, средней или высокой коррозионной активностью, с наличием или отсутствием блуждающих токов если в процессе эксплуатации кабели не подвергаются значительным растягивающим усилиям; в грунтах с повышенной влажностью; в воде.

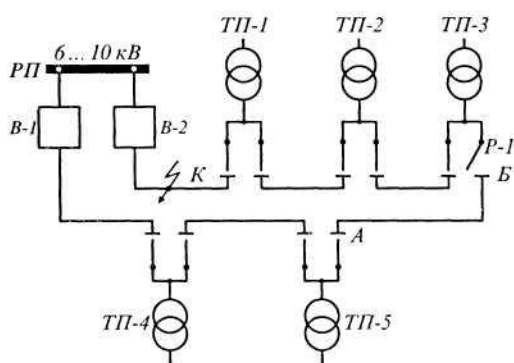
Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей из шитого полиэтилена больше на 13—16 % в сравнении с кабелями с изоляцией из ПВХ пластиката, а также при равных токовых нагрузках дают возможность использовать кабели сечением на ступень ниже.

Кроме того, силовые кабели из СПЭ имеют более высокую надежность при эксплуатации, медленное старение изоляции, высокую электрическую прочность изоляции, меньший вес и габариты.

#### 4.2. Выбор системы внутреннего электроснабжения городов

В крупных городах большое распространение получила распределительная сеть напряжением 6... 10 кВ, выполненная по петлевой схеме.

На рис. 4.5 изображена петлевая линия, питающаяся от одного РП.



**Рис. 4.5.** Схема петлевой распределительной линии электропередачи напряжением 6-10 кВ

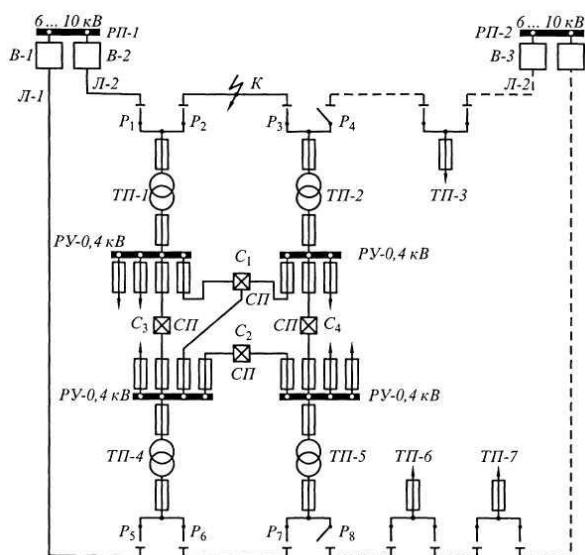
В нормальном режиме петлевая линия разомкнута разъединителем Р-1 и каждая магистральная линия питается от РП независимо. При повреждении какого-либо участка на одной из линий автоматически отключается выключатель на головном участке В-1 или В-2 и прекращается питание всех потребителей, присоединенных к поврежденной линии. Этот участок отключают вручную разъединителями после нахождения места повреждения. Замыкают переключку А - Б разъединителем Р-1 и восстанавливают питание потребителей. Самым тяжелым случаем для такой линии будет повреждение

в точке К, так как питание всей нагрузки в послеаварийном режиме будет осуществляться по одной линии. Электрооборудование должно проверяться на нагрев в послеаварийном режиме. Кроме того, при этих условиях необходимо проверить линию по потерям напряжения. Резервная перемычка должна находиться под напряжением и при разомкнутой схеме.

Число трансформаторов, присоединяемых к одной линии, не должно быть более пяти-шести. Принципиальная схема присоединения петлевой линии к двум РП изображена на рис. 4.6. Место размыкания линии может быть выбрано произвольно, но для получения минимальных потерь мощности желательно, чтобы оно было в точке токораздела. Каждая линия своими головными участками подключена к двум РП. Каждая часть линии от РП до токораздела питает определенное число ТП. На схеме видно, что к части линии Л-2 от РП-1 до токораздела Р<sub>4</sub> подключены ТП-1 и ТП-2, а к части линии Л-2 от РП-2 до токораздела Р<sub>4</sub> подключена ТП-3. Таким образом, обе части линии Л-2 находятся постоянно под напряжением. При аварии на любом участке линии Л-2, например в точке К, релейная защита, установленная на РП-1, отключит выключатель В-2 и подстанции, присоединенные к линии от РП-1 до токораздела Р<sub>4</sub>, т.е. ТП-1 и ТП-2 прекратят подачу электроэнергии потребителям. Для восстановления питания ТП-1 и ТП-2 дежурный персонал городской электрической сети отключает аварийный участок линии разъединителями Р<sub>2</sub> и Р<sub>3</sub> и затем включает разъединитель Р<sub>4</sub>, тем самым ТП-2 переводится на питание от РП-2. После ликвидации аварии на линии ТП-2 вновь будет получать питание от РП-1. Как видно из схемы, линии Л-1 и Л-2 резервируют трансформаторные подстанции со стороны линий напряжением 6...10 кВ. Однако при повреждении трансформатора в какой-либо ТП (в этом случае независимо от резервирования ТП по линиям напряжением 6...10 кВ) электроснабжение потребителей, подключенных к этой подстанции, прекратится. Учитывая это обстоятельство, в схеме предусматривается резервирование распределительных устройств низкого напряжения через электрическую сеть



напряжением 0,4 кВ с помощью соединительных пунктов (СП)  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  и  $C_4$ . В нормальном режиме все входящие линии напряжением 0,4 кВ в СП рассоединены и каждая подстанция изолированно друг от друга питает определенный район потребителей.



**Рис. 4.6.** Схема петлевой распределительной сети с резервированием на стороне НН

В случае отказа, например, трансформатора в ТП-2 достаточно в  $C_1$  и  $C_2$  замкнуть соединительные линии, и потребители, подключенные к ТП-2, получают питание от ТП-1 и ТП-5. Такое резервирование возможно при условии, что мощность трансформаторов выбрана с учетом их перегрузочной способности в послеаварийных режимах.

Следует помнить, что петлевая сеть не обеспечивает бесперебойное питание потребителей: при повреждении любого участка петлевой сети часть потребителей отключается на время, необходимое для отключения поврежденного участка и перевода на питание от неповрежденных участков сети.

Для повышения надежности электроснабжения наиболее эффективным считается использование сети с устройством АВР на секционном выключателе распределительного устройства.

Следует отметить, что наиболее целесообразный вариант схемы электроснабжения выбирается на основании технико-экономического сравнения возможных (не менее 2-х) вариантов, по методике, аналогично рассмотренной выше для промышленных предприятий. Следует отметить, что при выполнении курсового проекта по электроснабжению городского хозяйства, не требуется учитывать компенсацию реактивной мощности.

Вместе с этим, в зоне проектирования могут оказаться и некоторые промышленные объекты. В этом случае, при выборе источника питания, необходимо учитывать снижение его мощности в результате компенсации реактивной мощности.

### 4.3. Выбор системы внутреннего электроснабжения сельских населенных пунктов

Формирование структуры электрической сети 0,38 кВ осуществляется, в первую очередь, в зависимости от выбора места расположения источников питания и их количества. При этом следует учитывать, что количество трансформаторных подстанций в населенном пункте, как было показано в главе 3, наиболее точно может быть определено путем технико-экономического сравнения вариантов распределения электрической энергии по территории населенного пункта. Вместе с тем, в зависимости от расположения населенного пункта на местности, можно использовать упрощенные выражения для определения количества потребительских трансформаторных подстанций. Принято считать, что населенный пункт, длина которого более чем в 2 раза превышает его ширину, называется *протяжённным*. В этом случае количество ТП можно определять как:

$$N = 0,25 \cdot \sqrt{\frac{S_p \cdot L}{\Delta U_{\text{доп.}\%}}} \quad (4.9)$$

Для всех остальных населенных пунктов, имеющих другую конфигурацию, можно пользоваться выражением:

$$N = 0,35 \cdot \sqrt[3]{\frac{S_p^2 \cdot F}{U_{\text{доп.}\%}^2}} \quad (4.10)$$

В выражениях (4.9) и (4.10)  $S_p$  - суммарная расчётная нагрузка всего населённого пункта с учетом уличного освещения и возможных потерь

электроэнергии в низковольтных линиях электропередачи;  $F$  - площадь, занимаемая населённым пунктом;  $L$  - длина населённого пункта;  $\Delta U_{\text{доп.,\%}}$  - допустимое значение потерь напряжения.

Следует отметить, что упрощенные выражения (4.9) и (4.10) не являются обязательными, при определении количества ТП, но могут использоваться как проверочные, после технико-экономического сравнения возможных вариантов схем распределения электрической энергии на напряжении 6-10 кВ с различным количеством трансформаторных подстанций.

После того, как выбрана схема электроснабжения на напряжении 6-10 кВ с конкретным количеством трансформаторных подстанций, от шин последних проектируют передачу электрической энергии по линиям напряжения 0,38 кВ потребителям. При этом следует учитывать, что необходимо разделять электрические сети коммунально-бытовых и производственных потребителей, находящихся в зоне проектирования. Расположение ТП в каждой принятой зоне (количество зон приравнивается к количеству ТП) определяется по координатам, в соответствии с выражениями (3.2) и (3.3) и корректируется по месту на плане населенного пункта с учетом требований ПУЭ, санитарных норм, возможности подхода к ТП линий высокого напряжения, удобства эксплуатации и т.д.

Трассы линий электропередачи необходимо выбирать преимущественно вдоль дорог, для удобства обслуживания и уличного освещения с учетом возможно меньшего количества пересечений проезжих дорог. Количество отходящих ЛЭП определяется расположением подключаемых потребителей и общей мощностью силового трансформатора и может варьироваться от 3-х до 6-7, включая линии уличного освещения.

Принятая конфигурация электрической сети 0,38 кВ служит основой для определения расчётной нагрузки в сети низкого напряжения (см. глава 2). Данные по силовым трансформаторам представлены в табл. 4.2.

В соответствии с требованиями ПУЭ преимущественное распределение электрической энергии потребителям сельских населенных пунктов должно осуществляться самонесущими изолированными проводами.

**Самонесущие изолированные провода** (СИП) предназначены для применения в воздушных линиях электропередачи (ЛЭП) с подвеской на опорах или фасадах зданий и сооружений.

Климатическое исполнение — УХЛ, категории размещения — 1, 2 и 3.

Типы самонесущих изолированных проводов:

СИП-1, СИП-1А, СИП-3, СИП—2, СИП—2А

Конструкция:

1. Фазная токопроводящая жила из алюминия, многопроволочная, уплотненная.

2. Нулевая несущая жила из алюминиевого сплава АВЕ или сталеалюминиевая, многопроволочная, уплотненная.

3. Изоляция:

светостабилизированного полиэтилена (LDPE) для проводов СИП-1, СИП-1А

светостабилизированного полиэтилена (XDPE) для проводов СИП-2, СИП-2А, СИП-3.

*Преимущества СИП:*

при равнозначных капиталовложениях, ЛЭП с СИП требуют меньших эксплуатационных расходов; возможность совместной подвески на опорах проводов с разным уровнем напряжения и с телефонными линиями; уменьшение безопасных расстояний до зданий и других инженерных сооружений (электрических, телефонных, воздушных линий); высота над уровнем земли — 4 метра, для неизолированных проводов — 6 метров; исключена возможность короткого замыкания между проводами фаз или на землю; исключение опасности возникновения пожаров в случае падения проводов на землю; высокая безопасность обслуживания — отсутствие риска поражения при касании фазных проводов, находящихся под напряжением;

меньший вес и большая длительность налипания снега, повышенная надежность в зонах интенсивного гололедообразования, уменьшение гололедноветровых нагрузок на опоры; снижение потери напряжения вследствие малого реактивного сопротивления; сокращение объемов аварийно-восстановительных работ; простота ремонтов, особенно при работах под напряжением; снижение вероятности хищения электроэнергии и разрушения ЛЭП; безопасность работ вблизи ЛЭП. Технические данные СИП приведены в табл. 4.13-4.16.

**Таблица 4.13.** Технические характеристики СИП-1, СИП-1А

Количество и сечение жил, шт x мм <sup>2</sup>	Масса, кг/км		Диаметр, мм	Токовая нагрузка, А	Ток короткого замыкания, кА
	СИП-1	СИП-1А			
1 x 16 + 1 x 25	159,29	192,99	15,0	75	1,0
2 x 16	—	135,84	13,0	70	1,0
2 x 25	—	202,40	15,0	95	1,6
3 x 16 + 1 x 25	294,48	327,97	22,0	70	1,0
3 x 25 + 1 x 35	434,19	478,85	26,0	95	1,6
3 x 35 + 1 x 50	600,04	651,68	30,0	115	2,3
3 x 50 + 1 x 70	815,64	884,12	35,0	140	3,2
3 x 70 + 1 x 95	1122,41	1205,21	41,0	180	4,5
3 x 120 + 1 x 95	1620,18	1702,98	47,0	250	5,9
4 x 16	—	271,70	22,0	70	1,0
4 x 25	—	404,81	26,0	95	1,6
4 x 16 + 1 x 25	362,40	395,89	22,0	70	1,0
4 x 25 + 1 x 35	535,39	580,06	26,0	95	1,6

**Таблица 4.14.** Технические характеристики СИП-2, СИП-2А

Количество и сечение жил, шт x мм <sup>2</sup>	Масса, кг/км		Диаметр, мм	Токовая нагрузка, А	Ток короткого замыкания, кА
	СИП-2	СИП-2А			
1 x 16 + 1 x 25	157,90	189,86	15,0	105	1,5
2 x 16	—	131,90	13,0	100	1,5
2 x 25	—	253,00	15,0	130	2,3
3 x 16 + 1 x 25	290,40	322,13	22,0	100	1,5
3 x 25 + 1 x 35	428,90	465,13	26,0	130	2,3
3 x 35 + 1 x 50	574,61	624,20	30,0	160	3,2
3 x 50 + 1 x 70	809,51	867,04	35,0	195	4,6
3 x 70 + 1 x 95	1089,59	1165,10	41,0	240	6,5
3 x 95 + 1 x 95	1363,32	1438,83	45,0	300	8,8
3 x 120 + 1 x 95	1579,67	1655,18	47,0	340	7,2
4 x 16	—	263,80	22,0	100	1,5
4 x 25	—	394,3	26,0	130	3,2
4 x 16 + 1 x 25	356,98	388,70	22,0	100	1,5
4 x 25 + 1 x 35	528,31	564,57	26,0	130	3,2

**Таблица 4.15.** Технические характеристики СИП-3

Количество и сечение жил, шт x мм <sup>2</sup>	Масса, кг/км	Диаметр, мм	Токовая нагрузка, А	Ток короткого замыкания, кА
1 x 50	239,00	12,6	245	4,3
1 x 70	304,00	14,3	310	6,4

1 x 95	383,00	16,0	370	8,6
1 x 120	461,00	17,4	430	11,0
1 x 150	552,00	18,8	485	13,5

**Таблица 4.16.** Сопротивление токопроводящих жил СИП, не более Ом/км

Сечение, кв. мм	Фазные	Несущие
16	1,91	—
25	1,20	1,38
35	0,868	0,986
50	0,641	0,720
70	0,443	0,493
95	0,320	0,363
120	0,253	0,288
150	—	0,236

## ГЛАВА V. РАСЧЁТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

### 5.1. Общие сведения

Знание значений токов КЗ необходимо для обеспечения быстрого отключения повреждённого элемента электрической сети и уменьшения зоны повреждения. Это достигается путём правильного выбора электрооборудования, способного не только отключать электрическую сеть от повреждений, но и выдерживать самой кратковременное воздействие токов КЗ.

В результате КЗ резко снижается сопротивление электрической цепи, так как полные сопротивления фаз  $Z_A, Z_B, Z_C$  одной, двух или всех трёх фаз оказываются зашунтированными, вследствие соединения проводов "накоротко". В точке короткого замыкания сопротивление фаз источника в линии составляет лишь небольшую часть сопротивления нагрузки. Сила тока в короткозамкнутой цепи намного превышает силу рабочего тока. Наибольшая сила тока возникает при трёхфазном коротком замыкании, поэтому её определяют для выбора электрического оборудования.

Увеличение силы тока в цепи приводит к усилению механического воздействия электродинамических сил на электроаппараты и к повышению нагрева токоведущих частей пропорционально квадрату силы тока. Кроме

того, снижается напряжение. При трёхфазном КЗ напряжение в точке КЗ снижается до нуля, а в смежных участках сети напряжение тем ниже, чем ближе этот участок сети к месту короткого замыкания.

В момент короткого замыкания ток в фазе был равен  $i_0$ , т.е. проходил нулевую отметку. В последующий момент (момент КЗ) в цепи возникают две составляющие тока КЗ: *апериодическая составляющая  $i_0$  и периодическая составляющая тока  $i_{п0}$ .*

Апериодическая составляющая возникает потому, что ток в цепи с индуктивностью не сможет измениться скачкообразно с одного значения на другое (закон коммутации). Поэтому при КЗ появляется ток, затухающий по экспоненциальному закону через 0,1 – 0,2 с.

Периодическая составляющая тока КЗ возникает вследствие того, что к цепи приложено синусоидальное напряжение  $u = U_M \sin(\omega t)$ . Поэтому величина периодической составляющей тока КЗ будет определяться как

$$i_{п0} = \frac{U_M}{Z_K} \cdot \sin(\omega t - \varphi_K),$$

где  $\varphi_K$  - угол сдвига по фазе тока относительно напряжения.

Периодическая составляющая тока КЗ увеличивается по сравнению с током нормального рабочего режима вследствие уменьшения полного сопротивления цепи от первоначального значения ( $Z_{\text{сети}} + Z_{\text{нагр.}}$ ) до  $Z_K$  – сопротивления цепи при коротком замыкании, включающем сопротивление источника и часть сопротивления сети до точки короткого замыкания. Кроме того, изменяется и сдвиг по фазе тока относительно напряжения:

- при нормальном режиме:  $\varphi_K = \arctg \frac{x_H}{r_H} \approx 0 - 45^\circ$ ,
- при КЗ (т.к.  $x_K > r_K$ ):  $\varphi_K = \arctg \frac{x_K}{r_K} \approx 90^\circ$ ,

где  $x_H, r_K$  - индуктивные сопротивления цепи соответственно при нормальном режиме и КЗ;  $r_H, r_K$  - активное сопротивление цепи соответственно при нормальном режиме и режиме КЗ.

Ток КЗ складывается из аperiodической и периодической составляющих:  $i_k = i_a + i_{п}$ . Амплитуда тока в первый же момент времени (в первый полупериод) КЗ получает наибольшее значение, когда  $i_{a0}$  и  $i_{п0}$  имеют одинаковый знак. Это значение называется *ударным током короткого замыкания*:

$$i_y = K_y \cdot i_{п0} = K_y \sqrt{2} I_{п0},$$

где  $i_{п0}$ ,  $I_{п0}$  – соответственно амплитудное и действующее значения периодической слагающей тока КЗ.

В первый полупериод  $I_{п0}$  – называется *сверхпереходным током короткого замыкания*;  $K_y$  – ударный коэффициент. При трёхфазном КЗ на выводах трансформаторов и сборных шинах напряжением 6...10 кВ  $K_y = 1,8$ , а при КЗ на стороне 0,4 кВ  $K_y = 1,3$ .

Расчеты токов КЗ для выбора аппаратов и проводников, их проверки по термической и электродинамической стойкости при КЗ, для определения параметров срабатывания, проверки чувствительности и согласования действия устройств релейной защиты электроустановок 0,4-110 кВ производятся приближенным, так называемым практическим методом.

При выполнении расчетов не учитывают:

- сдвиг по фазе ЭДС и изменение частоты вращения роторов синхронных машин;
- ток намагничивания систем генераторов, трансформаторов и электродвигателей;
- насыщение магнитных систем генераторов, трансформаторов и электродвигателей;
- емкостную проводимость ВЛ и КЛ;
- различие значений сверхпереходных сопротивлений по продольной и поперечной осям синхронных машин;
- возможную несимметрию трехфазной системы;
- влияние неподвижной нагрузки на токи КЗ;



- подпитку места КЗ со стороны электродвигателей напряжением до 1000 В при расчете токов КЗ в сети выше 1000 В.

Для расчетов токов КЗ составляется расчетная схема. Она представляет собой однолинейную схему электрической сети с электрическими аппаратами и проводниками, подлежащими выбору и проверке по условиям КЗ. В расчетную схему вводятся все генераторы, синхронные компенсаторы, синхронные и асинхронные электродвигатели выше 1000 В, имеющие небольшую электрическую удаленность расчетной точки КЗ, а также трансформаторы, реакторы, ВЛ и КЛ, связывающие источники питания с местом КЗ.

Расчетным видом КЗ при выборе и проверке аппаратов и проводников обычно является трехфазное, реже (в сетях 110 кВ и выше) – однофазное КЗ.

Расчетным видом КЗ при оценке чувствительности релейной защиты, как правило, являются: в сетях 10 кВ двух- и трехфазное КЗ; в сетях 110 кВ трех-двух- и однофазное КЗ.

Проверка термической стойкости пучка, состоящего из двух и более параллельно включенных кабелей, производится по току КЗ непосредственно за пучком. В этом случае каждый кабель пучка проверяется по току  $\frac{I_k^{(3)}}{n}$ , где  $n$  – число кабелей в пучке.

В ПУЭ оговорены требования по выбору и применению по условиям короткого замыкания электрических аппаратов и проводников в электроустановках переменного тока частотой 50 Гц, напряжением до и выше 1 кВ.

По режиму кз должны проверяться:

*В электроустановках напряжением выше 1 кВ:*

- а) электрические аппараты, токопроводы, кабели и другие проводники, а также опорные конструкции для них;

б) воздушные линии электропередачи при ударном токе КЗ 50 кА и более для предупреждения схлестывания проводов при динамическом действии токов КЗ.

*В электроустановках напряжением до 1 кВ – только распределительные щиты, токопроводы и соединительные шкафы.*

Аппараты, которые предназначены для отключения токов КЗ или могут по условиям своей работы включать короткозамкнутую цепь, должны, кроме того, выполнять эти операции при всех возможных токах КЗ.

В соответствии с ПУЭ допускается не проверять по режиму КЗ некоторые проводники и электрические аппараты, защищенные плавкими предохранителями, а также проводники и аппараты в цепях маломощных, неотчетственных потребителей, имеющих резервирование в электрической или технологической части. При этом должны быть исключены возможности взрыва или пожара.

При выборе оборудования и проверке проводников по условию короткого замыкания рассчитываются следующие виды токов короткого замыкания:

1) начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ –  $I_{п0}$ ;

2) начальное значение апериодической составляющей тока КЗ –  $i_{a0}$ ;

3) ударный ток КЗ –  $i_{yд}$ ;

4) периодическая составляющая тока КЗ для заданного момента времени –  $I_{пt}$ ;

5) апериодическая составляющая тока КЗ для заданного момента времени –  $i_{at}$ ;

Начальное действующее значение периодической составляющей  $I_{п0}$  и начальное значение апериодической составляющей тока КЗ  $i_{a0}$  используются для расчета и проверки проводников на термическую стойкость при КЗ; ударный ток короткого замыкания  $i_{yд}$  используется в расчетах электродинамического воздействия токов КЗ и проверке аппаратов на

электродинамическую стойкость при КЗ; остальные - при выборе коммутационных аппаратов.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ необходимо учитывать:

1) влияние на точки КЗ присоединенных к данной сети синхронных компенсаторов, синхронных и асинхронных электродвигателей;

2) влияние источников энергии, удаленных от точки короткого замыкания.

Влияние асинхронных электродвигателей на токи КЗ не учитывается при мощности электродвигателей до 100 кВт в единице, если электродвигатели отделены от места КЗ одной ступенью трансформации, а также при любой мощности, если они отделены от места КЗ двумя или более ступенями трансформации.

Удаленность точки КЗ от электрической машины характеризуется отношением действующего значения периодической составляющей тока этой машины в начальный момент к номинальному току машины

$$I_{\text{П0(ном)}}^* = \frac{I_{\text{П0}}}{I_{\text{ном}}}.$$

Если это соотношение менее двух, то короткое замыкание следует считать удаленным.

Все удаленные источники энергии и соответствующие элементы электрической сети могут быть относительно точки КЗ или выбранного узла сети эквивалентированы одним источником неизменного напряжения и одним сопротивлением (далее такой источник называется «системой»).

*В электроустановках напряжением до 1 кВ* допускается не учитывать влияние синхронных и асинхронных электродвигателей или комплексной нагрузки, если их суммарный номинальный ток не превышает 1,0% начального значения периодической составляющей тока в месте КЗ.

В случае питания электрических сетей до 1 кВ от понижающих трансформаторов при расчете токов кз следует исходить из условий, что

подведенное к трансформатору напряжение неизменно и равно его номинальному напряжению.

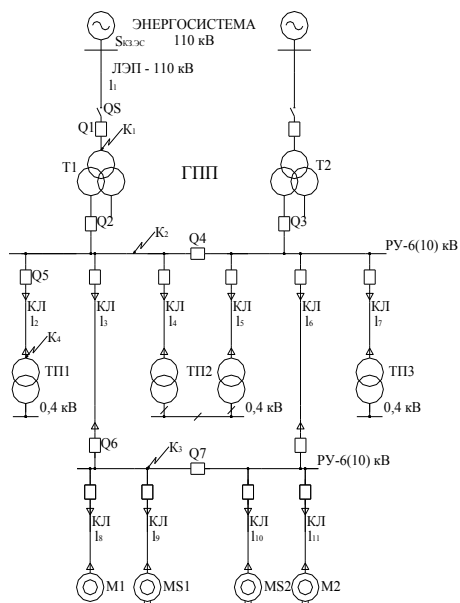
## **5.2. Составление расчётной схемы и схемы замещения**

За расчётную принимается схема электроснабжения, выбранная на основании технико-экономического сопоставления вариантов схем, рассмотренного в предыдущих главах.

Расчетная схема должна включать в себя все элементы электроустановки и примыкающей части энергосистемы, исходя из условий, предусмотренных продолжительной работой электроустановки с перспективой не менее чем в 5 лет после ввода ее в эксплуатацию.

Для решения задачи проверки и выбора аппаратов и проводников по условиям КЗ, расчетную схему следует составлять так, чтобы ток КЗ в выбираемом или проверяемом элементе сети был бы наибольшим. Обычно этому соответствует максимальный режим работы питающей энергосистемы, наибольшее число электродвигателей, связанных с расчетной точкой КЗ. Если в схеме электроснабжения предусмотрена раздельная работа питающих источников на сборные шины 10 кВ, разделенные нормально отключенным секционным выключателем, то расчетным состоянием исходной схемы обычно является режим, когда один трансформатор отключен, а секционный выключатель включен.

При этом все электродвигатели должны находиться в работе. При изображении на расчетной схеме однотипных, одинаково расположенных по отношению к точке КЗ электродвигателей, целесообразно показывать их в виде одного эквивалентного электродвигателя, номинальная мощность которого равна сумме мощностей объединенных электродвигателей. Пример расчётной схемы электроснабжения показан на рис. 5.1.



**Рис. 5.1. Пример выполнения расчётной схема электроснабжения для расчёта токов короткого замыкания**

На расчётной схеме электроснабжения необходимо отметить точки короткого замыкания, которые располагаются в тех местах, где элементы электрической сети и электрическое оборудование в момент короткого замыкания будут находиться в наиболее тяжелых условиях. При этом расчетная точка КЗ находится непосредственно с одной или с другой стороны от рассматриваемого элемента электроустановки в зависимости от того, когда для него создаются наиболее тяжелые условия в режиме КЗ.

В закрытых распределительных устройствах проводники и электрические аппараты, расположенные до реактора на реактированных линиях, проверяются, исходя из того, что расчетная точка КЗ находится за реактором, если они отделены от сборных шин разделяющими полками, а реактор находится в том же здании и все соединения от реактора до сборных шин выполнены шинами.

При проверке кабелей на термическую стойкость расчетной точкой КЗ является:

- 1) для одиночных кабелей одного сечения — точка КЗ в начале кабеля;
- 2) для одиночных кабелей с различными сечениями по длине — точки КЗ в начале каждого участка нового сечения;

3) для двух и более параллельно включенных кабелей одной кабельной линии — в начале каждого кабеля.

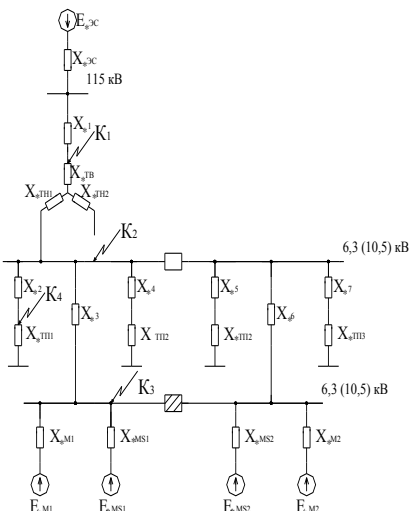
После того, как составлена расчетная схема, составляется схема замещения (рис. 5.2). Схема замещения представляет собой расчетную схему, в которой все электрические и магнитные связи представлены электрическими сопротивлениями. При расчетах трехфазных токов КЗ, генерирующие источники (энергосистема, электродвигатели) вводятся в схему замещения соответствующими ЭДС, а пассивные элементы, по которым проходит ток КЗ, индуктивными и, при необходимости, активными сопротивлениями.

Если активное сопротивление ветви не превышает 30% её индуктивного сопротивления, то определение периодической составляющей тока КЗ производится при условии  $R_{\Sigma} = 0$ . В электроустановках напряжением выше 1000 В условие  $R_{\Sigma} \leq 0,3 \cdot x_{\Sigma}$ , как правило выполняется.

В таблице 5.1 приведены ЭДС различных источников питания

**Таблица 5.1.** ЭДС источников питания для расчёта токов короткого замыкания

Источник питания	ЭДС, о.е.	Условия работы до короткого замыкания
Энергосистема	1,0	-
Синхронный электродвигатель	1,05 – 1,07	перевозбуждение невозбуждение
Асинхронный электродвигатель	0,9	-



**Рис. 5.2.** Пример схемы замещения расчётной схемы электроснабжения

При составлении схемы замещения можно не учитывать сопротивление кабелей питающих электродвигатели, если длины кабельных линий не превышают 50 м.

На схему замещения переносятся те же самые расчётные точки, в которых надо определить токи короткого замыкания (ТКЗ). Для расчета ТКЗ в характерных точках необходимы следующие исходные данные:

- 1) мощность короткого замыкания на шинах источника питания  $S_{\text{КЗ.ЭС}}$ , МВА;
- 2) параметры всех элементов схемы электроснабжения (воздушных и кабельных линий, трансформаторов, электродвигателей, реакторов и т.д.).

### **5.3. Определение параметров схемы замещения**

В целом, параметры элементов эквивалентных схем замещения могут быть определены:

1) в именованных единицах с приведением значений параметров расчетных схем к выбранной основной (базисной) ступени напряжения сети и с учетом фактических коэффициентов трансформации силовых трансформаторов и автотрансформаторов;

2) в относительных единицах с приведением значений параметров расчетных схем к выбранным базисным условиям и с учетом фактических коэффициентов трансформации всех силовых трансформаторов и автотрансформаторов;

3) в именованных единицах без приведения значений параметров расчетных схем к одной ступени напряжения сети и с учетом фактических коэффициентов трансформации всех силовых трансформаторов и автотрансформаторов.

При отсутствии данных о фактических коэффициентах трансформации силовых трансформаторов и автотрансформаторов допускается использовать приближенный способ их учета. Он состоит в замене фактических

коэффициентов силовых трансформаторов и автотрансформаторов отношением средних номинальных напряжений сетей соответствующих ступеней напряжения. Рекомендуется использовать шкалу средних номинальных напряжений сетей: 3,15; 6,3; 10,5; 13,8; 15,75; 18; 20; 24; 37; 115; 154; 230; 340; 515 кВ.

Расчет токов короткого замыкания в электроустановках напряжением выше 1000 В ГОСТ 27514-87 рекомендует выполнять в относительных единицах.

В электроустановках напряжением до 1000 В расчет токов короткого замыкания в соответствии с ГОСТ Р 28249-92 выполняется в именованных единицах.

### **5.3.1. Система относительных величин при расчете токов короткого замыкания**

В качестве основных базисных величин при расчете токов короткого замыкания используются:

- линейное напряжение  $U_{\sigma}$ , кВ,
- полная (кажущаяся) мощность  $S_{\sigma}$ , МВА.

Производные базисные величины:

- базисный ток  $I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma}}$ , кА,

- базисное сопротивление  $Z_{\sigma} = \frac{U_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot I_{\sigma}} = \frac{U_{\sigma}^2}{S_{\sigma}}$ , Ом.

При этом, за базисную мощность рекомендуется принимать произвольное значение, но таким образом, чтобы базисные сопротивления были удобными для дальнейшего расчета (величины сопротивлений были бы не слишком малыми и не слишком большими числами). Как правило, это мощность, равная 10000 мВ·А. За основное базисное напряжение может быть выбрано напряжение любой ступени. Оно выбирается на 5% выше номинального, т.е. одно из средних номинальных значений напряжения соответствующей



ступени системы электроснабжения: 3,15; 6,3; 10,5; 13,8; 15,75; 18; 20; 24; 37; 115; 154; 230; 340; 515 кВ.

Любые величины при выбранных базисных условиях в относительных единицах (о.е.) будут определяться соотношением

$$P_{\delta}^* = \frac{P}{P_{\delta}},$$

где параметр  $P$ :  $P_{\delta}^*$  - в относительных величинах,  $P$  - в именованных величинах,  $P_{\delta}$  - его базисное значение.

$$\text{Например, } E_{\delta}^* = \frac{E}{E_{\delta}}; I_{\delta}^* = \frac{I}{I_{\delta}}; S_{\delta}^* = \frac{S}{S_{\delta}}; X_{\delta}^* = \frac{X}{X_{\delta}}.$$

Если сопротивление элемента задано в именованных величинах, то его значение в о.е., выраженное через базисный ток, напряжение, мощность:

$$Z_{\delta}^* = \frac{Z}{Z_{\delta}} = Z \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\delta}}{U_{\delta}} = Z \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2}.$$

Если сопротивление элемента задано в относительных (номинальных) величинах, то при других базисных величинах:

$$Z_{\delta}^* = Z_n^* \cdot Z_n \frac{1}{Z_{\delta}} = Z_n^* \frac{U_n^2}{S_n} \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2}.$$

**Пример.** Синхронное индуктивное сопротивление  $X_d$  генератора мощностью 25 МВА напряжением 10,5 кВ равно 1,2 о.е. (относительно номинальных параметров генератора). Базисные величины схемы, в которой работает генератор:  $S_{\delta} = 50$  МВА,  $U_{\delta} = 10$  кВ.

Сопротивление генератора в омах:

$$X_d = X_{dn}^* \frac{U_n^2}{S_n} = 1,2 \frac{10,5^2}{25} = 5,29 \text{ Ом.}$$

Сопротивление генератора в базисных величинах схемы:

$$X_{dб}^* = 1,2 \frac{U_H^2}{S_H} \frac{S_{б}}{U_{б}^2} = 1,2 \frac{10,5^2}{25} \frac{50}{10^2} = 2,64 \text{ о.е.}$$

### 5.3.2. Определение параметров схемы электроснабжения

Как было показано выше, на расчетной схеме электроснабжения и, соответствующей ей схеме замещения, указываются все элементы и оборудование, которые должны проверяться по действию токов КЗ. Причем на схеме замещения эти элементы заменяются соответствующими сопротивлениями, которые можно определять в относительных и именованных единицах.

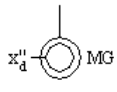

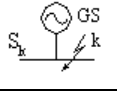

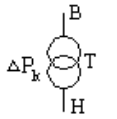
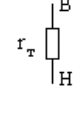
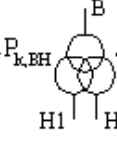
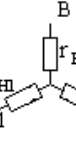
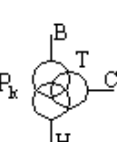
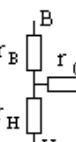


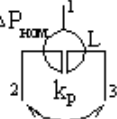
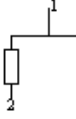
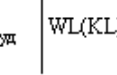

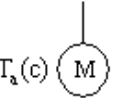

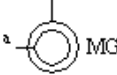

В таблице 5.2 представлено обозначение различных элементов системы электроснабжения, а также определение их параметров в относительных и именованных единицах.

Следует отметить, что, составленная на основе расчетной, схема замещения, как правило, подлежит эквивалентированию, то есть, приведения её к наиболее удобному для расчёта виду. В этом случае, эквивалентное сопротивление схемы замещения, характеризующее суммарное сопротивление прохождению тока короткого замыкания от расчётной точки КЗ в сторону источника питания, определяется правилами сложения последовательно-параллельных ветвей элементов рассматриваемого участка электрической сети.

**Таблица 5.2.** Индуктивные и активные сопротивления элементов сети

№ п/п	Элемент электрической сети	Схема		Формула для определения сопротивлений в схеме замещения при $U_{\delta}=U_{\text{ср,ном}}$	
		Расчётная	Замещения	отн. ед.	Ом
1	2	3	4	5	6
<b>индуктивные сопротивления сети</b>					
1	Трансформатор двухобмоточный с напряжением НН выше 1 кВ			$x_{*T} = \frac{u_k \cdot S_{\delta}}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}}}$	$x_T = \frac{u_k \cdot U_{\text{ср,ном}}^2}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}}}$
2	Трансформатор двухобмоточный с напряжением НН до 1 кВ			-	$z_T = \frac{u_k \cdot U_{\text{ср,ном}}^2}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}}};$ $x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2}$
3	Трансформатор двухобмоточный с расщепленной обмоткой низшего напряжения			$x_{*B} = \frac{u_{\text{кВН}} \cdot S_{\delta}}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}}} \left(1 - \frac{K_P}{4}\right);$ $x_{*H1} = x_{*H2} = \frac{u_{\text{кВН}} \cdot S_{\delta} \cdot K_P}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}} \cdot 2}$	$x_B = \frac{u_{\text{кВН}} \cdot U_{\text{ср,ном}}^2}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}}} \left(1 - \frac{K_P}{4}\right);$ $x_{H1} = x_{H2} = \frac{u_{\text{кВН}} \cdot U_{\text{ср,ном}}^2 \cdot K_P}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}} \cdot 2}$
4	Трансформатор трехобмоточный			$x_{*B} = \frac{u_{\text{кВ}} \cdot S_{\delta}}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}}};$	$x_B = \frac{u_{\text{кВ}} \cdot U_{\text{ср,ном}}^2}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}}};$
				$x_{*C} = \frac{u_{\text{кС}} \cdot S_{\delta}}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}}};$	$x_C = \frac{u_{\text{кС}} \cdot U_{\text{ср,ном}}^2}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}}};$
				$x_{*H} = \frac{u_{\text{кН}} \cdot S_{\delta}}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}}};$	$x_H = \frac{u_{\text{кН}} \cdot U_{\text{ср,ном}}^2}{100 \cdot S_{\text{ном,Т}}};$
				$u_{\text{кВ}} = \left( u_{\text{кВС}} + u_{\text{кВН}} - u_{\text{кСН}} \right) \%;$	
				где: $u_{\text{кС}} = \left( u_{\text{кВС}} + u_{\text{кСН}} - u_{\text{кВН}} \right) \%;$	
				$u_{\text{кН}} = \left( u_{\text{кВН}} + u_{\text{кСН}} - u_{\text{кВС}} \right) \%;$	
5	Реактор токоограничивающий одинарный			$x_{*L} = x_{\text{ном}} \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\text{ср,ном}}^2}$	$x_{*L} = x_{\text{ном}}$
6	Реактор токоограничивающий двоянный			$x_{*1} = -K_P \cdot x_{\text{ном}} \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\text{ср,ном}}^2};$ $x_{*2} = x_{*3} = \left( +K_P \right) x_{\text{ном}} \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\text{ср,ном}}^2}$	$x_{*1} = -K_P \cdot x_{\text{ном}} \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\text{ср,ном}}^2};$ $x_{*2} = x_{*3} = \left( +K_P \right) x_{\text{ном}} \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\text{ср,ном}}^2}$
7	Линия электропередачи			$x_{*WL} = x_{\text{уд}} \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\text{ср,ном}}^2}$	$x_{WL} = x_{\text{уд}} \cdot l$
8	Асинхронный электродвигатель			$x_{*M} = x_k'' \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{\text{ном}}}$	$x_M = x_k'' \cdot \frac{U_{\text{ср,ном}}^2}{S_{\text{ном}}}$
				где $x_k'' = 1/K_{\pi}$	

Окончание таблицы 5.2

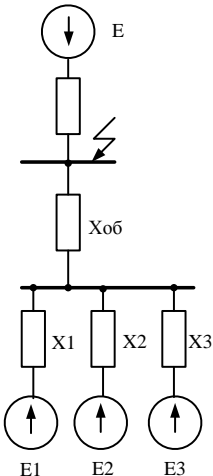
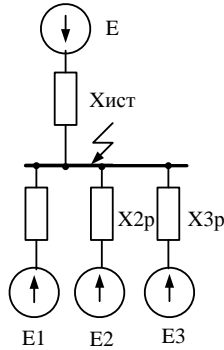
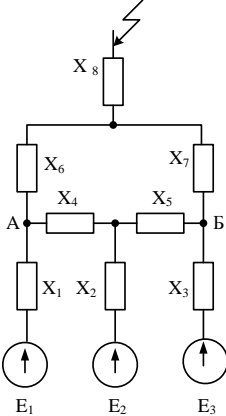
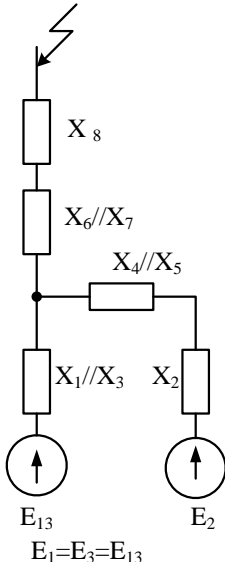
1	2	3	4	5	6
9	Синхронный электродвигатель			$x_{*MG} = x_d'' \frac{S_6}{S_{НОМ}}$	$x_{MG} = x_d'' \frac{U_{ср,НОМ}^2}{S_{НОМ}}$
10	Энергосистема			$x_{*GS} = \frac{S_6}{S_k}$	$x_{GS} = \frac{U_{ср,НОМ}^2}{S_k}$
Активные сопротивления сети					
1	Трансформатор двухобмоточный			$r_{*T} = \frac{\Delta P_k \cdot S_6}{S_{НОМ,Т}^2}$	$r = \frac{\Delta P_k \cdot U_{ср,НОМ}^2}{S_{НОМ,Т}^2}$
2	Трансформатор двухобмоточный с расщепленной обмоткой низшего напряжения			$r_{*B} = \frac{\Delta P_{kBH} \cdot S_6}{2 \cdot S_{НОМ,Т}^2}$ $r_{*H1} = r_{*H2} = 2 \cdot r_{*B}$	$r_B = \frac{\Delta P_{kBH} \cdot U_{ср,НОМ}^2}{2 \cdot S_{НОМ,Т}^2};$ $r_{H1} = r_{H2} = 2 \cdot r_B$
3	Трансформатор трехобмоточный			$r_{*B} = r_{*C} = r_{*H} = 0,5 \cdot r_{*},$ где $r_{*} = \frac{\Delta P_k \cdot S_6}{S_{НОМ,Т}^2}$	$r_B = r_C = r_H = 0,5 \cdot r,$ где $r = \frac{\Delta P_k \cdot U_{ср,НОМ}^2}{S_{НОМ,Т}^2}$
4	Реактор токоограничивающий одинарный			$r_{*L} = \frac{\Delta P_{НОМ} \cdot S_6}{I_{НОМ}^2 \cdot U_{ср,НОМ}^2}$	$r_L = \frac{\Delta P_{НОМ}}{I_{НОМ}^2}$
5	Реактор токоограничивающий сдвоенный			$r_{*2} = r_{*3} = \frac{\Delta P_{НОМ} \cdot S_6}{I_{НОМ}^2 \cdot U_{ср,НОМ}^2}$	$r_2 = r_3 = \frac{\Delta P_{НОМ}}{I_{НОМ}^2}$
6	Линия электропередачи			$r_{WL} = r_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{ср,НОМ}^2}$	$r_{WL} = r_{уд} \cdot l$
7	Асинхронный электродвигатель			$r_{*M} = \frac{X_{*M}}{\omega \cdot T_a}$	$r_M = \frac{X_M}{\omega \cdot T_a}$
8	Синхронный электродвигатель			$r_{*MG} = \frac{X_{*MG}}{\omega \cdot T_a}$	$r_{MG} = \frac{X_{MG}}{\omega \cdot T_a}$

Основные выражения для преобразования схемы замещения в эквивалентную схему представлены в табл. 5.3.

**Таблица 5.3.** Основные формулы преобразования схем

Вид преобразования	Исходная схема	Преобразованная схема	Сопротивление элементов преобразованной схемы
1	2	3	4
Последовательное соединение			$Z_{эк} = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n$
Параллельное соединение			$Z_{эк} = \frac{1}{Y_{эк}};$ <p>где <math>Y_{эк} = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n</math>;</p> $Y_1 = \frac{1}{Z_1}; Y_2 = \frac{1}{Z_2};$ $Y_n = \frac{1}{Z_n}. \text{ При двух ветвях:}$ $Z_{эк} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}.$
Замена нескольких источников эквивалентным			$\dot{E}_{эк} = \frac{1}{Y_{эк}} \sum_{K=1}^n Y_K \dot{E}_K.$ <p>При двух ветвях</p> $\dot{E}_{эк} = \frac{\dot{E}_1 Z_2 + \dot{E}_2 Z_1}{Z_1 + Z_2}.$
Преобразование треугольника в звезду			$Z_F = \frac{Z_{FG} Z_{HF}}{Z_{FG} + Z_{GH} + Z_{HF}};$ $Z_G = \frac{Z_{FG} Z_{GH}}{Z_{FG} + Z_{GH} + Z_{HF}};$ $Z_H = \frac{Z_{GH} Z_{HF}}{Z_{FG} + Z_{GH} + Z_{HF}}.$
Преобразование трехлучевой звезды в треугольник			$Z_{FG} = Z_F + Z_G + \frac{Z_F Z_G}{Z_H};$ $Z_{GH} = Z_G + Z_H + \frac{Z_G Z_H}{Z_F};$ $Z_{HF} = Z_H + Z_F + \frac{Z_H Z_F}{Z_G}.$
Преобразование многолучевой звезды в полный многоугольник			$Z_{FG} = Z_F Z_G \sum Y;$ $Z_{GH} = Z_G Z_H \sum Y;$ <p>.....</p> <p>Аналогично и при большем числе ветвей</p>

### Окончание таблицы 5.3

1	2	3	4
<p>Преобразование с использованием коэффициентов токораспределения</p>			$X_{\Sigma} = \frac{1}{Y_{\Sigma}}; Y_{\Sigma} = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X_3}$ $C_1 = \frac{X_{\Sigma}}{X_1}; C_2 = \frac{X_{\Sigma}}{X_2}; C_3 = \frac{X_{\Sigma}}{X_3}$ $X_{pez} = X_{об} + X_{\Sigma}$ $X_{1p} = \frac{X_{pez}}{C_1}; X_{2p} = \frac{X_{pez}}{C_2};$ $X_{3p} = \frac{X_{pez}}{C_3}$
<p>Преобразование схемы замещения с равнопотенциальными точками</p>			

### 5.4. Расчёт токов короткого замыкания в электрических сетях выше 1 кВ

Для вычисления силы токов КЗ составляется расчётная схема, на которую наносят все данные, необходимые для расчёта, и точки, где следует определить токи КЗ. По расчётной схеме составляется схема замещения, в которой все элементы выражены в виде индуктивных и активных сопротивлений в относительных или именованных единицах.

При проектировании электрических установок схема питания от генератора до центра питания (ЦП) часто бывает неизвестна, поэтому при выдаче технических условий на присоединение энергосистемы указывают

величину сверхпереходного тока или индуктивного сопротивления до шин ЦП.

При расчёте токов КЗ в установках напряжением выше 1000 В в основном пользуются системой относительных единиц. Для этого все расчётные данные приводят к базисным напряжению и мощности.

За *базисное напряжение* ( $U_{\delta}$ ) принимают одно из следующих: 0,23; 0,4; 0,69; 3,15; 6,3; 10,5; 21; 37; 115; 230 кВ (т.е. практически базисное напряжение определяется путём умножения номинального напряжения на 1,05). За *базисную мощность* ( $S_{\delta}$ ) принимается мощность системы, суммарная мощность генераторов электростанций, трансформаторов подстанций или удобное для расчёта число, кратное 10 (10,100,1000 МВА).

Для определения суммарного базисного сопротивления до точки КЗ определяются базисные сопротивления ( $x_{\delta}$ ) элементов системы электроснабжения по следующим выражениям.

1) *Для системы:*

а) если задана мощность короткого замыкания системы ( $S_{к.с.}$ ):

$$x_{\delta.с.} = \frac{S_{\delta}}{S_{к.с.}};$$

б) если задана мощность трансформаторов системы ( $S_{н.т.}$ ):

$$x_{\delta.с.} = x_{T*} = \frac{u_{к\%}}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{н.т.}},$$

где  $x_{T*}$  - индуктивное сопротивление трансформаторов в относительных единицах;  $u_{к\%}$  - напряжение короткого замыкания трансформатора;  $S_{н.т.}$  - номинальная мощность трансформатора.

2) *Для трансформатора:*

а) при  $S_{н.т.} \geq 630$  кВА базисное сопротивление ( $x_{\delta.т.}$ ) определяется по

выражению:  $x_{\delta.т.} = x_{T*} = \frac{u_{к\%}}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{н.т.}};$

б) при  $S_{H.T.} < 630 \text{ кВА}$ , для которых учитывается активное сопротивление обмоток трансформатора:

$$x_{B.T.} = \sqrt{\left(\frac{u_{K,\%}}{100}\right)^2 - r_*^2}; \quad r_* = \Delta P_R,$$

где  $\Delta P_K$  - потери короткого замыкания в трансформаторе, кВА;

$$r_{B.T.} = r_* \cdot \frac{S_\delta}{S_{H.T.}}.$$

3) Для реактора:

$$x_{B.P.} = \frac{x_{P,\%}}{100} \cdot \frac{I_B \cdot U_H}{I_H \cdot U_B},$$

где  $x_{P,\%}$  - индуктивное сопротивление реактора;  $I_B, I_H$  - соответственно базисный и номинальный токи реактора;  $U_B, U_H$  - базисное и номинальное напряжение реактора.

4) Для линии:

$$x_{B.L.} = x_0 \cdot \ell \cdot \frac{S_B}{U_B^2}; \quad r_{B.L.} = r_0 \cdot \ell \cdot \frac{S_B}{U_B^2},$$

где  $x_0, r_0$  - соответственно индуктивное и активное сопротивления 1 км длины линии, Ом/км;  $\ell$  - длина линии, км.

Следует отметить, что активное сопротивление линии необходимо учитывать в том случае, если  $r_B \geq \frac{1}{3} x_B$ , но, как правило, при расчёте токов КЗ в сетях выше 1000 В  $r_B$  - не учитывается.

После определения сопротивлений всех элементов схемы замещения определяется сила тока трёхфазного короткого замыкания. Для этого составленную схему замещения следует преобразовать (свернуть) относительно места короткого замыкания по методу эквивалентных э.д.с. При этом определяются эквивалентная э.д.с. всей схемы ( $E_\Sigma$ ) и суммарное эквивалентное сопротивление  $x_\Sigma$ . Начальный сверхпереходный ток в месте КЗ находится по выражениям:



а) при расчёте в именованных единицах, кА :

$$I_K = \frac{E_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma}},$$

где  $E_{\Sigma}$  - значение эквивалентной э.д.с. схемы замещения;  $x_{\Sigma}$  - суммарное эквивалентное сопротивление до точки КЗ, Ом;

б) при расчёте в относительных единицах:

$$I_K = I_{K*} \cdot I_B = \frac{E_{\Sigma*}}{x_{\Sigma*B}} \cdot \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{CP.HOM.}},$$

где  $I_{K*}$  - ток в месте КЗ в относительных единицах;  $I_B$  - базисный ток ступени короткого замыкания, кА;  $E_{\Sigma*}$ ,  $x_{\Sigma*B}$  - эквивалентная э.д.с. и суммарное сопротивление схемы замещения при принятых базисных условиях, в относительных единицах;  $S_B$  - принятая базисная мощность, МВ·А;  $U_{CP.HOM.}$  - среднее номинальное напряжение ступени КЗ, кВ.

Эквивалентная э.д.с. в именованных единицах близка к номинальному напряжению  $U_{CP.HOM.}$ , а в относительных единицах – к единице. Поэтому в достаточно приближённых расчётах можно не определять эквивалентную э.д.с., а принимать её равной либо  $U_{CP.HOM.}$ , либо 1.

Тогда сила тока КЗ в именованных единицах принимает вид:

$$I_K = \frac{U_{CP.HOM.}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma}}, \text{ кА};$$

в относительных единицах:

$$I_K = \frac{I_B}{x_{\Sigma*B}}.$$

Сила ударного тока короткого замыкания:  $i_v = k_v \cdot \sqrt{2} \cdot I_K$ . Если не учитывается активное сопротивление, то  $i_v = 1,8 \cdot 1,42 \cdot I_K = 2,55 I_K$ .

$$\text{Мощность короткого замыкания: } S_K = \sqrt{3} \cdot U_B \cdot I_R = \frac{S_B}{x_{\Sigma B}}.$$

При коротких замыканиях в удалённых от электростанций сетях принимается допущение о том, что напряжение в питающей сети остаётся

неизменным. Тогда периодическая составляющая тока КЗ останется неизменной в течение всего процесса короткого замыкания и сила установившегося тока КЗ будет равна начальному значению периодической составляющей, т.е. силе сверхпереходного тока КЗ:

$$I_{\infty} = I_K = \frac{I_B}{x_{\Sigma B}}.$$

### **5.5. Расчёт токов короткого замыкания в электрических сетях ниже 1 кВ**

Согласно ПУЭ ток короткого замыкания рассчитывается в тех точках сети, в которых при коротком замыкании аппараты и токоведущие части будут находиться в наиболее тяжёлых условиях.

В системах электроснабжения промышленных предприятий электрические сети до 1000 В имеют наибольшую протяжённость и большое количество электрической аппаратуры: трансформаторы тока, контакторы, автоматические выключатели и т.д.

Активное сопротивление линий, индуктивное сопротивление трансформаторов тока, катушек автоматов и пр. оказывают значительное влияние на токи КЗ. Если не учитывать эти факторы (как это делается в сетях выше 1000 В) то это может привести к значительным погрешностям при выборе сечений проводов и кабелей, а также параметров электрической аппаратуры.

По режиму КЗ в сетях до 1000 В должны проверяться лишь элементы, указанные в ПУЭ, т.е. распределительные щиты, силовые шкафы и токопроводы. По термической стойкости к токам КЗ не проверяются элементы, защищаемые плавкими предохранителями, если время их перегорания менее 0,01 с. При такой быстроте отключения ток КЗ не успеет достигнуть амплитудного значения и его действие будет ограничено величиной тока при котором предохранитель сработает.

Электрическая связь большинства промышленных предприятий осуществляется через понизительные трансформаторы районных подстанций, линии электропередачи от понизительных трансформаторов до главного распределительного пункта (ГРП), или до цеховых подстанций (ЦТП). Для вычисления токов КЗ составляется расчётная схема и соответствующая её схема замещения.

При расчёте токов КЗ, если необходимо, чтобы выбранные аппараты соответствовали своему назначению при любом уровне развития энергосистемы, *суммарное сопротивление системы до цехового трансформатора принимается, равным нулю.*

Удельное реактивное сопротивление воздушных линий принимают равным  $x_{0В.Л.} = 400 \text{ мОм/км}$ , для кабельных линий  $x_{0К.Л.} = 80 \text{ мОм/км}$ . Сопротивление, мОм (миллиомах), воздушных и кабельных линий длиной  $\ell$  рассчитывают:  $x_{В.Л.} = x_{0В.Л.} \cdot \ell$ ;  $x_{К.Л.} = x_{0К.Л.} \cdot \ell$ .

Активное сопротивление воздушных и кабельных линий, мОм рассчитывают по выражению

$$r = \frac{\ell}{\gamma s} \cdot 10^6,$$

где  $s$  - сечение проводов линий,  $\text{мм}^2$ ;  $\gamma$  - удельная проводимость,  $\text{м}/(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)$ .

*Трансформаторы.* Относительное активное сопротивление трансформаторов определяется как

$$r_{*Т} = \frac{\Delta P_K}{S_{НОМ.Т.}},$$

где  $\Delta P_K$  - потери короткого замыкания в трансформаторе, кВт;  $S_{НОМ.Т.}$  - номинальная мощность трансформатора, кВА.

Относительное индуктивное сопротивление трансформатора определяется по выражению:

$$x_{*T} = \sqrt{\left(\frac{u_K, \%}{100}\right)^2 - r_{*T}^2}.$$

Активное и индуктивное сопротивление трансформаторов можно подсчитать, используя данные каталогов и справочников.

Активные и индуктивные сопротивления медных и алюминиевых шин при среднегеометрическом расстоянии между фазами, равном 100...300 мм можно взять из справочной литературы (см. Приложение). При иных расстояниях для шин прямоугольного сечения индуктивное сопротивление можно определить по формуле:

$$x = 0,1445 \lg \frac{4a_{cp.}}{h}, \text{ мОм/м,}$$

где  $a_{cp.} = \sqrt[3]{a_{12} \cdot a_{13} \cdot a_{23}}$  - среднегеометрическое расстояние между фазами, мм;  $h$  – высота шины, мм.

Активные и индуктивные сопротивления катушек максимального тока автоматов принимают по заводским данным или результатам измерений. Переходные сопротивления контактов рубильников и автоматов относительно малы. Значения этих сопротивлений приведены в справочной литературе.

Часть сопротивлений цепи КЗ может быть задана только в относительных единицах. Чтобы выразить эти относительные сопротивления в миллиомах, их надо пересчитать по формуле

$$x = x_* \cdot \frac{U_{НОМ.}^2}{S_{НОМ.}} \cdot 10^6, \text{ мОм,}$$

где  $x_*$  - относительное сопротивление элемента;  $U_{НОМ.}$  - номинальное напряжение элемента, кВ;  $S_{НОМ.}$  - номинальная мощность элемента, кВА.

Преобразование схемы для определения токов КЗ чаще всего сводится к сложению последовательно и параллельно соединённых активных и индуктивных сопротивлений элементов электрической цепи.

Расчёт токов КЗ, как правило, проводится для проверки аппаратов и токоведущих устройств на устойчивость при КЗ. Поэтому необходимо

определять наибольшее возможное значение тока КЗ при одинаковом сопротивлении всех трёх фаз. Наибольший ток КЗ будет при трёхфазном КЗ независимо от наличия или отсутствия нулевого провода.

Ток трёхфазного КЗ, кА, определяется по формуле:

$$I_K^3 = \frac{U_{с.ном.}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2}} \cdot 10^3, \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ определяется из выражения

$$i_v = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_K^3,$$

где  $k_v$ - ударный коэффициент, который в установках до 1000 В из-за наличия большого активного сопротивления, обуславливающего быстрое затухание апериодической составляющей тока КЗ, меньше, чем в установках выше 1000 В.

Значение ударного коэффициента можно определять в справочной литературе по кривым в зависимости от отношения  $\frac{x_{\Sigma}}{r_{\Sigma}}$  или постоянной времени затухания апериодической составляющей  $T_a = \frac{x_{\Sigma}}{314r_{\Sigma}}$ , с.

Если не требуется точное определение ударного тока КЗ, можно принимать  $k_v=1,3$  при КЗ на главных распределительных щитах, которые питаются от трансформаторов мощностью 630...1000 кВА при  $u_K, \% = 5,5\%$ .

Для трансформаторов мощностью 100...320 кВА с  $u_K, \% = 5,5\%$   $k_v = 1,2$ . Если КЗ происходит в более удалённых точках, можно принимать  $k_v=1$ .

*В сетях 0,38 кВ с глухозаземлённой нейтралью трансформатора для расчётной проверки предохранителей и выбора автоматических выключателей необходимо вычислять ток однофазного КЗ в минимальном режиме (т.е. режим, когда все элементы схемы замещения соединены последовательно) для наиболее удалённой точки цепи. Это связано с тем, что защита от токов КЗ должна осуществляться с наименьшим временем отключения и обеспечением требований селективности. При этом она (защита) должна обеспечивать отключение повреждённого участка при КЗ в*

конце его, т.е. при наименьшем токе КЗ для данного участка сети. Так, в сетях с глухозаземлённой нейтралью ток КЗ должен превышать номинальный ток плавкой вставки (или номинальный ток теплового расцепителя автоматического выключателя) не менее чем в 3 раза.

Ток однофазного КЗ определяется по выражению:

$$I_K^1 = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T}{3} + Z_\Pi},$$

где  $Z_T$  - полное сопротивление трансформатора току замыкания на корпус. Это сопротивление зависит от мощности трансформатора и схемы соединения его обмоток;  $Z_\Pi$  - полное сопротивление петли "фазный провод-нулевой провод". При разных сечениях фазного и нулевого проводов:

$$Z_\Pi = \ell \cdot \sqrt{(r_{0\phi} + r_{0H})^2 + (x_{0\phi} + x_{0H} + 2x'_0)^2},$$

где  $r_{0\phi}$ ,  $x_{0\phi}$  - удельные активное и индуктивное сопротивления фазного провода;  $r_{0H}$ ,  $x_{0H}$  - удельные активное и индуктивное сопротивления нулевого провода;  $x'_0$  - удельное внешнее индуктивное сопротивление петли.

Индуктивное сопротивление "петли" для проводов из цветных металлов принимают равным 0,6 Ом/км, при стальных проводах активное и внутреннее индуктивное сопротивления определяют в зависимости от токов КЗ. Внешнее индуктивное сопротивление "петли" принимают равным 0,6 Ом/км.

Когда сечения проводов вдоль линии различны, необходимо найти полное сопротивление каждого участка и все результаты сложить.

Согласно ПУЭ при расчётах тока КЗ учитывается влияние асинхронных и синхронных двигателей, присоединённых непосредственно в месте короткого замыкания. Электродвигатели, которые отделены от места КЗ реактивным сопротивлением трансформатора или линии, в расчёте токов КЗ не учитываются.

Синхронные и асинхронные электродвигатели генерируют ток  $I_D''$ , так как в момент КЗ их ЭДС больше напряжения сети в точке КЗ. Ток, поступающий

от двигателя в точку КЗ, приближённо принимается равным пусковому току

$$I_{н.д.}'' : \quad I_{д}'' = I_{н.д.} \cdot K_{п},$$

где  $K_{п}$  – кратность пускового тока, принимаемая равной 6,5.

$$\text{Сила ударного тока:} \quad i_{v} = \sqrt{2} \cdot K_{v} \cdot I_{д}''.$$

Эти значения токов необходимо прибавить к соответствующим токам короткого замыкания от энергосистемы, полученным ранее. Получается суммарный ток с учётом влияния электродвигателей.

Значения некоторых параметров для расчёта токов КЗ представлены в табл. П.9-П.2.13 Приложения 2.

## **ГЛАВА VI. ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ И СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

### **6.1. Общие сведения**

К основному электрооборудованию распределительных устройств подстанций относятся сборные и соединительные шины, выключатели, разъединители, отделители, короткозамыкатели, токоограничивающие реакторы, батареи конденсаторов, разрядники, трансформаторы тока и напряжения.

Выбор основного оборудования заключается в нахождении по каталожным данным таких аппаратов, которые будут работоспособными в условиях, складывающихся на данной конкретной подстанции. В каталожных (паспортных) данных по перечисленным выше видам оборудования приводятся их основные характеристики, гарантированные заводом-изготовителем, значения которых должны соответствовать фактическим условиям работы этого оборудования на данной подстанции, как на проектируемый уровень, так и на ближайшую перспективу, то есть оборудование должно выбираться «с запасом». Под фактическими условиями работы здесь понимаются условия длительной нормальной

работы оборудования, а также кратковременные аварийные условия (короткие замыкания, перегрузки и т.п.).

Основными характеристиками оборудования являются номинальное напряжение и номинальный (длительный) ток, а также род установки (открытый (наружный), закрытый (внутренний), комплектный).

Номинальное напряжение  $U_{ном}$  установки должно соответствовать необходимому уровню ее изоляции.

Номинальным током называют ток, который при номинальной температуре окружающей среды может протекать по устройству неограниченно длительное время и при этом температура наиболее нагретых его частей не будет превышать длительно допустимого значения.

Правильным выбором всех параметров оборудования обеспечивается его надежная долговечная работа, как в нормальных, так в ремонтных и аварийных режимах.

Аппараты, должны удовлетворять следующим требованиям:

- соответствие окружающей среды и роду установки;
- необходимой прочности изоляции для надежной работы в длительном режиме и при кратковременных перенапряжениях;
- допустимому нагреву токами длительных режимов;
- стойкости в режиме короткого замыкания;
- технико-экономической целесообразности;
- достаточной механической прочности;
- допустимым потерям напряжения в нормальном и послеаварийном режимах

Номинальное напряжение электрооборудования, указанное на его заводской табличке, соответствует уровню его изоляции, причем нормально



всегда имеется некоторый запас электрической прочности, позволяющий аппарату неограниченно длительное время работать при напряжении на 10-15% выше номинального. Это напряжение принято называть номинальным напряжением электрооборудования. При этом, так как отклонение напряжения в условиях эксплуатации обычно не превышает 10-15% номинального напряжения установки, то при выборе оборудования по напряжению достаточно соблюсти условие:

$$U_{ном.у.} \geq U_{ном.э.},$$

где  $U_{ном.у.}$  - номинальное напряжение установки;  $U_{ном.э.}$  - номинальное напряжение электрооборудования.

Все номинальные параметры аппаратов, приводимые в справочных таблицах (см. ниже), соответствуют температуре окружающей среды  $\vartheta_0 \leq 40^\circ C$  и среднесуточной температуре  $\vartheta_{0ср.} \leq 35^\circ C$ . При этом высота над уровнем моря принимается равной не более 1000 м.

Для большинства аппаратов перегрузка их током сверх номинального не допускается, если температура окружающего воздуха равна расчётной для данного аппарата. Если максимальная температура окружающего воздуха меньше расчётной (менее  $35^\circ C$ ), рабочий ток высоковольтных выключателей, разъединителей и трансформаторов тока можно увеличивать на 0,5% номинального тока на каждый градус понижения температуры ниже  $35^\circ C$ , но не более, чем на 20%.

Кроме перечисленного основного электрооборудования, на электрических станциях и подстанциях применяют многочисленные измерительные приборы, а также устройства релейной защиты, автоматики, сигнализации и др.

Измерительные приборы служат для контроля за работой агрегатов и отдельных частей установки, для контроля качества электроэнергии

(напряжения и частоты) и для учета вырабатываемой и распределяемой электроэнергии.

Устройства релейной защиты и автоматики ускоряют ликвидацию возникающих аварий и нарушений режима работы установки и помогают быстрее восстановить ее нормальный режим.

## 6.2. Выбор шинных конструкций

Сборные и соединительные шины соответствующего типа (гибкие, жесткие, открытые, закрытые и т.д.) на подстанциях выбирают по номинальному напряжению (выбор необходимого уровня их изоляции):

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст,расч}}$$

и номинальному току

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{уст,наиб.расч}}$$

определяющему сечение шин

$$S_{\text{ш}} \approx S_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{уст,наиб.расч}}}{j_{\text{эк}}}$$

Электрические аппараты, провода, кабели и шинные конструкции должны выдерживать кратковременные импульсы электродинамических сил и тепловые импульсы, возникающие в момент короткого замыкания. Поэтому при выборе аппаратов и проводников необходимо рассчитывать их не только по условиям длительной работы в нормальном нагрузочном режиме, но и проверять на динамическую и термическую стойкость при КЗ.

Электродинамическая сила, действующая на шинную конструкцию при трёхфазном КЗ, определяется, согласно ПУЭ:

$$F^{(3)} = 1,76 \cdot \frac{\ell}{a} \cdot i_Y^{(3)} \cdot 10^{-8},$$

где  $\ell$  - расстояние между изоляторами, к которым жёстко прикреплена шина, см;  $a$  - расстояние между фазами, см;  $i_Y^{(3)}$  - сила ударного амплитудного трёхфазного короткого замыкания, А.

Эта сила создаёт изгибающий шину момент:  $M = \frac{F^{(3)} \cdot \ell}{10}$  и вызывает в

материале шины напряжение от изгиба:  $\sigma_P = \frac{M}{W}$ ,

где  $W$  - момент сопротивления шины, зависящий от формы шин и от взаимного расположения фаз шин:

- при расположении шин "плашмя" -  $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$ ;

- при расположении шин "на ребро" -  $W = \frac{b^2 \cdot h}{6}$ ,

где  $b$  - толщина полосы, см;  $h$  - ширина (высота) шины, см.

Для алюминиевых шин допустимое напряжение составляет  $\sigma_{\text{доп.}} = 65 \text{ МПа}$ .

Если расчётное напряжение больше допустимого, т.е.  $\sigma_P > \sigma_{\text{доп.}}$ , то или изменяют шинную конструкцию, или ограничивают силу короткого замыкания.

При расчёте электродинамических усилий в электрических аппаратах возникают значительные трудности, связанные с большим разнообразием и сложностью форм токоведущих частей. Поэтому заводы-изготовители обычно указывают максимально допустимое значение (амплитудное) силы тока КЗ ( $i_M$ ), которое нельзя превышать. Таким образом, проверка аппаратов на динамическую стойкость проводится по условию:  $i_Y^{(3)} \leq i_M$ ,

где  $i_y^{(3)}$  - сила ударного тока трёхфазного короткого замыкания в месте установки аппарата.

Термическое действие токов КЗ связано с выделением теплоты в проводниках при прохождении в них тока. По закону Джоуля-Ленца:

$$Q = 0,24 \cdot I^2 \cdot r \cdot t,$$

где  $r$  - сопротивление проводника, Ом;  $t$  - время прохождения тока, с.

Согласно ПУЭ, кратковременный нагрев алюминиевых шин, проводов и кабелей при КЗ не должен превышать 2000С. Нагрев приближённо оценивается по тепловому импульсу тока КЗ ( $B_K$ ),  $A^2 \cdot c$ .

Аппарат считается устойчивым к действию тока КЗ, если выполняется следующее условие:

$$B_K \leq I_{tn}^2 \cdot t_n,$$

где  $I_{tn}$  - сила номинального тока термической стойкости аппарата, задаваемая заводом-изготовителем;  $t_n$  - номинальное расчётное время термической стойкости выключателя, задаваемое заводом-изготовителем в каталогах.

Тепловой импульс тока КЗ равен сумме тепловых импульсов от периодической и аperiodической составляющих тока КЗ.

Тепловой импульс от периодической составляющей:  $B_{K.П.} \approx I_{П}^2 \cdot t_{ПР}$ ,  
где  $t_{ПР}$  - время от начала до отключения тока КЗ, с;  $I_{П}$  - действующее значение периодического тока КЗ, кА.

Тепловой импульс от аperiodической составляющей  $B_{K.А.} \approx I_K^2 \cdot T_a$ ,  
где  $T_a = 0,02 \dots 0,05$  с – постоянная затухания аperiodической составляющей тока КЗ, зависящая от соотношения между индуктивным и активным сопротивлениями цепи короткого замыкания.

Приведённое время действия тока КЗ складывается из времени действия защиты ( $t_{\text{защ.}} = 0,05 \text{ с}$ ) и времени отключения выключателя ( $t_{\text{в.}} = 0,15 \dots 0,2 \text{ с}$ ):

$$t_{\text{пр.}} = t_{\text{защ.}} + t_{\text{в.}} \approx 0,2 \dots 0,25 \text{ с}.$$

Если основная защита имеет выдержку времени  $\Delta t$ , то  $t_{\text{в.}}$  увеличивается на  $\Delta t$ . Для промышленных сетей можно принимать:  $t_{\text{пр.}} \gg T_a$ . Тогда, принимая во внимание только тепловой импульс от периодической составляющей, получим условие термической стойкости аппарата:  $I_{\text{тн}}^2 \cdot t_{\text{н}} \geq I_{\text{к}}^2 \cdot t_{\text{пр.}}$ ,

то есть термическая стойкость аппарата не должна быть ниже теплового импульса тока короткого замыкания.

При больших расчётных значениях тока трёхфазного КЗ по условиям динамической и термической стойкости требуется применять самые устойчивые и дорогие аппараты, кабели с повышенной площадью сечения жил по сравнению с площадью экономического сечения, выбранного по условиям нормального режима.

### 6.3. Выбор выключателей

Выключатель — это коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения тока в нормальном и аварийном режимах..

Наиболее тяжелой и ответственной операцией является отключение токов КЗ и включение на существующее короткое замыкание.

К выключателям высокого напряжения предъявляют следующие требования:

- надежное отключение любых токов (от десятков ампер до номинального тока отключения);
- быстрота действия, т. е. наименьшее время отключения;

- возможность пофазного управления для выключателей 110 кВ и выше;
- пригодность для быстродействующего автоматического повторного включения, т. е. быстрое включение выключателя сразу же после отключения;
- возможность пофазного (пополюсного) управления для выключателей 110 кВ и выше;
- легкость ревизии и осмотра контактов;
- взрыво- и пожаробезопасность;
- удобство транспортировки и эксплуатации.

Выключатели высокого напряжения должны длительно выдерживать номинальный ток  $I_{ном}$  и номинальное напряжение  $U_{ном}$ .

Выключатели характеризуются следующими параметрами:

1. номинальный ток отключения  $I_{ном.откл}$  - наибольший ток короткого замыкания (действующее значение), который выключатель способен отключить при напряжении, равном наибольшему рабочему напряжению при заданных условиях восстановления напряжения и заданном цикле операций;

2. Допустимое относительное содержание апериодической составляющей тока в токе отключения, в %, которое определяется, как:

$$\beta_n = \frac{i_{a\text{ ном}}}{\sqrt{2}I_{отк\text{ ном}}} 100\%$$

Нормированное значение  $\beta_n$  определяется для момента расхождения контактов  $\tau$ . Если  $\tau > 0,09$  с, то принимают  $\beta_n = 0$

3. Цикл операций - выполняемая выключателем последовательность коммутационных операций с заданными интервалами между ними.

В эксплуатации выключатель может неоднократно включаться на существующее КЗ с последующим отключением, поэтому ГОСТ предусматривает для выключателей определенный цикл операций.

Если выключатели предназначены для автоматического повторного включения (АПВ), то должны быть обеспечены циклы:

О - 180 с - ВО - 180 с - ВО;

О -  $\tau$  бт - ВО - 180 с - ВО.

(для случая  $U_{ном} \leq 220кВ$ , то следующий цикл: О -  $\tau$  бт - ВО - 20 с - ВО;

О – операция отключения, ВО – включения и немедленного включения, 20(180) с – промежутки времени в сек.

$\tau$  бт – гарантируемая для выключателей бестоковая пауза при АПВ (для выключателей с АПВ эта величина находится в пределах (0,3-1,2) с, без АПВ – 0,3с)

4. Стойкость при сквозных токах, характеризующаяся токами термической стойкости  $I_{тер}$  и электродинамической стойкости  $I_{дин}$  (действующее значение),  $I_{дин}$  — наибольший пик (амплитудное значение);

Эти токи выключатель выдерживает во включенном положении\_без повреждений, препятствующих дальнейшей работе.

Завод-изготовитель должен обеспечивать соотношение

$$i_{дин} = 2,55I_{отк ном}$$

5. Номинальный ток включения — ток КЗ, который выключатель с соответствующим приводом способен включить без приваривания контактов и других повреждений, при  $U_{ном}$  и заданном цикле. В каталогах приводится действующее значение этого тока  $I_{вкл ном}$  и его амплитудное значение  $i_{вкл ном}$ . Выключатели конструируются таким образом, что соблюдаются условия:

$$I_{вкл ном} \geq I_{отк ном}; \quad i_{вкл ном} = 1,8\sqrt{2I_{отк ном}}$$

6. Собственное время отключения  $t_{СВ}$  —интервал времени от момента подачи команды на отключение до момента прекращения со-прикосновения дугогасительных контактов.

Время отключения  $t_{отк}$  — интервал времени от подачи команды на отключение до момента погасания дуги во всех полюсах.

Время включения  $t_{вкл}$  В — интервал времени от момента подачи команды на включение до возникновения тока в цепи.

7. Параметры восстанавливающегося напряжения — в соответствии с нормированными характеристиками собственного переходного восстанавливающегося напряжения (ПВН).

8. Выключатели, не предназначенные для АПВ, должны допускать не менее пяти операций ВО при токах КЗ  $0,6 \div 1,0 I_{отк\ ном}$  без осмотра дугогасительного устройства. Выключатели, предназначенные для АПВ, должны допускать в тех же условиях от 6 до 10 операций ВО в зависимости от  $I_{откл.ном}$ .

Из выбранного типа выключателей (масляных, воздушных, вакуумных, элегазовых и т.д.) выбирают для установки на подстанции выключатели, заводские паспортные данные которых удовлетворяют следующим условиям:

$$U_{ном} \geq U_{уст,расч}$$

$$I_{ном} \geq I_{наиб.расч}.$$

При выборе выключателей по отключающей способности должно быть выполнено требование, чтобы действующее значение полного тока короткого замыкания  $I_{kt}$ , ожидаемое к моменту  $t$  расхождения контактов, не превышало заданного заводом (для данного напряжения) тока отключения  $I_{откл}$ :  $I_{откл} \geq I_{kt}$ .

Расчетное время  $t$  складывается из времени действия защиты  $t_3$  и собственно времени отключения выключателя  $t_{C.B.}$ .

$$t = t_3 + t_{C.B.}$$



Значения  $t_3$  и  $t_{C.B.}$  указываются в справочниках. Приблизительно  $t$  можно принимать порядка  $0,1 \div 0,2$  сек.

Кроме  $I_{откл}$ , в паспортных данных выключателя дается величина отключающей мощности  $S_{откл}$ , удовлетворяющей условию:

$$S_{откл} \geq S_{kt}.$$

Наибольший ток К.З., который в эксплуатации может протекать через аппарат, не должен даже в течение сколь угодно малого времени превышать ток  $i_{у.макс}$ . Этим условием определяется электродинамическая стойкость выключателя:

$$i_{у.макс} \geq i_{у.расч},$$

где  $i_{у.расч}$  - ударный ток К.З.

Таким образом, выбор и проверка выключателей всех типов должна производиться по следующим параметрам:

1. По номинальному напряжению:  $U_{ном.в.} \geq U_{ном.у.}$

2. По току длительного режима:  $I_{ном.в.} \geq I_{п.а.}$ ,

где  $I_{п.а.}$  - ток послеаварийного режима, принимаемый равным расчётному току длительного режима.

3. По отключающей способности:  $I_{ном.отк.} \geq I_{пт}$ ,

где  $I_{пт}$  - действующее значение периодической составляющей тока КЗ в момент  $\tau$  расхождения контактов выключателя.

4. По термической стойкости:  $I_{термв.}^2 \cdot t_{терм.} \geq B_k$ ,

где  $B_k$  - расчётный тепловой импульс тока КЗ (см. п.6.2);  $I_{термв.}$  -

предельный ток термической стойкости, равный предельному току отключения выключателя;  $t_{терм.}$  - время протекания тока термической стойкости, равное 3 с при  $U_{ном.} \geq 110 \text{ кВ}$  и 4 с – при  $U_{ном.} \leq 35 \text{ кВ}$ .

5. По электродинамической стойкости:  $i_{дин.} \geq i_y$ .

Следует отметить, что термическая стойкость современных выключателей гарантируется заводом-изготовителем при условии обеспечения электродинамической стойкости и поэтому специально может не проверяться.

#### **6.4. Выбор предохранителей**

Плавкий предохранитель - это коммутационный и защитный аппарат, предназначенный для отключения электрической цепи при появлении в ней токов короткого замыкания или опасных токов перегрузки. Выпускаются на напряжения до 1 кВ, 6-10, 35 и 110 кВ.

Основным элементом плавкого предохранителя является плавкая вставка - искусственно ослабленное звено электрической цепи, которая расплавляется при появлении токов короткого замыкания или токов перегрузки.

Высоковольтные токоограничивающие предохранители - аппараты массового применения, предназначенные для защиты воздушных и кабельных линий, силовых трансформаторов от 10 до 1000 кВА при 6-10 кВ, 1600 кВА при 35 кВ, электродвигателей до 2000 кВт, конденсаторов до 150 квар и другого оборудования.

Достоинства предохранителей - малогабаритность, быстроедействие, способность отключать большие токи к.з. с существенным ограничением их максимального значения.

В установках напряжением 6-10 кВ устанавливаются:

- в комплектных распределительных устройствах в цепях линий, измерительных трансформаторов напряжения;

- в устройствах высокого напряжения цеховых и городских подстанций. В установках напряжением 35-110 кВ могут устанавливаться в распределительных устройствах высшего напряжения трансформаторных подстанций с мощностью трансформатора до 4000 МВА.

В электрических сетях предохранители применяются в КТП, на открытых подстанциях, в КРУ, КРУН и КСО, в комбинации с выключателями нагрузки, способными заменять дорогостоящие силовые выключатели.

В работе распределительных сетей указанных объектов предохранители играют ключевую роль, поэтому от них требуется высокая надежность. Отказ предохранителя в отключении токов короткого замыкания приводит к повреждению дорогостоящего оборудования, перерыву в электроснабжении с соответствующими последствиями.

В установках напряжением до 1 кВ предохранители устанавливаются в различных низковольтных комплектных устройствах распределения (НКУ): распределительных панелях, шкафах распределения, различных щитках и т. д.

Основные технические характеристики плавкого предохранителя: номинальное напряжение предохранителя  $U_n$ ; номинальный ток предохранителя  $I_n$ ; номинальный ток плавкой вставки предохранителя  $I_{пв}$ , А, номинальный ток отключения предохранителя  $I_{потк}$ , кА.

В один и тот же корпус предохранителя могут быть установлены плавкие элементы на различные номинальные токи, поэтому предохранитель характеризуется двумя параметрами –  $I_n$  и  $I_{пв}$ , при этом всегда выполняется условие  $I_n \leq I_{пв}$ ;

Выбор плавких предохранителей производится по следующим условиям:

1. По напряжению установки:

$$U_{уст} \geq U_n$$

2. По длительному току:

$$I_{рабмакс} \leq I_{нв.}$$

По номинальному току плавкой вставки выбирается номинальный ток предохранителя.

3. По отключающей способности:

$$I_{п,о} \leq I_{потк}$$

Кроме того, предохранители должны отстраиваться от токов перегрузки, свойственных нормальной эксплуатации (пусковых токов двигателей, токов самозапуска и т. д.), обеспечивать отключение электроустановки при минимальных токах короткого замыкания, выполняя условие:  $I_k^{(1)} / I_{нв.} > 3$ . При этом должна обеспечиваться селективная работа устройств защиты, включенных последовательно в электрической цепи.

## 6.5. Выбор разъединителей, отделителей и короткозамыкателей

Одним из важнейших мероприятий, обеспечивающих безопасность проведения работ в электрических установках, является надежное отсоединение части установки, на которой предполагается производство работ, от других частей установки, находящихся под напряжением. Для предупреждения возможных ошибок необходимо, чтобы это отсоединение было выполнено аппаратом, обеспечивающим видимый разрыв цепи. Таким аппаратом и является разъединитель.

Разъединители не имеют дугогасительных устройств, поэтому ими нельзя отключать токи, при которых на их контактах образуется электрическая дуга. Такая открытая дуга весьма опасна, так как обычно не только разрушает разъединитель и ближайшее к нему оборудование, но, как правило, перекрывает фазы, т. е. приводит к короткому замыканию в установке. Открытая дуга весьма опасна для обслуживающего персонала. Поэтому

разъединители нормально используют для включения и отсоединения обесточенных частей установки, предварительно отключенных выключателем., Кроме того, разъединителями пользуются в целях изменения схемы установки путем переключения отдельных цепей, находящихся под напряжением, при условии, что эти переключения не сопровождаются образованием дуги на контактах разъединителя.

Разъединителями можно включать и отключать такие небольшие токи, при которых на их контактах не возникает электрическая дуга. Так, «Правила устройства электроустановок» допускают включение и отключение разъединителями:

- 1) трансформаторов напряжения, зарядных токов сборных шин и электрооборудования;
- 2) зарядного тока кабельных линий напряжением до 10 кВ длиной до 10 км;
- 3) уравнительного тока линий при условии, что разность напряжений на разъединителе после отключения, составит не более 2% номинальной величины;
- 4) тока однофазного замыкания на землю: 5 А — для линий напряжением 20—35 кВ и 30 А — для линий напряжением 10 кВ и ниже.

Разрешается также производство операций по:

- разземлению и заземлению разъединителями нейтрали трансформаторов;
- отключению и включению разъединителями дугогасящих катушек (при отсутствии в сети замыкания на землю);
- включению и отключению обходных разъединителей (при включенном шунтируемом ими выключателе).

По числу полюсов различают разъединители одно- и трехполюсные;

по роду установки — для внутренних и наружных установок;

по способу установки — с вертикальным или горизонтальным расположением ноже;

по конструкции различают разъединители рубящего типа — с вращением ножей в плоскости осей изоляторов; поворотного типа — с вращением ножей в плоскости, перпендикулярной осям изоляторов; штепсельного типа — с изоляторами, движущимися при включении и отключении вдоль своей оси. Кроме рабочих ножей, разъединители могут иметь еще заземляющие ножи, которые используют для закорачивания и заземления фаз частей установок при ремонтах (после полного их отключения от других частей, находящихся под напряжением).

Отделители по конструкции токоведущих частей не отличаются от разъединителей. Их контактная система не приспособлена для операций под рабочим током нагрузки. Основное назначение отделителей — быстрое автоматическое отключение поврежденного участка электрической сети в бестоковый период. Кроме того, допускаются операции отключения и включения участков линии или элементов схем, находящихся без напряжения или для отключения ёмкостных токов ненагруженных линий и тока холостого хода трансформаторов. Отделители изготавливают на напряжение 35, 110 и 220 кВ. Отделитель представляет собой двухколонковый аппарат с разворотом ножей в горизонтальной плоскости.

При автоматизации подстанций отделители используют не только для отключения электрических цепей, но и для переключения подстанций на резервный источник питания. Переключение производится в бестоковую паузу, когда прохождение тока КЗ прервано отключением соответствующих выключателей. Для автоматического выключения отделители заводского изготовления модернизируют следующим образом. Обе колонки изоляторов вместе с ножами снимают, поворачивают у основания на  $90^\circ$  против нормального их вращения и в таком положении крепят к раме. Привод и встроенные пружины остаются в прежнем исполнении. В таком виде при разведении ножей встроенные пружины отделителя будут заводиться и действовать на включение при освобождении защелки привода. Отделители

применяют в основном на подстанциях без выключателей со стороны ВН. На таких подстанциях, кроме отделителей, устанавливают короткозамыкатели.

Назначение короткозамыкателей состоит в том, чтобы при внутренних повреждениях силовых трансформаторов быстро создавать мощные искусственные КЗ на питающих линиях, отключаемых затем выключателями.

После снятия напряжения с питающей линии поврежденный трансформатор отсоединяют отключением отделителя, а линию включают в работу действием АПВ выключателя питающей линии. В отключенном положении короткозамыкателя пружины привода заведены и он готов к действию. Для включения короткозамыкателя защита поврежденного трансформатора подает оперативный ток на электромагнит включения, боек которого через систему рычагов воздействует на защелку, и нож включается. Время от момента подачи команды на электромагнит включения до полного замыкания контактов короткозамыкателя не превышает 0,35 с.

Паспортные данные разъединителей, короткозамыкателей и отделителей должны выбираться по следующим условиям:

1. По номинальному напряжению:  $U_{ном} \geq U_{уст.расч}$ .
2. По длительно допустимому току:  $I_{ном} \geq I_{наиб.расч}$ .
3. По термической стойкости:  $I_{терм.р.}^2 \cdot t_{терм.} \geq B_k$ .
4. По электродинамической стойкости:  $i_{у.макс} \geq i_{у.расч}$ .

Так же, как и выключатели, это оборудование, при удовлетворении условия по электродинамической стойкости, на термическую стойкость могут не проверяться.

## **6.6. Выбор вспомогательного оборудования**

### ***Токоограничивающие реакторы***

Условия выбора следующие:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст.,расч}} ;$$

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{наиб.,расч}} ;$$

$$S_{\text{ном}} \geq S_{\text{уст.,расч}} ;$$

$$i_{\text{у.макс}} \geq i_{\text{у.расч}} .$$

Ток термической стойкости

$$I_{\text{терм}} \geq I_{\infty} .$$

Сопротивление реактора

$$x_{\text{р,ном}} \approx x_{\text{р,расч}} .$$

**Батареи конденсаторов**

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст.,расч}} ;$$

$$S_{\text{ном}} \approx S_{\text{уст.,расч}} .$$

**Разрядники.** Тип разрядника выбирается в соответствии с характером решаемой задачи, но при условии

$$U_{\text{ном}} = U_{\text{уст.,расч}}$$

**Трансформаторы тока.** Условия выбора:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст.,расч}} ;$$

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{наиб.,расч}} ;$$

$$k_n I_{\text{ном}} \geq I_{\text{наиб.,расч}} ,$$



где  $k_n$  - нормированный коэффициент возможной перегрузки трансформатора при данном продолжительном режиме его работы с  $I_{наиб.расч}$ ;

$$k_{дин} \sqrt{2} \cdot I_{ном} \geq i_y,$$

где  $k_{дин}$  - коэффициент динамической нагрузки.

При этом

$$Z_{н.ном} \geq Z_{2расч},$$

где  $Z_2$  - вторичная нагрузка трансформаторов тока, зависящая как от параметров подключенных к трансформатору тока приборов или реле, так и от схемы их соединений с трансформаторами тока, определяющей расчетную длину соединительных проводов.

### ***Трансформаторы напряжения.***

$$U_{ном} \geq U_{уст,расч}$$

при  $S_{ном} \geq S_2$ , в необходимом классе точности, где  $S_2$  - вторичная нагрузка.

Основные технические характеристики и параметры рассмотренного в настоящей главе электрооборудования представлены в Приложении 2.

## **ГЛАВА VII. Расчет заземления и молниезащиты**

### **7.1. Общие сведения**

Все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие под ним оказаться вследствие повреждения изоляции, должны быть надёжно соединены с землёй. Такое заземление называется защитным, так как его задачей является защита обслуживающего

персонала от опасных напряжений прикосновения. В электрических установках заземляются корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, вторичной обмотки измерительных трансформаторов, приводы электрических аппаратов, каркасы РУ, РП, ЩСУ, РЩ, ЩО, металлические корпуса кабельных муфт, металлические оболочки и броня кабелей, проводов, металлические конструкции зданий и сооружений и другие металлические конструкции, связанные с установкой электрооборудования. Кроме того, заземление, которое предназначено для создания нормальных условий работы аппарата или электроустановки называется рабочим заземлением. К рабочему заземлению относится заземление нейтралей трансформаторов, генераторов, дугогасительных катушек. Без рабочего заземления аппарат не может выполнить своих функций или нарушается режим работы электроустановки. Наконец, для защиты оборудования от повреждений ударом молнии применяется грозозащита с помощью разрядников, искровых промежутков, стержневых и тросовых молниеотводов которые присоединяются к заземлителям. Такое заземление называется грозозащитным. Обычно для выполнения всех трех типов заземления используют одно заземляющее устройство. Для выполнения заземления используют естественные и искусственные заземлители.

В качестве естественных заземлителей применяют водопроводные трубы, металлические трубопроводы, проложенные в земле, за исключением трубопроводов горючих жидкостей и газов, металлические и железобетонные конструкции зданий, находящиеся в соприкосновении с землей, свинцовые оболочки кабелей, заземлители опор ВЛ, соединенные с заземляющим устройством грозозащитным тросом, рельсовые подъездные пути при наличии перемычек между рельсами. Естественные заземлители должны быть связаны с магистралями заземлений не менее чем двумя проводниками в разных точках. В качестве искусственных заземлителей применяют прутковую круглую сталь диаметром не менее 10 мм (стальной пруток),

угловую сталь (40x40, толщиной не менее 4мм), стальные трубы (не кондиция) толщиной стенки не менее 4мм.

Количество заземлителей (вертикальных и горизонтальных) определяется расчетом в зависимости от необходимого сопротивления заземляющего устройства, согласно требований ПУЭ.

В данном курсовом проекте выполняется расчет заземления и защиты от перенапряжений только одной назначенной преподавателем подстанции.

Предполагается, что в месте установки выбранной подстанции естественных заземлителей нет. Требуется рассчитать размеры и параметры искусственного заземлителя, полностью обеспечивающего необходимый уровень сопротивления заземления.

Молниезащита подстанции выполняется стержневыми молниеотводами. Требуется определить число молниеотводов, их размещение на территории подстанции и необходимую высоту.

Для защиты оборудования подстанции от перенапряжений (внешних и внутренних) выбираются разрядники: их тип, количество и места установки.

## **7.2. Расчет заземляющего устройства**

Порядок расчёта устройства заземления на принятой подстанции можно осуществлять в следующей последовательности:

- 1) по ПУЭ устанавливают допустимое сопротивление заземляющего устройства  $R_z$ . Если заземляющее устройство является общим для установок на различные напряжения, то за расчетное сопротивление заземляющего устройства принимают наименьшее из допустимых;
- 2) предварительно с учетом занимаемой подстанцией территории намечают расположение заземлителей – в ряд, по контуру, в виде сетки и т.п.;

- 3) определяют расчетное удельное сопротивление грунта  $\rho_{гр}$  для вертикальных и горизонтальных электродов-заземлителей с учетом повышающего коэффициента  $k_n$  (коэффициент сезонности), учитывающего высыхание грунта летом и промерзание его зимой (см. табл. 7.1);

**Таблица 7.1. Значения коэффициента сезонности для различных климатических зон**

Данные, характеризующие климатические зоны и тип применяемых электродов	Климатические зоны России			
	1	2	3	4
1. Климатические признаки зон				
Средняя многолетняя низшая температура (январь), С	от - 20 до - 15	от - 14 до - 10	от - 10 до 0	от 0 до +5
Средняя многолетняя низшая температура (июль), С	от + 16 до + 18	от + 18 до + 22	от + 22 до +24	от + 24 до + 26
Среднее количество осадков, см	40	50	50	30-50
Продолжительность замерзания вод, дни	190-170	150	100	0
2. Значение коэффициента				
При применении стержневых электродов длиной 2-3 м и при глубине заложения их вершины 0,5-0,8 м	1,8-2	1,5-1,8	1,4-1,6	1,2-1,4
При применении протяженных электродов и при глубине заложения 0,8 м	4,5-7,0	3,5-4,5	2,0-2,5	1,5-2,0

- 4) определяют сопротивление растеканию (сопротивление, которое оказывает току грунт) одного вертикального электрода выбранного размера, профиля и сечения в соответствии с формулами:

- для трубы длиной  $l$  (см) и диаметром  $d$  (см) при глубине заземления  $t$  (см), (см. рис. 7.1 а):

$$r_{mp} = \frac{0.366\rho_{расч}}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right);$$

- для уголка длиной  $l$  (см) с полкой шириной  $b$  (см) при глубине заземления  $t$  (см)

$$r_{yz} = \frac{0.366 \rho_{расч}}{l} \left( \lg \frac{2l}{0.95b} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right),$$

где  $\rho_{расч} = k_n \rho_{зр}$  (значение  $\rho_{зр}$ . принимается по табл. 7.2);

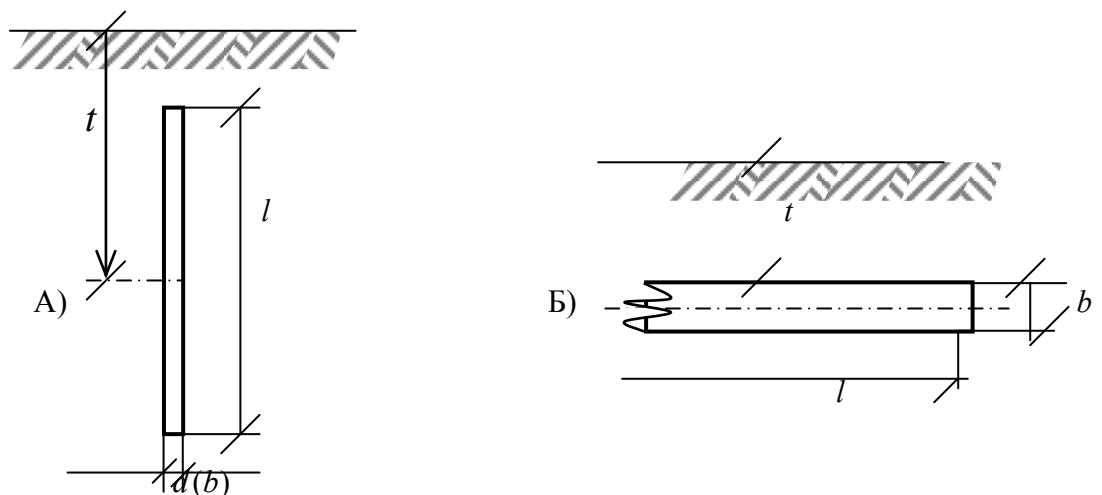
5) определяется предварительное число вертикальных заземлителей  $N$

при приближенном значении коэффициента использования  $k_{ИВ}$ :

$$N = \frac{r_{mp(yz)}}{k_{ИВ} R_3}.$$

**Таблица 7.2. Удельное сопротивление грунтов**

Грунт	Удельное сопротивление
Песок	400 - 1000 и более
Супесок	150 - 400
Суглинок	40 - 150
Глина	8 - 70
Садовая земля	40
Торф	20
Чернозём	10 - 50
Мергель, известняк	1000 - 2000
Скалистый грунт	2000-4000



**Рис. 7.1** Схема вертикального (а) и горизонтального (б) электродов заземления

Коэффициент использования заземлителя учитывает увеличение сопротивления заземлителя вследствие явления экранирования соседних электродов. Значение  $k_{IB}$  зависит от числа электродов  $N$  и расстояния  $a$  между ними ( $a/l$ ), его значения представлены в табл. 7.3. Число труб или уголков в заземлителе должно быть не менее двух;

**Таблица 7.3. Коэффициенты использования вертикальных заземлителей, размещенных по контуру без учёта влияния полосы связи**

Отношение расстояния между заземлителями к их длине	Число вертикальных заземлителей $n_{\epsilon}$	Значение коэффициента $k_{IB}$
1	4	0,66 - 0,72
	6	0,58 - 0,65
	10	0,52 - 0,58
	20	0,44-0,5
	40	0,38-0,44
	60	0,36-0,42
2	4	0,76-0,8
	6	0,71-0,75
	10	0,66-0,71
	20	0,61-0,66
	40	0,55-0,61
	60	0,52-0,58
3	4	0,84-0,86
	6	0,78-0,82
	10	0,74-0,78
	20	0,68-0,73
	40	0,64-0,69
	60	0,62-0,67

б) определяется расчетное сопротивление растеканию соединительных горизонтальных электродов по формуле:

$$R_{3Г} = \frac{r_{n(k)}}{k_{III}}$$

где  $r_{n(k)}$  - сопротивление растеканию горизонтальных электродов, определяемое после подсчета их общей длины  $l$  (см) и выбора профиля электрода (полоса П или круглый проводник К) в соответствии с рис. 7.1 б:

- для полос:

$$r_{II} = \frac{0.366 \rho_{расч}}{l} \lg \frac{2l^2}{bt};$$

- для круглого проводника (стержня):

$$r_K = \frac{0.366 \rho_{расч}}{l} \lg \frac{l^2}{dt},$$

где  $d$  - диаметр стержня, см.

Значение коэффициента использования горизонтальных электродов  $k_{III}$  зависят от ориентировочного числа вертикальных заземлителей и приведены в табл. 7.4.

**Таблица 7.4. Коэффициент использования соединительной полосы в контуре из вертикальных электродов**

Отношение расстояния между заземлителями к их длине	Число вертикальных заземлителей						
	4	6	8	10	20	30	50
1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28
3	0,70	0,64	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37

**Примечание:** Для выравнивания потенциала по территории подстанции из горизонтальных электродов делают сетку. Это надо учитывать при определении общей длины электродов  $l$ .

7) уточняется необходимое сопротивление вертикальных электродов с учетом проводимости горизонтальных соединительных электродов:

$$R_{3B} = \frac{R_{3Г} \cdot R_3}{R_{3Г} + R_3};$$

8) определяется число вертикальных электродов с учетом  $R_{3Г}$  и уточненного коэффициента  $k_{ИБ}$ :

$$N_B = \frac{r_{mp(yz)}}{k_{ИБ} \cdot R_{3B}};$$

9) принимается окончательное число вертикальных электродов из условия их топологии.

### 7.3. Расчет молниезащиты. Выбор средств защиты от перенапряжений

Подстанции небольших размеров, как правило, защищаются стержневыми молниеотводами одинаковой выбранной высоты (не более 40-50 м). Конструкция молниеотвода представлена на рис 7.2.

Радиус зон защиты стержневых молниеотводов и высоту расположения  $h_o$  минимальной зоны определяют по следующим формулам:

$$r_o = (1,1 - 0,002h)h;$$

$$r_x = (1,1 - 0,002h)\left(h - \frac{h_x}{0,85}\right);$$

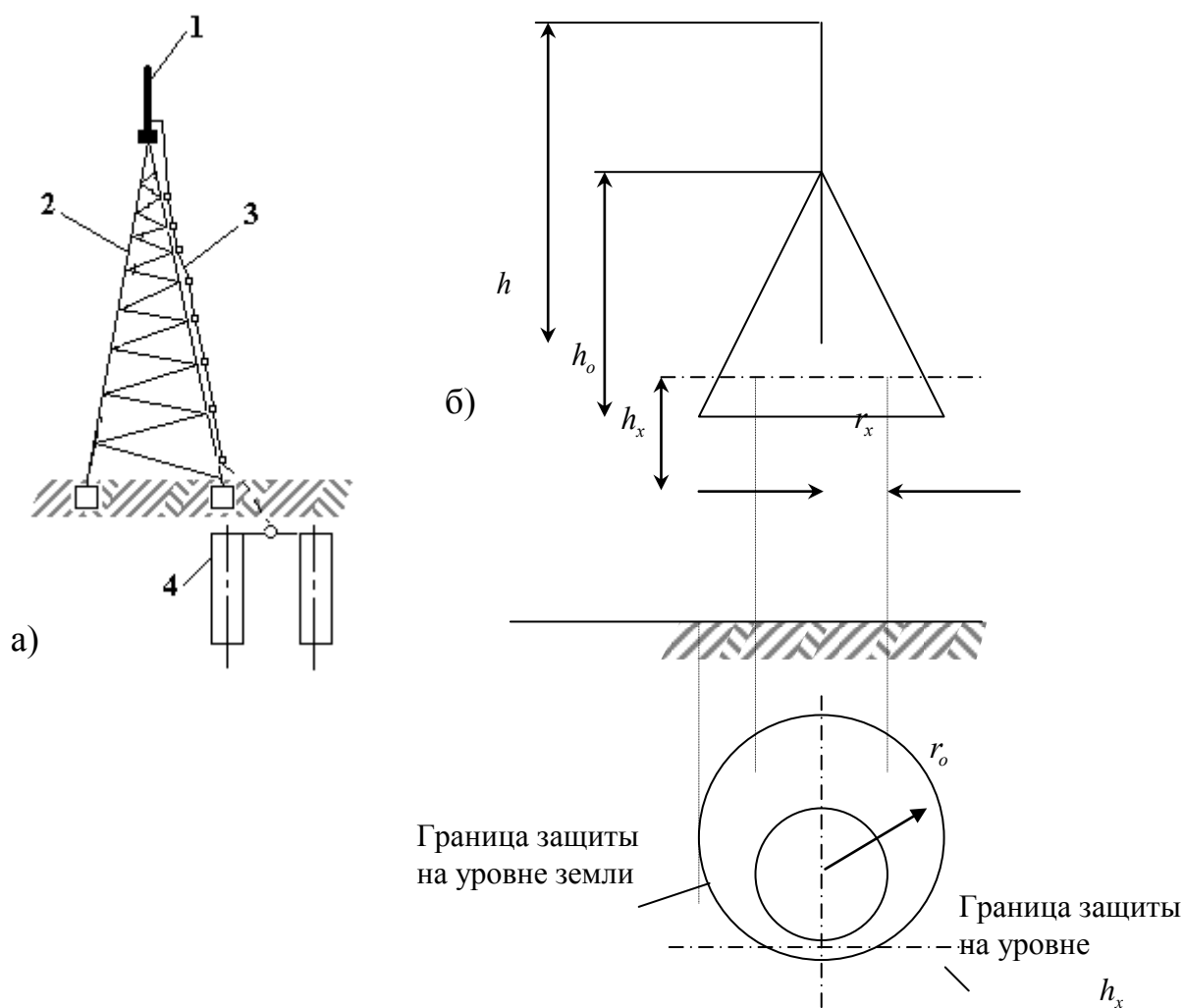
$$h_o = 0,85h.$$

Зная высоту защищаемых объектов  $h_x$  и их расположение в пространстве определяются высота  $h$  молниеотводов и их размещение на площади подстанции.

Защита от внешних (атмосферных) и внутренних (коммутационных) перенапряжений на подстанциях осуществляется с помощью разрядников.



Применяются следующие виды разрядников: искровые промежутки, трубчатые разрядники (РТ), вентильные разрядники (РВС, РВП, РВМГ, РВМК). Выбор видов и расстановка разрядников на подстанции зависит от напряжения подстанции, числа и вида подходящих к подстанции ЛЭП, числа установленных трансформаторов и наличия систем (секций) сборных шин. Разрядники соответствующего вида устанавливают на вводах ЛЭП, сборных шинах и выводах высокого и среднего напряжения трансформаторов, если установки разрядников на сборных шинах оказывается недостаточно для защиты трансформаторов. Разрядники устанавливают в нейтралях силовых трансформаторов 110-220 кВ, если принята их работа с изолированной нейтралью.



**Рис. 7.2. Конструкция стержневого молниеотвода (а) и зона защиты одиночного стержневого молниеотвода (б)**

**1 – молниеприемник; 2 – несущая конструкция; 3 – токоотвод; 4 – заземлители.**

Для защиты электроустановок от внутренних и грозовых перенапряжений разработаны и применяются нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН) на основе окиси цинка, имеющие лучшие характеристики, чем вентильные разрядники. Различные типы и марки средств защиты от перенапряжения, а также их характеристики представлены в Приложении 2.

### **Библиография**

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий./Учебник для вузов. М. 2006.
2. Лещинская Т.Б., Наумов И.В. Электроснабжение сельского хозяйства./Учебник для вузов.М., 2008.
3. Ковалёв Г.Ф. Электропитающие системы и сети./ Методические указания к курсовому проектированию . Иркутск, 2005.
4. Бондаренко С.И., Чумаков В.М., Самаркина Е.В. Электроснабжение. Дипломное проектирование./ Методические указания. Иркутск, 2004.
5. Киреева Э.А., Григорьев В.И., Миронов В.А. и др. Справочная книга электрика/под ред. В.И. Григорьева, М., 2004.
6. Вагин Г.Я., Головкин Н.Н., Маслеева О.В. Пособие по дипломному проектированию./Н.Новгород, 2004.
7. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов/ Учебное пособие. М., 2002.
8. СН 174-75. Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятий. М. 1984.
9. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей./ М., 1995.
10. Неклепаев Б.Н. Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания./ М. РАО ЕС, 2000.
11. Сайт <http://www.electro-mpo.ru>.

## Приложение 1

Таблица П1.1. Значения коэффициентов использования и активной мощности промышленных электроприемников

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
1	2	3	4
Машиностроительная и металлообрабатывающая промышленность			
1	Металлорежущие станки мелкосерийного производства с нормальным режимом работы: мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные, точильные, ножницы листовые, сортовые, фасонные, scrapные, арматурные	0.14	0.5
2	Металлорежущие станки крупносерийного производства с нормальным режимом работы: мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные, точильные, ножницы листовые, сортовые, фасонные, scrapные, арматурные	0.16	0.5
3	Металлорежущие станки при тяжелом режиме работы: штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные и расточные станки	0.17	0.65
4	Металлорежущие станки с особо тяжелым режимом работы: приводы молотов, ковочных машин, волочильных станков, очистных барабанов, бегунов и др.	0.24	0.65
5	Шлифовальные станки шарикоподшипниковых заводов	0.35	0.65
6	Автоматические поточные линии обработки металлов	0.6	0.7
7	Механические цехи, многошпиндельные автоматы для изготовления деталей из прутков	0.2	0.6
8	Переносной электроинструмент	0.06	0.5
9	Вентиляторы, эксгаустеры, санитарно-гигиеническая вентиляция	0.8	0.8
10	Насосы, компрессоры, двигатель-генераторы	0.7	0.8
11	Элеваторы, транспортеры, шнеки, конвейеры несблокированные	0.4	0.75
12	Элеваторы, транспортеры, шнеки, конвейеры сблокированные	0.55	0.75
13	Краны, тельферы при ПВ=25%	0.05	0.5
14	Краны, тельферы при ПВ=40%	0.1	0.5
15	Сварочные трансформаторы для ручной дуговой сварки и резки металлов	0.3	0.5
16	Сварочные машины шовные	0.35	0.7
17	Сварочные машины стыковые и точечные	0.35	0.6
18	Сварочные трансформаторы для автоматической и полуавтоматической дуговой сварки	0.35	0.5
19	Однопостовые сварочные двигатель-генератор	0.3	0.6
20	Многопостовые сварочные двигатель-генераторы	0.5	0.7
21	Машины для сварки трением	0.6	0.8
22	Печи сопротивления с непрерывной (автоматической) загрузкой, сушильные шкафы	0.8	0.95
23	Печи сопротивления с периодической загрузкой	0.5	0.85
24	Печи сопротивления с неавтоматической загрузкой изделий	0.5	0.95
25	Мелкие нагревательные приборы	0.6	1
26	Индукционные печи низкой частоты	0.7	0.95
27	Двигатель-генераторы индукционных печей высокой частоты	0.7	0.8
28	Ламповые генераторы индукционных печей высокой частоты	0.7	0.65
29	Тиристорные преобразователи установок ТВЧ	0.7	0.65

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
30	Дуговые сталеплавильные печи емкостью от 3 до 10 т с автоматическим регулированием электродов для качественных сталей с механизированной загрузкой	0.75	0.9
31	Дуговые сталеплавильные печи емкостью от 3 до 10 т с автоматическим регулированием электродов для качественных сталей без механизированной загрузки	0.6	0.87
32	Дуговые сталеплавильные печи емкостью от 3 до 10 т с автоматическим регулированием электродов для фасонного литья с механизированной загрузкой	0.75	0.9
33	Дуговые сталеплавильные печи емкостью от 3 до 10 т с автоматическим регулированием электродов для фасонного литья без механизированной загрузки	0.65	0.87
34	Дуговые сталеплавильные печи емкостью от 0,5 до 1,0 т для фасонного литья (в подсобных цехах с автоматическим регулированием электродов)	0.5	0.8
35	Дуговые печи цветного металла (медные сплавы) емкостью от 0,25 до 0,5 т с ручным регулированием электродов	0.7	0.75
36	Вспомогательные механизмы дуговых печей и печей сопротивления	0.12	0.65
37	Насосы, компрессоры, двигатель-генераторы	0.7	0.85
38	Вентиляторы, эксгаустеры, вентиляционное оборудование	0.65	0.8
39	Насосы, компрессоры с синхронными электродвигателями	0.7	0.9
40	Станки автоматических линий механических цехов	0.3	0.65
41	Станки автоматических линий, рассчитанные по циклограмме	0.4	0.65
42	Литейное оборудование: очистные барабаны, бегуны, выбивные решетки, зачистные машины, пескометы, дробеметные камеры и др.	0.5	0.65
43	Печи сопротивления с автоматической загрузкой напряжением 380 В	0.7	1
44	Печи сопротивления с автоматической загрузкой с трансформаторами 380/220 В	0.7	0.85
45	Печи сопротивления с неавтоматической загрузкой напряжением 380 В	0.5	1
46	Печи сопротивления с неавтоматической загрузкой с трансформаторами 380/220 В	0.5	0.95
47	Выпрямители гальванических ванн	0.7	0.8
48	Нагреватели гальванических ванн	0.6	1
49	Установки автоматической дуговой сварки, комплектующие выпрямителями	0.35	0.8
50	Установки ручной дуговой сварки и резки металлов, комплектующие выпрямителями	0.3	0.8
51	Установки автоматической дуговой сварки, комплектующие преобразователями	0.35	0.7
52	Установки ручной дуговой сварки и резки металлов, комплектующие преобразователями	0.3	0.7
53	Зарядные агрегаты аккумуляторов	0.7	0.65
54	Оборудование вычислительных центров ЭВМ	0.4	0.6
55	Электродвигатели хорошо загруженных непрерывно работающих механизмов: вентиляторов, насосов, центрифуг и т.п.	0.65	0.8
56	Электродвигатели индивидуального привода станков нормального режима работы: токарных фрезерных, сверлильных, карусельных, строгальных, долбежных и т.п.	0.14	0.65
57	Электродвигатели индивидуального привода станков тяжелого режима работы: зубофрезерных, обдирочных, револьверных автоматов, штамповочных эксцентриковых прессов, станков, автоматов, агрегатных станков и т.п.	0.2	0.65

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
<b>Автомобильная промышленность</b>			
58	Электродвигатели индивидуального привода станков особо тяжелого режима работы: очистные и галтовочные барабаны, бегуны, шаровые мельницы, кривошипные рессы, ковочные машины, выбивные решетки и т.п.	0.24	0.65
59	Автоматические поточные линии механо-обработки	0.4	0.65
60	Автоматические лоточные линии кузнечного производства	0.55	0.7
61	Электродвигатели индивидуального привода станков особо тяжелого режима работы: очистные и галтовочные барабаны, бегуны, шаровые мельницы, кривошипные рессы, ковочные машины, выбивные решетки и т.п.	0.24	0.65
62	Автоматические лоточные линии сварочного производства	0.4	0.6
63	Электродвигатели повторно-кратковременного режима работы: кранов, тельферов, кран-балок, подъемников, вспомогательных двигателей, рольгангов, подъемных столов, редукторов для открывания фромуг и т.п. в механических, сборочных и им подобных цехах для ПВ=25%	0.06	0.45
64	Электродвигатели повторно-кратковременного режима работы: кранов, тельферов, кран-балок, подъемников, вспомогательных двигателей, рольгангов, подъемных столов, редукторов для открывания фромуг и т.п. в литейных, кузнечных и им подобных цехах для ПВ=40%	0.1	0.5
65	Электродвигатели механизмов непрерывного транспорта: транспортеры, элеваторы, конвейеры и т.п., несблокированные	0.4	0.7
66	Электродвигатели механизмов непрерывного транспорта: транспортеры, элеваторы, конвейеры и т.п., сблочные	0.5	0.75
67	Электрические печи сопротивления, нагревательные аппараты, сушильные шкафы, камеры сушки, ванны и т.п. периодического действия	0.5	0.95
68	Электрические печи сопротивления, нагревательные аппараты, сушильные шкафы, камеры сушки, ванны и т.п. непрерывного действия	0.7	0.95
69	Печи индукционные низкой частоты	0.75	0.85
70	Генераторы высокой частоты одномашинные	0.65	0.8
71	Дуговые сталеплавильные печи емкостью от 3 до 10 т с автоматическим регулированием электродов, для качественных сталей и для фасонного литья, с механизированной загрузкой	0.7	0.9
72	Дуговые сталеплавильные печи емкостью 0,5-1,5 т для фасонного литья с автоматическим регулированием электродов без механизированной загрузки	0.5	0.8
73	Рудотермические печи с трехфазными трансформаторами 6, 7,5 и 9 кВА	0.7	0.9
74	Мелкие нагревательные приборы	0.3	0.95
75	Сварочные трансформаторы дуговой ручной сварки: однопостовой	0.2	0.35
76	Сварочные трансформаторы дуговой ручной сварки: многопостовой	0.3	0.4
78	Автоматы и машины дуговой сварки	0.4	0.65
79	Сварочные машины шовные	0.25	0.65

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
80	Сварочные двигатель-генераторы: однопостовы е	0.3	0.65
81	Сварочные двигатель-генераторы: многопостовые	0.5	0.75
82	Дуговая сварка постоянным током с полупроводниковыми выпрямителями ручная: однопостовая	0.35	0.5
83	Шлифовальные станки шарикоподшипниковых заводов	0.3	0.65
84	Электронно-вычислительные машины и счетно-решающие устройства	0.15	0.6
85	Выпрямительные устройства гальвано-цехов на полупроводниковых выпрямителях	0.6	0.8
86	Электроосвещение	0.85	0.95
87	Лифты грузовые	0.2	0.6
88	Станки-качалки высоко- и среднедебитные скважин (свыше 10 т/сутки) нефти	0.35	0.4
89	Станки-качалки низкодебитных скважин (менее 10 т/сутки нефти)	0.25	0.35
90	Конвейеры легкие мощностью до 10 кВт	0.5	-
91	Рольганги стана 250-1	0.1	-
92	Дробилки молотковые 1	0.85	0.65
93	Сварочные двигатель-генераторы: многопостовые	0.5	0.75
94	Дуговая сварка постоянным током с полупроводниковыми выпрямителями ручная: однопостовая	0.35	0.5
95	Дуговая сварка постоянным током с полупроводниковыми выпрямителями ручная: многопостовая	0.45	0.5
96	Нагреватели заклепок	0.35	0.55
97	Контактный нагрев под штамповку	0.5	0.65
98	Контактные машины	0.6	0.7
99	Многошпиндельные автоматы для изготовления деталей из прутков	0.2	0.5
100	Шлифовальные станки шарикоподшипниковых заводов	0.3	0.65
101	Испытательные стенды мелкомоторные	0.2	0.65
102	Испытательные стенды крупномоторные	0.25	0.6
103	Мелкомоторные испытательные лабораторные установки и приборы	0.1	0.5
104	Электронно-вычислительные машины и счетно-решающие устройства	0.15	0.6
105	Устройства электропитания радио-трансляционных узлов, узлов связи и т.п.	0.6	0.75
106	Преобразовательные агрегатных станций, автокар, аккумуляторов автомашин и т.п.	0.5	0.7
107	Выпрямительные устройства гальвано-цехов на полупроводниковых выпрямителях	0.6	0.8
108	Электроосвещение	0.85	0.95
Приборостроительная промышленность			
109	Линия изготовления тары из полистирола	0.6	0.85
110	Машины для сварки полимеров	0.5	1
111	Краны-штабелеры	0.1	0.5
112	Стеллажи механизированные	0.4	0.75
113	Лифты грузовые	0.2	0.6
114	Лифты пассажирские	0.15	0.55
115	Приводы открывания ворот	0.05	0.75
116	Установки приготовления защитной атмосферы: нагреватели	0.5	0.85
117	Установки приготовления защитной атмосферы: вентиляторы	0.7	0.8
118	Окрасочное, моечное и сушильное оборудование: Установки ультразвуковой очистки	0.7	0.7

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
119	Окрасочное, моечное и сушильное оборудование: Установки моечные с подогревом	0.6	0.7
120	Окрасочное, моечное и сушильное оборудование: Установки моечные полуавтомат	0.7	0.65
130	Установки постоянного тока: Линия осветления сплава	0.6	0.85
131	Установки постоянного тока: Линия отмывки плат	0.7	0.85
132	Установки постоянного тока: Регенератор	0.7	0.8
133	Установки постоянного тока: Установка химического травления	0.65	0.85
134	Установки постоянного тока: Установка лужения плат	0.6	0.85
135	Установки постоянного тока: Модуль проявления	0.65	0.8
136	Установки постоянного тока: Модуль окрашивания	0.5	0.65
137	Установки постоянного тока: Модуль промывки	0.7	0.85
138	Установки постоянного тока: Модуль химического дублирования	0.65	0.8
139	Установки постоянного тока: Полуавтомат трафарет печати	0.5	0.65
140	Камера тепла и влаги: Насос	0.7	0.8
141	Камера тепла и влаги: Нагрев	0.5	0.85
142	Камера тепла и влаги: Выпрямитель	0.7	0.8
143	Камера тепла и влаги: Устройство автоматической загрузки	0.55	0.75
144	Камера тепла и влаги: Установка механической зачистки	0.12	0.4
145	Камера тепла и влаги: Установка приготовления эмульсии	0.7	0.8
146	Термобарокамера: Насос	0.7	0.8
147	Термобарокамера: Нагрев	0.5	0.85
148	Установка моечной вибрации	0.7	0.8
149	Барaban галтовочный	0.5	0.65
150	Ванны	0.6	0.8
151	Смеситель эмульсии	0.3	0.85
152	Фильтр	0.35	0.85
153	Дистиллятор	0.7	0.9
154	Линия транспортных подвесок	0.55	0.75
155	Ванны	0.5	0.8
156	Модульные линии	0.5	0.8
157	Линии гальванопокрытий	0.5	0.8
158	Установка нанесения фоторезиста	0.6	0.85
159	Установка экспонирования	0.6	0.85
160	Установка нанесения сплава	0.6	0.85
161	Установка снятия фоторезиста	0.65	0.8
162	Установка проявления	0.65	0.8
163	Установка травления печатных плат	0.65	0.8
164	Установка оплавления	0.6	0.85
165	Установка струйная	0.6	0.85
166	Установка снятия краски	0.65	0.85
167	Установка узг. промывки плат	0.7	0.85
168	Линия химической металлизации	0.6	0.8
169	Установка печати	0.5	0.7
170	Выпрямители для зарядной	0.5	0.8
171	Аппарат А М	0.7	0.85
172	Приводы	0.7	0.85
173	Оборудование по подготовке проводов, кабелей	0.7	0.85
174	Оборудование по подготовке микросхем	0.7	0.85
175	Стенды	0.7	0.85
176	Термобарокамера	0.7	0.85
177	Контрольно-испытательное оборудование	0.7	0.85
178	Оборудование автоматизированной сборки плат	0.7	0.85
179	Оборудование автоматизированной пайки плат	0.7	0.85
180	Оборудование намоточное	0.7	0.85

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
181	Оборудование пропитки и заливки	0.7	0.85
182	Прессы	0.17	0.65
183	Станки	0.12	0.4
184	Приборы	0.3	0.8
185	Стенды	0.85	0.85
186	Машина для статических испытаний	0.7	0.85
187	Электроинструмент	0.06	0.5
188	Лабораторные приборы	0.5	0.9
189	Стол с подсветом	0.6	1
190	Щиты автоматики	1	1
191	Электроосвещение	0.95	0.95
192	Вычислительные комплексы при числе 3 и более	0.85	0.8
Нефтяная и нефтеперерабатывающая промышленность			
193	Электропогружные насосы мощностью до 35 кВт	0.95	0.7
194	Электропогружные насосы мощностью свыше 35 кВт	0.8	0.75
195	Станки-качалки высоко- и среднедебитные скважин (свыше 10 т/сутки) нефти	0.35	0.4
196	Станки-качалки низкодебитных скважин (менее 10 т/сутки нефти)	0.25	0.35
197	Насосы перекачки нефти со сборных пунктов на товарные парки	0.4	0.85
198	Насосы перекачки нефти с товарных парков потребителю	0.7	0.8
199	Насосы подачи воды для нужд законтурного обводнения	0.7	0.85
200	Насосы подачи воды в пласт	0.75	0.9
201	Прочее электрооборудование 0,4 кВ	0.7	0.7
202	Каталитический риформинг: Насосы	0.88	0.9
203	Каталитический риформинг: Вентиляторы	0.78	0.71
204	Каталитический риформинг: Газовые компрессоры	0.61	0.94
205	Каталитический риформинг: Воздуходувки, газодувки	0.7	0.81
206	Деасфальтизация: Насосы	0.78	0.89
207	Деасфальтизация: Вентиляторы	0.5	0.72
208	Деасфальтизация: Газовые компрессоры	0.47	0.8
209	Депарафинизация: Насосы	0.85	0.9
210	Депарафинизация: Вентиляторы	0.58	0.67
211	Депарафинизация: Газовые компрессоры	0.73	0.93
212	Селективная очистка: Насосы	0.81	0.85
213	Селективная очистка: Вентиляторы	0.66	0.69
214	Измельчение сумматорных ксилолов: Насосы	0.62	0.87
215	Измельчение сумматорных ксилолов: Вентиляторы	0.63	0.7
Электротехническая промышленность			
216	Бараны смесительные и сушильные скрубберы	0.7	-
217	Электромагнитные сепараторы индивидуальные	0.4	-
218	Двигатель-генераторы	0.7	-
219	Электровибрационные машины	0.8	-
220	Кузнечные машины (механизмы кузнечных цехов)	0.35	-
221	Литейные машины, очистные и кантовочные барабаны, бегуны, шаровые мельницы и т.п.	0.3	-
222	Заварочные откачные автомашины	0.6	-
223	Откачные посты (стенды)	0.5	-
224	Автоматы для спекания штабиков (вольфрама, молибдена, тантала и т.п.)	0.4	-
225	Сварочные автоматы	0.2	-
226	Высокочастотный генератор	0.5	-
227	Вакуум-пропиточные установки	0.4	-
228	Двигатель-генератор сетевой мощностью до 25 кВт	0.7	-
229	Двигатель-генератор сетевой мощностью от 25 до 100 кВт	0.65	-
230	Двигатель-генератор сетевой мощностью свыше 100 кВт	0.3	-



№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
231	Двигатель-генератор для индивидуального питания стендов до 25 кВт	0.5	-
232	Двигатель-генератор для индивидуального питания стендов от 25 до 100 кВт	0.2	-
233	Двигатель-генератор для индивидуального питания стендов свыше 100 кВт	0.2	-
234	Индукционные регуляторы сетевые	0.6	-
235	Индукционные регуляторы индивидуальные	0.2	-
236	Выпрямители полупроводниковые	0.4	-
237	Выпрямители ртутные	-	-
238	Автотрансформаторы индивидуальные	0.2	-
239	Автотрансформаторы сетевые	0.6	-
240	Трансформаторы индивидуальные	0.15	-
241	Трансформаторы сетевые	0.6	-
242	Тренировочные стенды	0.6	-
243	Установка для испытания на пробой	0.1	-
244	Лабораторное оборудование	0.25	-
245	Испытательные стенды для бытового электрооборудования	-	-
246	Испытательные стенды для полупроводниковых вентиляей	-	-
247	Испытательные стенды для крупных изделий	-	-
248	Вибростенды	-	-
249	Камеры испытательные	-	-
250	Камеры климатических испытаний	-	-
251	Камеры полупроводникового производства	-	-
252	Металлорежущие станки мелкосерийного производства с нормальным режимом работы: мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные карусельные, точильные и т.п.	0.14	-
253	Металлорежущие станки крупносерийного производства с нормальным режимом работы: мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные карусельные, точильные и т.п.	0.17	-
254	Металлорежущие станки мелкосерийного производства с особо тяжелым режимом работы, а также привода молотков, ковочных машин, волочильных станков и др.	0.24	-
255	Сварочные трансформаторы для ручной дуговой электросварки	0.35	-
256	Сварочные трансформаторы для автоматической дуговой сварки	0.5	-
257	Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0.3	-
258	Сварочные малины (нагреватели заклепок)	0.35	-
259	Сушильные камеры периодического действия	0.55	-
260	Стекольные печи для плавки кварцевого стекла	0.75	-
261	Высокочастотные печи для вытяжки кварцевых трубок	0.8	-
262	Печи сопротивления с непрерывной загрузкой, конвейерные, толкательные	-	-
263	Печи сопротивления с периодической загрузкой	0.6	-
264	Нагревательные аппараты	0.6	-
265	Сушильные шкафы	0.75	-
266	Элеваторы ковшовые, вертикальные и наклонные, шнеки, конвейеры и т.п. несблокированные	0.4	-
267	Элеваторы ковшовые, вертикальные и наклонные, шнеки, конвейеры и т.п. заблокированные	0.55	-
Черная металлургия			
268	Питатели пластинчатые, барабанные, дисковые и т.п.	0.4	-
269	Конвейеры легкие мощностью до 10 кВт	0.5	-
270	Конвейеры легкие мощностью свыше 10 кВт	-	-

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности (cosφ)
271	Транспортёры ленточные	0.65	-
272	Транспортеры винтовые	0.65	-
273	Дробилки шнековые и конусные для крупного дробления	0.4	-
274	Дробилки шнековые и конусные для среднего дробления	0.7	-
275	Дробилки конусные для мелкого дробления, валковые и молотковые мощностью до 100 кВт	0.8	-
276	Дробилки конусные для мелкого дробления, валковые и молотковые мощностью свыше 100 кВт	0.85	-
277	Грохоты	0.6	-
278	Мельницы шаровые	0.9	-
279	Грейферные краны	0.35	-
280	Магнитные краны	0.5	-
281	Штабеллеры	0.16	-
282	Скиповый подъемник	0.05	-
283	Электротележки	0.1	-
284	Вентиляторы санитарно-гигиенической вентиляции	0.65	-
285	Вентиляторы производственные	0.85	-
286	Вентиляторы к стекальным печам	-	-
287	Вентиляторы к дробилкам	0.45	-
288	Насосы водяные	0.8	-
289	Насосы песковые	0.9	-
290	Вакуум насосы	0.9	-
291	Насосы автоматизированных артскважин	0.65	-
292	Дымососы	0.9	-
293	Газодувки	0.8	-
294	Воздуходувки	0.7	-
295	Компрессоры	0.65	-
296	Транспортеры	0.7	0.65
297	Транспортеры катучие	0.3	0.75
298	Питатели пластинчатые и ленточные	0.45	0.75
299	Дробилки молотковые	0.8	0.8
300	Дозировочные столы	0.25	0.5
301	Штабелеры	0.16	0.75
302	Углеперегрузатели	0.14	0.5
303	Коксовыталкиватели	0.1	0.75
304	Загрузочные вагоны	0.3	0.6
305	Двересъемные машины	0.25	0.7
306	Электровозы сушильных машин вагонов	0.16	0.75
307	Скиповые подъемники	0.05	0.5
308	Кабестаны	0.5	0.7
309	Вагоноопрокидыватели	0.45	0.6
310	Вентиляторы	0.95	0.87
311	Вентиляторы газовых горелок	0.65	0.85
312	Вращающиеся распределители	0.03	0.7
313	Грохоты кокса и затворы	0.12	0.5
314	Разливочные машины	0.3	0.6
315	Бегуны	0.7	0.65
316	Воздухонагреватели	0.5	0.82
317	Газоочистка	0.7	0.7
318	Краны рудного двора	0.35	0.7
319	Грейферные краны	0.35	-
320	Насосы питательные мартеновского цеха	0.9	0.9
321	Дымососы мартеновского цеха	0.9	0.9
322	Печные заслонки мартеновских печей	0.25	0.6
323	Вентиляторы принудительного дутья	0.7	0.8
324	Магнитные краны	0.5	-
325	Краны разливочные мартеновского цеха	0.22	-

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
326	Краны заливочные мартеновского цеха	0.2	0.6
327	Завалочные машины	0.35	-
328	Краны двора изложниц	0.4	0.4
329	Насосы высокого давления охлаждения форм	0.9	0.9
330	Преобразователи привода наклона конвертора	0.25	-
331	Сталевозные и шлаковозные тележки	0.1	-
332	Вентиляторы	0.7	0.8
333	Разливочные краны	0.22	0.6
334	Заливочные краны	0.2	0.6
335	Механизмы систем подачи сыпучих	0.5	0.75
336	Дымососы: односкоростные с синхронными двигателями	0.9	0.9
337	Дымососы: двухскоростные с синхронными двигателями	0.6	0.7
338	Рольганги раскатные	0.3	0.6
339	Рольганги индивидуальные	0.15	-
340	Рольганги у ножниц	0.22	-
341	Рольганги приемные	0.34	-
342	Рольганги у весов	0.3	-
343	Рольганги центральные	0.1	0.88
344	Рольганги станинные	0.2	-
345	Рольганги отводящие	0.25	-
346	Рольганги стана 250-1	0.1	-
347	Рольганги стана 140	0.15	-
348	Рольганги в среднем	0.17	-
349	Роликоправильные машины	0.15	-
350	Преобразователи частоты рольгангов	0.5	-
351	Кантователи	0.2	0.7
352	Кантователи основной и дополнительной клетки стана 300	0.35	-
353	Манипуляторы, нажимные устройства	0.2	-
354	Сталкиватели	0.12	-
355	Толкатели слябов	0.32	-
356	Штабелирующие столы	0.1	0.8
357	Вентиляторы машинных залов	0.65	0.8
358	Вентиляторы прокатных станов	0.75	0.9
359	Краны отделения разделения слитков	0.3	-
360	Клещевые (колодезные) краны прокатного цеха	0.6	-
361	Транспортеры обрезков-слябов	0.22	-
362	Транспортные краны готовой продукции	0.45	0.6
363	Конвейеры	0.35	0.7
364	Краны отделения заготовок	0.45	0.6
365	Шарнир-краны	0.3	0.6
366	Слитковозы	0.2	-
367	Трансферкары, привод	0.45	-
368	Подъемные- столы, толкатели	0.15	-
369	Двигатели крышек	0.1	0.65
370	Ножницы холодной резки	0.45	0.65
371	Пилы и ножницы горячей резки	0.15	0.9
372	Ножницы блюминга	0.25	0.5
373	Транспортеры ножниц	0.25	0.9
374	Ножницы района холодильника	0.3	0.5
375	Вращение и перемещение пил горячей резки	0.5	-
376	Роликоправильные машины	0.15	-
377	Направляющие линейки и нажимные механизмы чистовых клетей	0.01	0.75
378	Тянущие ролики моталок	0.4	-
379	Гильотинные ножницы	0.13	0.5
380	Шлеппера	0.25	0.7

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
381	Крышки нагревательных колодцев, шиберы, перекидка клапанов, заслонки нагревательных печей, тарельчатые клапаны	0.1	0.6
382	Механизмы качания кристаллизатора	0.6	0.8
383	Тянущая клеть	0.7	0.8
384	Механизмы газовой резки	0.5	0.7
385	Механизмы уборки отрезанных слитков	0.5	0.6
386	Технологические вентиляторы	0.8	0.8
387	Насосы насосно-аккумуляторной станции	0.6	0.8
388	Транспортеры, элеваторы, питатели	0.5	0.7
389	Задувки	0.8	0.9
390	Насосы, дымососы	0.7	0.85
391	Краны	0.2	0.6
392	Механизмы открывания фрамуг	0.02	0.5
393	Вспомогательные механизмы печей	0.12	0.6
394	Очистные барабаны	0.25	0.65
395	Дробилки, грохоты	0.7	0.8
396	Дробилки молотковые 1	0.8	0.85
397	Дробилки молотковые 2	0.7	0.8
398	Мельницы шаровые	0.8	0.8
399	Мельницы стержневые	0.7	0.75
400	Грохоты	0.6	0.7
401	Конвейеры до 10 кВт	0.5	0.8
402	Конвейеры свыше 10 кВт	0.75	0.85
403	Питатели пластинчатые, тарельчатые, барабанные, дисковые	0.4	0.6
404	Элеваторы, шнеки	0.6	0.7
405	Механизмы вращающихся печей	0.6	0.7
406	Дымососы печей	0.7	0.8
407	Краны, электролафеты	0.2	0.7
408	Толкатели туннельных печей	0.2	0.5
409	Прессы гидравлические и функциональные	0.65	0.8
410	Насосно-аккумуляторные станции	0.7	0.8
411	Электрофильтры	0.5	0.7
412	Механизмы шлеуборки	0.46	0.85
413	Сушильные барабаны	0.6	0.7
414	Магнитные сепараторы	0.4	-
415	Печи сопротивления с непрерывной загрузкой	0.8	0.98
416	Печи сопротивления с периодической загрузкой	0.6	0.98
417	Печи сопротивления с автоматической загрузкой изделий, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0.8	0.98
418	Дуговые сталеплавильные печи емкостью 3-20 т с автоматическим регулированием электродов: а) для качественных сталей с механизированной загрузкой	0.75	0.9
419	Дуговые сталеплавильные печи емкостью 3-20 т с автоматическим регулированием электродов: б) для качественных сталей без механизированной загрузки	0.6	0.87
420	Дуговые сталеплавильные печи емкостью 3-20 т с автоматическим регулированием электродов: в) для фасонного литья с механизированной загрузкой	0.75	0.9
421	Дуговые сталеплавильные печи емкостью 3-20 т с автоматическим регулированием электродов: г) для фасонного литья без механизированной загрузки	0.65	0.87
422	Дуговые сталеплавильные печи емкостью 0,5-1,5 т для фасонного литья (во вспомогательных цехах электродов)	0.5	0.8
423	Дуговые печи цветного литья (медные сплавы) емкостью 0,25-0,5 т с ручным регулированием электродов	0.7	0.75

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
424	Руднотермические печи с трехфазными трансформаторами 6, 7,5 и 9 МВА	0.9	0.9
425	Сушильные шкафы	0.8	1
426	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМНЦУ Типоисполнение печи I: Диаметр кристаллизатора 160 мм, рабочий ток 3-3,6 кА	0.4	-
427	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМНЦУ Типоисполнение печи I: Диаметр кристаллизатора 160 мм, рабочий ток 3-3,6 кА	0.1	-
428	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМНЦУ Типоисполнение печи I: Диаметр кристаллизатора 320 мм, рабочий ток 5-7 кА	0.13	-
429	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМНЦУ Типоисполнение печи I: Диаметр кристаллизатора 320 мм, рабочий ток 8-9 кА	0.16	-
430	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМНЦУ Типоисполнение печи II: Диаметр кристаллизатора 400 мм, рабочий ток 5-7 кА	0.13	-
431	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМНЦУ Типоисполнение печи II: Диаметр кристаллизатора 400 мм, рабочий ток 8-9 кА	0.17	-
432	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМНЦУ Типоисполнение печи III: Диаметр кристаллизатора 400 мм, рабочий ток 5-7 кА	0.07	-
433	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМНЦУ Типоисполнение печи III: Диаметр кристаллизатора 400 мм, рабочий ток 8-9 кА	0.14	-
434	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМНЦУ Типоисполнение печи III: Диаметр кристаллизатора 630 мм, рабочий ток 8-9 кА	0.14	-
435	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМПУ Типоисполнение печи I: Диаметр кристаллизатора 160 мм, рабочий ток 3-3,6 кА	0.06	-
436	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМПУ Типоисполнение печи I: Диаметр кристаллизатора 320 мм, рабочий ток 3-3,6 кА	0.16	-
437	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМПУ Типоисполнение печи I: Диаметр кристаллизатора 320 мм, рабочий ток 5-7 кА	0.2	-
438	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМПУ Типоисполнение печи I: Диаметр кристаллизатора 320 мм, рабочий ток 8-9 кА	0.25	-
439	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМПУ Типоисполнение печи II: Диаметр кристаллизатора 400 мм, рабочий ток 5-7 кА	0.2	-
440	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМПУ Типоисполнение печи II: Диаметр кристаллизатора 400 мм, рабочий ток 8-9 кА	0.27	-
441	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМПУ Типоисполнение печи III: Диаметр кристаллизатора 400 мм, рабочий ток 5-7 кА	0.11	-
442	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМПУ Типоисполнение печи III: Диаметр кристаллизатора 400 мм, рабочий ток 8-9 кА	0.16	-
443	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМПУ Типоисполнение печи III: Диаметр кристаллизатора 630 мм, рабочий ток 8-9 кА	0.22	-
444	Мелкие нагревательные приборы	0.6	1

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
445	Сварочные трансформаторы электросварки: а) однопостовой	0.2	0.4
446	Сварочные трансформаторы электросварки: б) многопостовой	0.25	0.45
447	Сварочные трансформаторы автоматической сварки	0.4	0.5
448	Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0.3	0.65
449	Многопостовые сварочные двигатель-генераторы	0.5	0.75
450	Сварочные машины шовные	0.5	0.7
451	Сварочные машины стыковые и точечные	0.25	0.6
452	Сварочные дуговые автоматы типа АДС	0.35	0.5
453	Сварочные трансформаторы дуговой электросварки	0.2	0.4
454	Ламповые генераторы индукционных печей высокой частоты	-	0.65
455	Двигатель-генераторы индукционных печей высокой частоты	-	0.8
456	Насосы	0.7	0.85
457	Компрессоры	0.65	0.8
458	Механическое станочное оборудование	0.16	0.6
459	Деревообрабатывающие станки	0.55	0.75
460	Котельная	0.6	0.75
461	Сантехвентиляция	0.7	0.8
462	Внутреннее освещение производственных цехов	0.95	1
443	Вакуумные дуговые печи с преобразовательными трансформаторами ТМПУ Типоисполнение печи III: Диаметр кристаллизатора 630 мм, рабочий ток 8-9 кА	0.22	-
444	Мелкие нагревательные приборы	0.6	1
445	Сварочные трансформаторы электросварки: а) однопостовой	0.2	0.4
446	Сварочные трансформаторы электросварки: б) многопостовой	0.25	0.45
447	Сварочные трансформаторы автоматической сварки	0.4	0.5
448	Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0.3	0.65
449	Многопостовые сварочные двигатель-генераторы	0.5	0.75
450	Сварочные машины шовные	0.5	0.7
451	Сварочные машины стыковые и точечные	0.25	0.6
452	Сварочные дуговые автоматы типа АДС	0.35	0.5
453	Сварочные трансформаторы дуговой электросварки	0.2	0.4
454	Ламповые генераторы индукционных печей высокой частоты	-	0.65
455	Двигатель-генераторы индукционных печей высокой частоты	-	0.8
456	Насосы	0.7	0.85
457	Компрессоры	0.65	0.8
458	Механическое станочное оборудование	0.16	0.6
459	Деревообрабатывающие станки	0.55	0.75
460	Котельная	0.6	0.75
461	Сантехвентиляция	0.7	0.8
462	Внутреннее освещение производственных цехов	0.95	1
463	Внутреннее освещение вспомогательных цехов	0.9	1
464	Волоочильные станы	0.45	0.87
465	Электропечи сопротивления для термической обработки	0.65	1
466	Производственные вентиляторы и воздуходувки	0.65	0.75
467	Центробежные насосы	0.6	0.7
468	Краны и тельферы	0.1	0.65
469	Сварочные аппараты	0.05	0.6
470	Калибровочное производство	0.5	0.78
471	-	0.65	1

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
472	Автоматические линии изготовления гаек, болтов, шурупов	0.4	0.7
473	Электроды сопротивления для термической обработки	0.6	1
474	Прокатное и отделочное отделения (станы)	0.4	0.85
475	Электроды сопротивления для термической обработки	0.6	1
476	Агрегаты непрерывного травления	0.45	0.8
477	Канатные машины	0.4	0.7
478	Прессовка и сушка электродов	0.46	0.8
479	Дробильно-сушильное отделение и смесители	0.45	0.7
480	Волоочильные станы порошковой проволоки	0.4	0.8
481	Вентиляторы пневмотранспорта	0.65	0.89
482	Плетельные станки	0.4	0.7
483	Сварочные автоматы	0.25	0.65
484	Автоматы	0.4	0.7
485	Насосы эмульсионного хозяйства	0.45	0.65
486	Агрегаты гальванических покрытий	0.6	0.78
487	Горячее покрытие (агрегат с электрованной оцинкования или лужения)	0.6	1
488	Воздуходувки для растворов	0.6	0.7
Горнодобывающая промышленность			
489	Компенсаторы стационарные мощностью до 200 кВт	0.75	0.75
490	Компенсаторы стационарные мощностью от 200 до 400 кВт	0.85	0.8
491	Компенсаторы стационарные мощностью свыше 400 кВт	0.9	0.8
492	Насосы мощностью до 50 кВт	0.7	0.75
493	Насосы мощностью от 50 до 200 кВт	0.75	0.8
494	Насосы мощностью от 200 до 400 кВт	0.8	0.8
495	Насосы мощностью свыше 400 кВт	0.9	0.85
496	Вентиляторы частичного проветривания	0.65	0.8
497	Вентиляторы главного проветривания мощностью до 200 кВт	0.7	0.8
498	Вентиляторы главного проветривания мощностью от 200 до 800 кВт	0.75	0.8
499	Вентиляторы главного проветривания мощностью свыше 800 кВт	0.8	0.9
500	Вентиляторы сантехнические	0.65	0.8
501	Ртутные выпрямители металлические	0.9	0.9
502	Ртутные выпрямители стеклянные	0.75	0.75
503	Селеновые выпрямители	0.8	0.8
504	Толкатели, опрокидыватели, качающиеся площадки	0.6	0.65
505	Шахтные двери, бункерные затворы	0.5	0.65
506	Дозаторы	0.5	0.65
507	Погрузочно-доставочные машины	0.65	0.65
508	Скребокковые конвейеры	0.6	0.65
509	Скреперные лебедки мощностью до 15 кВт	0.5	0.65
510	Скреперные лебедки мощностью свыше 15 кВт	0.65	0.65
511	Лебедки на материальных уклонах	0.6	0.65
512	Подъемники лифтовые	0.2	0.65
513	Клетевые подъемники	0.6	0.65
514	Скиповые подъемники	0.7	0.8
515	Электросверла ручные и колонковые	0.4	0.7
516	Станки вращательного бурения	0.5	0.7
517	Станки ударно-вращательного бурения	0.5	0.7

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования K <sub>и</sub>	Коэффициент мощности (cosφ)
518	Станки холодной обработки металлов	0.4	0.5
519	Механизмы обработки земли в литейных цехах	0.6	0.65
520	Горны	0.5	0.75
521	Сварочные двигатель-генераторы	0.6	0.75
522	Сварочные агрегаты	0.5	0.75
523	Сварочные трансформаторы	0.2	0.4
524	Электровибрационные механизмы	0.6	0.65
525	Вагоноопрокидыватели	0.45	0.6
526	Вакуум насосы	0.8	0.85
527	Лабораторное оборудование: электродвигатели	0.5	0.65
528	Лабораторное оборудование: нагревательные приборы	0.7	1
529	Краны мостовые, грейферные, кран-балки, тельферы, лифты	0.2	0.5
530	Печи сопротивления, нагревательные приборы, сушильные шкафы	0.8	1
531	Освещение стационарных подъемных выработок	1	1
532	Освещение участков горных работ	0.9	1
533	Экскаваторы одноковшовые с приводом на постоянном токе по системе ДГД на добыче при грунтах	1	0.75
534	Скреперные лебедки мощностью до 10 кВт	0.3	0.7
535	Скреперные лебедки мощностью свыше 15 кВт	0.6	0.7
536	Скреперные лебедки мощностью свыше 15 кВт	0.6	0.7
537	Лебедки маневровые и откаточные	0.55	0.75
538	Подъемы мощностью свыше 2000 кВт	0.35	0.5
539	Краны мостовые, грейферные, кран-балки, тельферы, лифты	0.35	0.5
540	Печи сопротивления, нагревательные приборы, сушильные шкафы	0.8	0.98
541	Выпрямители полупроводниковые	0.75	0.96
542	Выпрямители селеновые	0.8	0.8
543	Сварочные машины шовные	0.5	0.7
544	Сварочные машины стыковые и точечные	0.35	0.6
545	Сварочные двигатель-генераторы	0.3	0.65
546	Сварочные двигатель-генераторы для однопостовой сварки	0.3	0.65
547	Сварочные двигатель-генераторы для многопостовой сварки	0.5	0.75
548	Сварочные трансформаторы для однопостовой ручной сварки	0.2	0.4
549	Сварочные трансформаторы для многопостовой ручной сварки	0.25	0.45
550	Сварочные трансформаторы для автоматической сварки	0.4	0.5
551	Сварочные дуговые автоматы	0.35	0.5
552	Станки холодной обработки металлов	0.35	0.65
553	Лабораторное оборудование: электродвигатели	0.5	0.65
554	Лабораторное оборудование: нагревательные приборы	0.7	1
555	Освещение зданий на прикарьерной промплощадке	0.95	1
556	Освещение в карьере	1	1
557	Освещение территории прикарьерной промплощадки	1	1
558	Освещение территории прикарьерной промплощадки на вскрыше при грунтах	1	0.7
559	Экскаваторы одноковшовые с приводом на переменном токе при грунтах	1	0.88
560	Экскаваторы многоковшовые	0.75	0.8
561	Экскаваторы роторные	-	0.7
562	Отвалообразователи ленточные	-	0.65
563	Станки ударно-канатного бурения	0.6	0.65
564	Станки вращательного бурения	0.6	0.7
565	Компрессоры передвижные	0.7	0.8
566	Компрессоры стационарные мощностью до 200 кВт	0.7	0.8
567	Компрессоры стационарные мощностью от 200 до 400 кВт	0.8	0.8



№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования K <sub>и</sub>	Коэффициент мощности (cosφ)
568	Компрессоры стационарные мощностью свыше 400 кВт	0.9	0.8
569	Насосы мощностью до 50 кВт	0.7	0.75
570	Насосы мощностью от 50 до 200 кВт	0.75	0.8
571	Насосы мощностью от 200 до 500 кВт	0.8	0.8
572	Насосы мощностью свыше 500 кВт	0.9	0.85
573	Землесосы и песковые насосы мощностью до 50 кВт	0.8	0.8
574	Землесосы и песковые насосы мощностью свыше 50 кВт	0.85	0.8
575	Электровибрационные механизмы	0.8	0.65
576	Вакуум-насосы	0.8	0.75
577	Вентиляторы производственные	0.7	0.78
578	Вентиляторы главного проветривания мощностью от 200 до 800 кВт	0.8	0.8
579	Вентиляторы главного проветривания мощностью свыше 800 кВт	0.9	0.85
580	Вентиляторы сантехнические	0.65	0.8
581	Насосы производственного водоснабжения	0.8	0.85
582	Насосы песковые производственные	0.75	0.8
583	Насосы песковые дренажные	0.8	0.8
584	Насосы песковые для перекачки хвостов и оборотного водоснабжения	0.8	0.8
585	Вакуум-насосы	0.95	0.85
586	Насосы масляные	0.65	0.75
587	Аглоэксгаустеры для лент 75 кв.м.	0.85	0.9
588	Аглоэксгаустеры для лент 50 кв.м.	0.75	0.9
589	Вентиляторы производственные воздуходувки, дымососы	0.75	0.8
590	Вентиляторы сантехнические	0.8	0.8
591	Вентиляторы к дробилкам	0.5	0.75
592	Компрессоры стационарные мощностью до 200 кВт	0.75	0.75
593	Компрессоры стационарные мощностью от 200 до 400 кВт	0.9	0.8
594	Дробилки крупного дробления, щековые и конусные с двухдвигательным приводом	0.7	0.6
595	Дробилки конусные крупного, дробления с однодвигательным приводом, дробилки конусные среднего дробления	0.7	0.75
596	Дробилки короткоконусные мелкого дробления	0.7	0.75
597	Дробилки одновалковые и четырехвалковые мелкого дробления	0.7	0.75
598	Дробилки молотковые	0.78	0.9
599	Дробилки четырехвалковые	0.85	0.85
600	Мельницы шаровые	0.9	0.9
601	Мельницы шаровые и стержневые II и III стадий дробления	0.8	0.9
602	Мельницы мощностью до 100 кВт	0.8	0.75
603	Мельницы самоизмельчения 7,5 x 2,5 м	0.75	0.9
604	Грохоты разные	0.5	0.65
605	Грохоты барабанные	0.65	0.75
606	Механизмы вращающихся печей	0.6	0.7
607	Дымососы печей	0.7	0.8
608	Вспомогательные механизмы конвейеров	0.15	0.5
609	Вагоноопрокидыватели	0.45	0.6
610	Конвейеры ленточные легкие с двигателями до 10 кВт	0.6	0.7
611	Конвейеры ленточные легкие с двигателями свыше 10 кВт	0.75	0.75
612	Питатели ленточные, улитковые, тарельчатые, лотковые с двигателями до 10 кВт, шаропитатели, электромагнитные и магнитные сепараторы	0.4	0.65
613	Питатели, конвейеры электровибрационные, грохоты	0.98	0.65
614	Конвейеры корпуса крупного дробления	0.5	0.7
615	Вспомогательные механизмы конвейеров	0.15	0.5

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования К <sub>и</sub>	Коэффициент мощности (cosφ)
616	Конвейеры тяжелые с шириной ленты до 1400 мм	0.7	0.75
617	Конвейеры сверхтяжелые с шириной ленты от 1600 до 2000 мм	0.8	0.85
618	Питатели пластинчатые тарельчатые, лотковые мощностью свыше 10 кВт, шнеки, элеваторы, механические топки	0.7	0.8
619	Сгустители	0.7	0.8
620	Барабаны смесительные	0.7	0.8
621	Чашевые охладители	0.7	0.85
622	Столы концентрационные, чаны контактные и реагентные	0.6	0.7
623	Сушильные барабаны и сепараторы	0.6	0.8
624	Классификаторы спиральные	0.7	0.8
625	Отсадочные машины, шлюзы	0.6	0.7
626	Классификаторы речные	0.6	0.7
627	Мешкозашивочные машины, фильтры весовые дозаторы, погрузчики концентрата	0.3	0.6
628	Флотационные машины механические и пневмомеханические	0.9	0.8
629	Вакуум-фильтры	0.4	0.6
630	Электрофильтры	0.4	0.87
631	Сепараторы электромагнитные и магнитные барабанные (привод барабана)	0.75	0.75
632	Магнитные сепараторы индивидуальные	0.4	-
633	Сепараторы, электромагнитные разные. Нагрузки на обработку, возбуждения со стороны переменного тока по отношению к номинальной мощности электромагнитов сепаратора	39814	0.875
634	Реагентные питатели, опробователи	0.3	0.5
635	Печи сушильные барабанные, смесители, промывочные барабаны, окомкователи, корытные мойки (логоушеры)	0.75	0.8
636	Преобразовательные агрегаты электрофильтров	0.6	0.85
637	Печи обжиговые: для двигателей постоянного тока	0.8	1
638	Печи обжиговые: для двигателей переменного тока	0.8	0.85
639	Тиристорные преобразователи для возбуждателей синхронных двигателей	0.8	0.5
640	Тиристорные преобразователи частоты	0.7	0.7
641	Двигатель-генераторы	0.7	0.8
642	Сварочные трансформаторы	0.2	0.4
643	Лебедки разные	0.3	0.5
644	Вулканизационные аппараты	0.97	1
645	Электроковши, электрогрелки	0.95	1
646	Металлообрабатывающие станки	0.2	0.5
647	Сушильные шкафы	0.75	1
648	Лабораторное оборудование	0.5	0.8
649	Печи сушильные (омические)	1	1
650	Нагревательные приборы	0.7	
651	Краны грейферные	0.3	0.6
652	Краны разные	0.2	0.6
653	Электроковши, грелки для масла	0.97	1
654	Насосы масляные	0.65	0.75
Лесная деревообрабатывающая промышленность			
655	Крановые установки лесозаготовительных предприятий: К-350Н	0.28	0.42
656	Крановые установки лесозаготовительных предприятий: ККС-10	0.25	0.42
657	Крановые установки лесозаготовительных предприятий: ККЦ-7,5	0.3	0.45

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
658	Козловые и консольно-козловые краны о грейфером (при непрерывной работе)	0.4	0.6
659	БКСМ-14, ПМ-12	0.2	0.4
660	Башенный кран КБ-572	0.15	0.35
661	Мостовой кран	0.3	0.5
662	Кабель-кран КК-20	0.4	0.65
663	Участок ручной раскряжевки в том числе разгрузочно-растаскивающее устройство	0.1	0.554
664	Участок ручной раскряжевки в том числе сортировочные транспортеры	0.5	0.7
665	Участок ручной раскряжевки в том числе раскряжеочно-сортировочные линии ПЛХ-2, ПЛХ-3 с неавтоматическим сортировочным транспортером	0.22	0.6
666	Поперечный растаскиватель хлыстов ПРХ-2С	0.1	0.554
667	Многожильный раскряжеочный агрегат с поперечной подачей хлыста (МР-8)	0.3	0.8
668	Сучкорезная линия ПСЛ-1	0.2	0.645
669	Слешерная линия разделки долготья на коротье	0.22	0.554
670	Установка по производству технологической щепы УПЩ-3	0.3	0.554
671	Рубильная машина на балансах МРГ-35	0.43	0.57
672	Трелевочные лебедки с циклическим движением троса	0.25	0.6
673	Трелевочные лебедки сбесконечным движением троса	0.3	0.6
674	Лебедка на штабелевке и погрузке на складах	0.2	0.58
675	Бревнотаски на бирже	0.5	0.7
676	Бревнотаски амбарные, лебедки на складах	0.3	0.5
677	Бревнотаски береговые и цепные транспортеры, шнеки и конвейеры сблокированные	0.55	0.75
678	Бревнотаски береговые и цепные транспортеры, шнеки и конвейеры несблокированные	0.4	0.75
679	Бревносвалы	0.1	0.55
680	Дровокольные станки	0.2	0.4
681	Электроприлы (валка деревьев, раскряжевка)	0.4	0.74
682	Окорочные станки	0.3	0.554
683	Лесопильные рамы	0.6	0.75
684	Многопильный станок	0.43	0.75
685	Обрезные станки	0.2	0.554
686	Торцовочные станки	0.4	0.554
687	Торцовки	0.4	0.554
688	Рубильные машины	0.3	0.554
689	Шпалорезный станок	0.4	0.645
690	Универсальный станок	0.4	0.645
691	Ленточно-делительный станок	0.4	0.645
692	Рейсмусовые и фуговальные станки	0.45	0.55
693	Тарный станок	0.5	0.645
694	Тарно-делительный станок	0.5	0.645
695	Балансирная пила	0.2	0.6
696	Древесно-стружечный станок	0.4	0.6
697	Деревошерстный станок	0.4	0.6
698	Ребровый станок	0.3	0.554
699	Круглопильный станок для поперечного распиливания	0.25	0.55
700	Круглопильный станок для поперечного распиливания	0.25	0.55
701	Концеравильный двухпильный станок	0.2	0.645
702	Агрегатный станок	0.2	0.645
703	Строгальный станок	0.6	0.645
704	Сортировка щепы	0.5	0.69
705	Рольганги	0.3	0.554
706	Скребковые транспортеры	0.4	0.69

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования K <sub>и</sub>	Коэффициент мощности (cosφ)
707	Ленточные транспортеры	0.2	0.554
708	Брусоперекладчики	0.3	0.554
709	Сбрасыватель	0.2	0.49
710	Дробилки	0.35	0.62
711	Грохоты	0.6	0.7
712	Продольно-торцевые станки и станки для изготовления драпки	0.14	0.54
713	Ленточные ребровые станки	0.5	0.7
714	Круглопильные станки с механической подачей (обрезные, ребровые, длиноречные, делительные)	0.5	0.7
715	Круглопильные станки с ручной подачей (балансирные, торцевые, маятниковые)	0.35	0.55
716	Фрезерные, шипорезные, сверлильные долбежные, токарные по дереву	0.2	0.7
717	Поточные линии: фрезерные, шипорезные, сверлильные долбежные, токарные по дереву	0.25	0.7
718	Шлифовальные станки	0.45	0.6
719	Автоматические линии деревообработки	0.5	0.65
720	Станки ремонтно-механических мастерских	0.2	0.7
721	Прессы	0.6	0.8
722	Транспортеры скребковые и ленточные	0.5	0.5
723	Питатели пластинчатые, тарельчатые, барабанные	0.4	0.6
724	Рольганги , элеваторы	0.35	0.7
725	Краны, тельферы, тележки цеховые	0.1	0.5
726	Сепараторы	0.4	0.65
727	Сушильные барабаны	0.6	0.7
728	Электрические печи сопротивления	0.8	0.95
729	Переносный электроинструмент	1	0.5
730	Машина УПФМ	0.45	0.7
731	Насосы, компрессоры	0.7	0.85
732	Вентиляторы эксгаустеров и сушильных камер	0.7	0.8
733	Вентиляторы сантехнические	0.65	0.8
734	Четырехсторонние строительные станки	0.16	0.53
735	Двухсторонние шипорезы	0.12	0.36
736	Шлифовальные машины	0.22	0.37
737	Линии продольной и поперечной обработки створок	0.31	0.44
738	Станочное оборудование цеха погонажа	0.61	0.59
739	Сушильное отделение	0.37	0.7
740	Малярное отделение	0.5	0.55
741	Лакокрасочное отделение цеха щитовых дверей	0.73	0.8
742	Технологическая вентиляция	0.57	0.76
743	Сантехническая вентиляция	0.75	0.8
744	Рубительная машина	0.32	0.6
745	Дезинтегратор	0.12	0.3
746	Транспортеры щепы	0.59	0.7
747	Пневмотранспорт щепы	0.84	0.85
748	Механизмы сортировки щепы	0.27	0.5
749	Рафикатор	0.85	0.87
750	Дефибратор со вспомогательным оборудованием	0.63	0.75
751	Дефибратор со вспомогательным оборудованием	0.43	0.78
752	Механизмы проклейки	0.78	0.65
753	Отливочная машина	0.95	0.9
754	Насосы брака и обратной воды	0.36	0.82
755	Вспомогательные механизмы	0.38	0.65
756	Вентиляция	0.38	0.7
757	Форматные станки твердого потока	0.41	0.5
758	Отливочная машина пористого потока	0.22	0.48

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
759	Сушилка пористого потока	0.56	0.76
760	Вакуум-насосы	0.77	0.85
761	Насосы высокого и низкого давления	0.29	0.85
762	Наносы теплового аккумулятора	0.89	0.86
763	Транспортеры	0.26	0.58
764	Вентиляция	0.14	0.58
765	Вспомогательное оборудование прессы	0.47	0.8
766	Вентиляторы закалочных камер	0.3	0.83
767	Транспортные механизмы (тележки, рольганги и др.)	0.1	0.3
768	Вентиляция	0.5	0.5
769	Технологические механизмы	0.54	0.65
770	Вентиляция	0.36	0.6
771	Моечная установка	0.7	0.8
772	Установка заправки маслом	0.5	0.645
773	Аппарат промывочной	0.7	0.8
774	Гидроподъемник	0.7	0.8
775	Гайковерт	0.14	0.5
776	Шероховальный станок	0.14	0.5
777	Электровулканизаторы	0.4	0.6
778	Компрессор	0.7	0.8
779	Испытательный стенд	0.4	0.64
780	Испытательный стенд	0.14	0.5
781	Обрезные станки	0.14	0.5
782	Фрезерный станок	0.14	0.5
783	Строгальный станок	0.14	0.5
784	Расточный станок	0.14	0.5
785	Сверлильный станок	0.14	0.5
786	Заточный станок	0.14	0.5
787	Пилоножеточный станок	0.14	0.5
788	Шлифовальный станок	0.14	0.5
789	Сварочные трансформаторы	0.2	0.399
790	Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0.2	0.399
791	Вентиляторы сантехнические	0.65	0.8
792	Вентиляторы технологические	0.5	0.69
793	Компрессоры	0.65	0.8
794	Дымососы	0.9	0.901
795	Насосы водяные	0.7	0.8
796	Механизмы на сплаве: оплоточные машины	0.6	0.69
797	Сортировочные машины	0.6	0.69
798	Сортировочно-формовочные машины	0.65	0.69
799	Гидроускорители	0.65	0.69
800	Потокообразователи	0.7	0.8
801	Барабанные ускорители	0.3	0.554
802	Троповые ускорители	0.5	0.6
Целлюлозно-бумажная промышленность			
803	Мельница	0.97	0.88
804	Дробилка	0.33	0.77
805	Оборудование размольного отделения без мельниц	0.43	0.81
Гидролизное производство			
806	Насосы непрерывного режима работы (перекачка воды, технологического полупродукта)	0.7	-
807	Насосы периодического режима работы (вывод шлама, перекачка химикатов)	0.7	-
808	Сцежи	0.65	-
809	Мешалки	0.35	-
810	Сепараторы	0.65	-
811	Компрессоры сжатого воздуха	0.65	-

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
812	Насосы непрерывного режима работы	0.7	-
813	Насосы периодического режима работы	0.7	-
814	Мешалки	0.35	-
815	Сепараторы	0.65	-
816	Турбовоздуходувки, нагнетатели воздуха	0.65	-
817	Дымососы	0.65	-
818	Вентиляторы производственные	0.65	-
819	Пневмотранспорт	0.84	-
820	Транспортеры, конвейеры, питатели	0.55	-
821	Флотаторы	0.65	-
822	ЦРМ	0.65	-
823	Упаковочная установка	0.6	-
824	Насосы водозаборных и очистных сооружений	0.7	-
825	Вентиляторы сантехнические	0.65	-
826	Станочное оборудование ремонтных мастерских	0.15	-
827	Электротали	0.1	-
828	Электросварочные аппараты для ручной сварки	0.35	-
829	Оборудование КИПиА	0.25	-
830	Электропривод задвижек	0.65	-
Промышленность строительных материалов и строительство			
831	Сырьевые мельницы (главный привод)	0.72	0.85
832	Низковольтное оборудование сырьевого цеха	0.56	0.75
833	Шлам-насосы	0.56	0.75
834	Болтушки	0.62	0.8
835	Дробилки	0.54	0.8
836	Крановые мешалки шлама	0.38	0.5
837	Экскаваторы	0.4	0.7
838	Транспортеры сырья	0.5	0.75
839	Карьер в целом	0.65	0.75
Цех обжига			
840	Вращающиеся печи без холодильников	0,7	0,8
841	Вращающиеся печи с холодильниками	0,6	0,7
842	Главные приводы печей	0.7	0,8
843	Дымососы печей	0.7	0,8
844	Механизмы переборки	0.46	0.65
845	Вентиляторы технологические	0.57	0.75
846	Транспортеры, клинкера	0.45	0.7
847	Холодильники	0.6	0.85
848	Электрофильтры	0.8	0.85
Цех сухого помола			
849	Цементные мельницы в целом	0.8	0.85
850	Главный привод цементных мельниц	0.85	0.9
851	Низковольтное оборудование цементных мельниц	0.48	0.75
852	Упаковочная	0.4	0.7
853	Грейферные краны	0.5	0.6
854	Пневмовинтовые насосы (фулер-насосы)	0.48	0.75
855	Сушильное отделение	0.6	0.75
856	Питатели и дозаторы	0.6	0.78
857	Угольные мельницы	0.7	0.83
858	Электрокалориферы	0.6	0.88
Общезаводские нагрузки			
859	Компрессоры	0.75	0.85
860	Водонасосы	0.8	0.8
861	Вентиляторы сантехнические	0.64	0.75
862	Бетоноукладчики	0.15	0.6
863	Автоматические станки для правки и резки проволоки	0.15	0.6
864	Формовочные машины	0.15	0.6

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
865	Конвейеры	0.15	0.5
866	Рольганги	0.1	0.5
867	Земснаряды	0.93	0.78
868	Экскаваторы с электроприводом	-	0.6
869	Растворные узлы	-	0.6
870	Краны башенные и порталные	-	0.5
871	Трансформаторный электроподогрев бетона, подогрев грунта и трубопроводов	-	0.75
872	Однопостовые двигатель-генераторы сварки	-	0.6
873	Сварочные трансформаторы	0.2	0.4
874	Переносные механизмы	-	0.45
Химическая промышленность			
875	Прядильные машины штапеля	0.38	0.7
876	Прядильные машины капрона	0.65	0.7
877	Прядильные машины вискозного корда	0.5	0.7
878	Прядильные машины центрифугального шелка (главный привод)	0.52	0.7
879	Прядильные машины центрифугального шелка (электроверетена)	0.62	0.7
880	Прядильные машины ацетатного шелка	0.7	0.7
881	Мешалки растворителей	0.55	0.8
882	Фильтр-прессы	0.35	0.55
883	Крутильные машины ацетатного шелка	0.6	0.7
884	Перемоточные машины	0.78	0.7
885	Тростильно-крутильные машины	0.89	0.8
886	Крутильные машины	0.64	0.8
887	Вытяжные машины	0.7	0.85
888	Ткацкие станки	0.74	0.7
889	Динильные котлы	0.58	1
890	Периодопреобразователи	0.75	0.9
891	Компрессоры	0.78	0.8
892	Водонасосные	0.83	0.8
893	Вентиляторы сантехнические	0.64	0.76
Производство полиэтилена низкого давления			
894	Компрессоры этилена	0.85	0.9
	Цех полимеризации		
895	Технологические линии	0.6	0.75
896	Эльма-насосы	0.5	0.8
897	Центрифуги	0.4	0.6
898	Сушилка	0.5	0.5
Цех грануляции			
899	Грануляторы	0.8	0.8
900	Газодувки	0.45	0.7
901	Компрессоры цеха дистилляции и очистки азота	0.43	0.7
Производство аммиака и метанола			
902	Компрессоры воздушные	0.67	0.98
903	Газодувка газогенераторного цеха	0.57	0.85
904	Компрессоры газовые	0.85	0.99
905	Триплекс-насосы	0.4	0.75
906	Двигатель турбины (мототурбонасосы)	0.81	0.85
907	Экспансионные машины	0.8	0.85
908	Циркуляционные компрессоры синтеза	0.74	0.78
909	Нагнетатели кислородно-воздушных смесей (КВС)	0.82	0.86
910	Компрессоры аммиачные	0.7	0.98
911	Кислорододувки	0.6	0.78
Производство слабой азотной кислоты			
912	Трубогазодувки	0.73	0.9

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
913	Турбокомпрессоры газовые	0.8	0.95
914	Насосы грунтового водоснабжения	-	0.7
915	Компрессоры, насосы, вентиляторы, мешалки центрифуги (приводы с непрерывным технологическим потоком)	0.5	0.86
Производство шин			
916	Резиносмесители, работающие на приготовлении резиновой смеси	0.5	0.9
917	Резиносмесители, работающие на вулканизацию каучука	0.54	0.9
918	Вальцы под резиносмесители	0.65	0.9
919	Подогреватели на вальцы	0.56	0.9
920	Пелетайзеры	0.36	0.9
921	Шприц-машины проекторных агрегатов	0.7	0.8
922	Шприц-машины автокамерных агрегатов	0.53	0.7
923	Каландры обкладочные (обрезинивание корда)	0.68	0.8
924	Сборочные станки	0.44	0.6
925	Вулканизаторы шин	0.05	0.4
926	Вулканизаторы автокамер и ободных лент	0.16	0.5
927	Компрессоры (синхронные двигатели)	0.93	0.9
928	Водонасосные (водоснабжение)	0.89	0.8
929	Насосы циркуляционной и перегретой воды	0.43	0.7
930	Насосы воды низкого давления	0.87	0.8
931	Насосы воды высокого давления	0.55	0.8
932	Вентиляторы сантехнические	0.69	0.75
933	Транспортные системы	0.25	0.45
934	Агрегаты для изготовления особо прочных транспортерных лент	0.11	-
935	Каландры для изготовления сердечников транспортерных лент	0.48	0.69
936	Каландры для обкладки транспортерных лент	0.28	0.51
937	Подогревательные вальцы производства транспортерных лент	0.47	0.8
938	Шприц-машины производства формовой техники	0.37	0.47
939	Прессы с электрообогревом производства формовой техники при работе	0.78	-
940	Прессы с электрообогревом производства формовой техники при разогреве	-	1
941	Подогревательные вальцы производства формовой техники	0.43	0.58
942	Резиносмесители подготовительного цеха	0.5	0.8
943	Смесительные вальцы 84 подготовительного цеха	0.54	0.8
944	Шприц-машины камер 12-38 мм	0.4	0.67
945	Агрегаты для наложения наружного слоя на рукава диаметром 19-38 мм	0.28	0.74
946	Каландры подготовительного цеха обкладки	0.54	0.69
947	Каландры подготовительного цеха листования	0.36	0.52
Лёгкая промышленность			
948	Джины с питателем, волокноочистители	0.8	0.82
949	Линтера, семеноолители	0.7	0.8
950	Очистители хлопка-сырца, семеноолители	0.5	0.7
951	Шнеки хлопка-сырца, отходов, сепараторы, конденсаторы, приемно-подающие устройства хлопка-сырца	0.4	0.65
952	Шнеки семян, элеваторы, транспортеры хлопка	0.3	0.6
953	Вентиляторы цехового транспорта хлопка-сырца, отсоса от конденсаторов волокна и линта, объема волокна и линта, обеспыливания технологических машин	0.7	0.7
954	Вентиляторы дворового пневмотранспорта	0.5	0.7
955	Вентиляторы отсоса влаги от бунтов	0.6	0.7



№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования K <sub>и</sub>	Коэффициент мощности (cosφ)
956	Гидронасос (с электродвигателем на каждой ступени) и остальные электродвигатели гидропрессовой установки	0.4	0.7
957	Гидронасос с одним двигателем на всех ступенях	0.8	0.75
Предприятия первичной обработки джута			
958	Основные технологические машины (линии по выработке длинного и короткого волокна)	0.7	0.8
959	Транспортные устройства (шнеки, транспортеры, элеваторы)	0.4	0.65
960	Вентиляторы и насосы технологического оборудования	0.7	0.7
Предприятия первичной обработки льна и других лубяных культур			
961	Механизмы погрузочно-разгрузочных работ в сырьевой зоне	0.2	0.7
962	Прессы-группировки в зоне сортировки сырья	0.6	0.75
963	Линии выработки длинного волокна и луба	0.55	0.78
964	Линии выработки короткого волокна и луба	0.5	0.78
965	Подъемно-транспортное оборудование производственного корпуса	0.2	0.7
966	Наружный и внутренний пневмотранспорт и вакуум-насосы пылеуборки	0.6	0.85
967	Волокноотделительные машины	0.84	0.85
968	Обеспыливающая вентиляция	0.84	0.85
969	Насосы технологической насосной станции	0.7	0.8
970	Прессовое оборудование участков брикетирования	0.6	0.78
Прядильное производство			
971	Разрыхлительно-очистительное оборудования	0.65	0.78
972	Трепальное оборудование	0.68	0.8
973	Шабазы	0.3	0.8
974	Оборудование по переработке отходов производства	0.65	0.78
975	Чесальные машины	0.88	0.8
976	Ленточные, розничные и гребнечесальные машины	0.68	0.8
977	Мотально-тростильные машины	0.82	0.8
978	Крутильные машины кольцевого кручения	0.88	0.85
979	Крутильные машины двухстадийного кручения	0.82	0.75
980	Прядильно-крутильные машины	0.88	0.85
981	Кольцепрядильные машины	0.88	0.85
982	Прядильные машины пневмомеханического прядения без сороудаления	0.69	0.8
983	Прядильные машины пневмомеханического прядения с сороудалением	0.72	0.8
984	Прядильные машины роторного прядения	0.74	0.8
Ткацкое производство			
985	Мотальные и уточно-перемоточные машины	0.82	0.8
986	Сновальные машины	0.67	0.8
987	Шлихтовальные машины	0.73	0.82
988	Ткацкие машины	0.82	0.75
989	Браковочные, приемно-контрольные бердоремезные, узловязательные машины	0.69	0.75
Прядильное ниточное производство			
990	Оборудование отдела перемотки	0.66	0.8
991	Оборудование опально-мерооризационного отдела	0.68	0.75
992	Оборудование намоточного отдела	0.7	0.75
Производство гигроскопической ваты			
993	Оборудование отдела выработки фильтров	0.75	0.75
994	Машина для упаковки ваты	0.77	0.7
995	Ватоформовочная машина	0.77	0.7
996	Оборудование отдела стерилизации и упаковки	0.79	0.85
Текстильно-галантерейное и трикотажное производство			

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
997	Лентоткацкие станки	0.64	0.7
998	Сновальные машины	0.4	0.7
999	Уточно-мотальные автоматы	0.63	0.7
1000	Шнуроплетельные машины	0.65	0.7
1001	Лентоплетельные машины и уточно-перемоточные автоматы	0.7	0.72
1002	Гардинные челночные машины уточно-вязательные, основязательные машины	0.7	0.7
1003	Гардинные машины	0.72	0.7
1004	Сновальные машины	0.3	0.7
1005	Круглотрикотажные и кругловязательные жакардовые машины, однофонтурные машины	0.63	0.7
1006	Автомат плооковязательный контурный круглоластичная машина	0.55	0.7
1007	Бобинажно-перамоточная машина	0.72	0.7
1008	Рисунчатая многосистемная одноконтурная машина и автомат чулочно-насосный	0.65	0.7
1009	Решель-машина для изготовления гардинного полотна и кругловязальная однофонтурная машина, двухгребенчатая основязательная машина	0.65	0.8
1010	Плосковязательная машина	0.72	0.7
1011	Выпускной конвейер	0.8	0.8
Льняное производство			
1012	Льночесальное производство	0.8	0.8
Прядильное производство			
1013	Поточные линии	0.65	0.8
1014	Чесальные машины	0.85	0.8
1015	Гребенечесальные, ленточные и ровничные машины	0.7	0.8
1016	Прядильные машины сухого прядения	0.82	0.82
1017	Прядильные машины мокрого прядения	0.8	0.8
1018	Сушильные машины	0.79	0,85
1019	Ткацкое производство	0.73	0.84
1020	Мотальные машины	0.73	0.84
1021	Крутильные машины	0.82	0.81
1022	Сновальные машины	0.67	0.8
1023	Шлихтовальные машины	0.75	0.82
1024	Ткацкие станки	0.82	0.75
1025	Браковочно-мерильные машины	0.69	0.75
1026	Картоносекальная мастерская	0.6	0,7
1027	Цеха химической обработки ровницы и крашения пряжи	0.8	0.85
Прядильное производство			
1028	Поточные линии подготовки волокна	0.65	0.75
1029	Чесальные машины	0.81	0.79
1030	Прядильные машины	0.81	0.8
1031	Крутильные машины	0.77	0.8
1032	Веревочные прядевьющие и овивальные машины	0.6	0.7
1033	Канатные прядвьющие и овивальные машины	0.76	0.75
1034	Канатоплетенные машины	0.64	0.72
Ткацкое производство			
1035	Мотальные машины	0.71	0.8
1036	Сновальные машины	0.6	0.7
1037	Шлихтовальные машины	0.72	0.8
1038	Ткацкие станки	0.75	0.72
1039	Браковочно-учетные машины	0.66	0.7
Фабрика первичной обработки шерсти			
1040	Оборудование цеха переработки кизячей шерсти	0.7	0.7
1041	Оборудование сортировочного цеха	0.77	0.8

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования К <sub>и</sub>	Коэффициент мощности (cosφ)
1042	Оборудование моечно-сушильного цеха	0.73	0.7
1043	Лабазы	0.3	0.74
1044	Оборудование помещения рыхления свалков	0.7	0.75
1045	Оборудование цеха постоянной классировки	0.44	0.85
1046	Оборудование сырьевой лаборатории	0.7	0.6
1047	Оборудование дезкамеры	0.7	0.7
Аппаратное прядение			
1048	Карбонизационно-красильные линии непрерывного действия для обработки волокна	0.79	0.8
1049	Трепальные машины	0.79	0.8
1050	Оборудование для обработки отходов и угарно-ватирное оборудование	0.67	0.8
1051	Смесовые машины	0.59	0.8
1052	Кольцепрядильные суконные машины	0.8	0.83
1053	Чесальные машины	0.61	0.82
1054	Пневмомеханические прядильные машины	0.74	0.83
Камвольное прядение			
1055	Оборудование для обработки угаров	0.59	0.8
1056	Смесовые машины	0.54	0.82
1057	Чесальные машины	0.72	0.8
1058	Ленточные машины	0.74	0.8
1059	Гребнечесальные машины	0.86	0.77
1060	Штапельные машины	0.65	0.8
1061	Красильно-гладильное оборудование	0.57	0.8
1062	Розничные машины	0.74	0.8
1063	Кольцепрядильные машины камвольные	0.82	0.83
1064	Тростильнокрутильное оборудование	0.82	0.83
Ткацкое производство			
1065	Мотально-сновальные машины	0.67	0.8
1066	Шлихтовальные машины	0.67	0.8
1067	Ткацкие станки (без двигателей подъема навоев)	0.8	0.75
1068	Контрольно-чистильное, приборное оборудование	0.6	0.8
1069	Ковровые ткацкие машины двухполотенные	0.6	0.8
1070	Орнополотенные ковровые ткацкие станки	0.7	0.8
Производство тафтинговых ковров			
1071	Ткацко-приготовительный отдел	0.75	0.7
1072	Термофиксация	0.88	0.75
1073	Тафтинг-машина	0.7	0.77
1074	Латекс-машины	0.85	0.75
1075	Оборудование сухой отделки	0.75	0.8
1076	Печатный агрегат	0.78	0.8
1077	Краскосварочное отделение	0.78	0.8
1078	Установка конфекции, резки, упаковки, перамотки	0.85	0.8
Производство шелка			
1079	Основное технологическое оборудование шелкомотального производства	0.7	0.8
1080	Оборудование цеха переработки отходов кокономотания	0.4	0.65
Крутильное производство			
1081	Крутильное оборудование	0.79	0.8
1082	Запарное оборудование	0.65	0.8
Ткацкое производство			
1083	Уточно-перемоточное оборудование	0.7	0.8
1084	Сновальные машины	0.59	0.78
1085	Шлихтовальные машины	0.65	0.75
1086	Ткацкие станки	0.84	0.75
1087	Товарно-чистильное и браковочное оборудование	0.69	0.8
Отделочное оборудование всех подотраслей текстильной и трикотажной промышленности			

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности (cosφ)
1088	Оборудование участков сухой отделки (каландры, стригальные машины, ворсовальные, опальные)	0.75	0.82
1089	Термические токоприемники	0.75	1
1090	Инфракрасные нагреватели	1	1
1091	Прочие электроприемники в том числе: отделочных линий	0.62	0.8
1092	Складальное, мерильное и браковочное оборудование	0.55	0.7
1093	Оборудование крашения волокна периодического действия	0.56	0.82
1094	Оборудование крашения пряжи периодического действия	0.56	0.84
Фабрика иглопробивных материалов			
1095	Оборудование подготовки волокна	0.65	0.75
1096	Участки лабазов	0.3	0.74
1097	Иглопробивные цехи, угарные участки (переработка отходов) и браковочные участки	0.7	0.75
Фабрика вязально-пошивных материалов			
1098	Участки лабазов	0.3	0.74
1099	Сновально-мотальное оборудование	0.5	0.7
1100	Оборудование переработки отходов	0.7	0.75
1101	Оборудование обработки отходов	0.7	0.75
Швейное производство			
1102	Швейные машины	0.6	0.62
1103	Транспортеры швейных конвейеров	0.68	0.8
1104	Браковочно-мерильные машины	0.4	0.62
1105	Раскройное оборудование	0.4	0.65
1106	Утюги, прессы	0.75	0.98
1107	Машины герметизации швов	0.8	0.7
1108	Смесители	0.5	0.8
Кожгалантерейное производство			
1109	Дисторезальная ротационная машина и картонорезальная машина	0.35	0.76
1110	Электрогидравлический пресс для вырубki деталей	0.303	0.8
1111	Универсальный просекальный станок, пресс гидравлический для выработки деталей и пресс карусельный механический	0.303	0.73
1112	Машина для спуска краев деталей низа, браковочно-мерильная машина и полуавтомат для постановки хольнитенов		0.59
1113	Машина проходная для перетяжки перчаточных кож	0.36	0.76
1114	Машина раскройная четырехшквивная ленточная	0.26	0.76
1115	Машина для спуска краев деталей верха	0.35	0.59
1116	Машина для клеймления деталей	0.28	0.58
1117	Пресс для тюковки отходов	0.23	0.76
1118	Высокочастотная установка	0.73	0.86
1119	Пресс для постановки мелкой фурнитуры и обжига рамочных замков	0.37	0.58
1120	Машина для багировки и нарезки клинчиков портфелей, сумок	0.27	0.59
1121	Машина для гибки и формирования ботанов чемоданов и машина раскройно-ленточная	0.37	0.73
1122	Машина для выворотки сумок хозяйственных и дорожных	0.27	0.73
1123	Машина для окраски в пачках краев деталей кожгалантерейных изделий	0.265	0.58
1124	Машина швейная	0.35	0.58
Производство кожаных и юфтевых кож			
1125	Барaban подвесной для отмочно-зольных процессов, красильно-виривальных процессов и преддубильно-дубильных процессов	0.23	0.7
1126	Машина мездрильная	0.19	0.8

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования K <sub>и</sub>	Коэффициент мощности (cosφ)
1127	Машина двоильно-ленточная и машина наличная отжимная	0.23	0.8
1128	Машина волосогонно-чистильная	0.27	0.88
1129	Пресс для тюковки хромовой стружки	0.23	0.78
1130	Шерстомойная машина	0.54	0.76
1131	Агрегат для обезволивания шкур	0.63	0.79
1132	Машина строгальная	0.19	0.81
1133	Машина разводная гидравлическая	0.27	0.83
1134	Машина проходная тетино-дергательная	0.27	0.79
1135	Сушилка внаклейку на стекло 200-рамная, проходная сушилка и вакуумная сушилка	0.45	0.87
1136	Сушилка рамная подвесная и машина намазная	0.45	0.78
1137	Машина обрезная	0.23	0.59
1138	Вибрационно-мягчильная машина, проходкой шлифовально-обеспыливающий агрегат и машина шлифовальная	0.27	0.85
1139	Машина для очистки от пыли с двух сторон шлифовальных кож	0.27	0.76
1140	Машина поливочная, агрегат покрывного крашения щетками, а также агрегат покрывного крашения двухкратный	0.45	0.76
1141	Аппретурная машина Ретона	0.45	0.79
1142	Гидравлический пресс	0.3	0.87
1143	Машина проходная гладильная Рамора	0.36	0.83
1144	Машина тянульно-мягчильная	0.27	0.79
1145	Машина для покрывного крашения и сушки кож	0.45	0.87
1146	Измерительная машина и машина для клеймения кож	0.3	0.58
1147	Автоматическое распылительное устройство во взрывоопасном исполнении, распылительная кабина	0.54	0.79
1148	Машина проходная отжимная	0.29	0.81
1149	Выносной транспортер для стружки	0.25	0.54
1150	Машина для обрубки краев кож	0.23	0.7
1151	Непрерывная увлажнительная машина	0.36	0.76
1152	Пылеотстойник	0.54	0.8
1153	Проходная обеспыливающая машина с нагнетателем	0.36	0.87
1154	Сушилка к агрегату крашения щетками	0.45	0.88
1155	Машина для отжига и разварки кож	0.27	0.85
Производство кож для низа обуви			
1156	Двоильно-ленточная машина волосогонно-чистильная машина, и машина валичная отжимная	0.27	0.81
1157	Мездрильная машина и машина строгальная	0.19	0.82
1158	Сушильно-увлажнительный агрегат	0.45	0.79
1159	Пресс	0.23	0.77
1160	Машина для подвилки кож низа обуви, машина намазная и наличная щеточная машина для жирования кож	0.27	0.73
1161	Сушильно-увлажнительный агрегат для сушки и увлажнения юфтевых кож внаклейку на дюралюминиевых листах	0.45	0.87
1162	Барабанная разводная, машина	0.36	0.8
1163	Каток проходной подошвенный	0.54	0.8
1164	Машина для измерения площади жестких кож	0.36	0.73
1165	Барабан подвесной преддубильно-дубильных процессов	0.23	0.7
Разуб и обработка низа обуви			
1166	Пресс для разуба материалов низа	0.33	0.65
1167	Машина для выравнивания низа обуви	0.36	0.7
1168	Машина для тиснения и перфорации обуви	0.38	0.8
1169	Машина для шкурения и шлифовки деталей низа обуви	0.43	0.78
1170	Машина для фрезерования площадки на ход по верху	0.43	0.78

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
1171	Машина для взъерошивания (фрезерование) подошв по периметру	0.37	0.75
1172	Машины для фрезерования подошв в печках	0.24	0.85
1173	Машина для голодной полировки подошв	0.42	0.7
1174	Машина для обеспыливания контура подошв	0.44	0.7
1175	Машина для опускания краев деталей низа	0.47	0.6
1176	Машина для профилирования подошв площади	0.36	0.68
1177	Машина для клеймения размеров	0.31	0.95
1178	Машина для вырезания желоба в полустельках	0.39	0.72
1179	Машина для приклеивания супинаторов	0.59	0.51
1180	Машина для намазки клеем пяточной части	0.5	0.68
1181	Машина для склеивания деталей	0.39	0.52
1182	Машина для активизации клеевых пленок на подошвах	0.6	0.95
1183	Машина для склеивания подошв с каблуками	0.34	0.71
1184	Машина для вырезания подошв по контуру	0.43	0.6
1185	Машина для снятия фаски с пяточной части стелек	0.5	0.8
1186	Машина для формирования подошв, стелек	0.34	0.68
1187	Сушилка для клеевой пленки на стельках	0.44	0.46
1188	Конвейер вырубочный ленточный	0.55	0.65
1189	Конвейер для обработки деталей низа	0.51	0.52
Закройный цех			
1190	Пресс для верхнего края	0.35	0.65
1191	Пресс для раскроя текстильных материалов	0.31	0.77
1192	Машина для выравнивания края	0.46	0.75
1193	Конвейер закройный ленточный для текстиля	0.4	0.55
1194	Машина для клеймения деталей верха обуви	0.77	0.95
1195	Конвейер заготовочный ленточный	0.54	0.81
1196	Конвейер закройный ленточный для верхних кож	0.45	0.53
Цех сборки заготовок			
1197	Машина для опускания краев деталей верха заготовок	0.44	0.7
1198	Швейная машина для сострачивания деталей верха и машина для разглаживания швов задников	0.47	0.7
1199	Машина для загибки краев деталей верха, машина для вставки блочек и швейная машина	0.44	0.54
1200	Горячее формирование деталей верха	0.61	0.75
1201	Пресс для тиснения и перфорации	0.38	0.8
1202	Пресс для дублирования (вклеивания деталей верха обуви)	0.68	0.95
Цех сборки обуви			
1203	Увлажнительная камера заготовок	0.54	0.93
1204	Машина для чистки колодок, полировка подошв	0.3	0.72
1205	Пресс для прикрепления подошв	0.36	0.54
1206	Машина для вытяжки и формирования задников	0.69	0.95
1207	Машина для крепления гвоздями деталей низа	0.54	0.54
1208	Машина для термоувлажнения	0.73	0.95
1209	Машина для обтяжки и клеевой затяжки наосной пусковой части заготовок	0.47	0.82
1210	Машина для затяжки гененочной части заготовок	0.43	0.95
1211	Машина для затяжки наосной пучковой части обуви	0.5	0.82
1212	Машина для затяжки пяточной части заготовок	0.3	0.65
1213	Машина для клеевой затяжки пяточной части заготовок	0.52	0.82
1214	Машина для затяжки пяточной части заготовок	0.46	0.81
1215	Машина для затяжки бочков и пяточной части гвоздями	0.55	0.59
1216	Машина для формирования следа обуви	0.49	0.81
1217	Сушилка для обуви	0.45	0.65
1218	Элеватор (хранение обуви)	0.1	0.46

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
1219	Машина для прикрепления каблучков, камера для аппаратирования верха обуви и машина для шкурения пластмассовых каблучков	0.32	0.68
1220	Машина для обрезки излишней кромки	0.5	0.6
1221	Сушилка, первая и вторая намазка клеем	0.44	0.68
1222	Термоактиватор (активизация клееных пленок)	0.6	0.95
1223	Пресс для склеивания подошв с каблучками	0.34	0.71
1224	Машина для фрезерования подошв	0.37	0.75
1225	Машина для шлифования каблучков	0.53	0.82
1226	Машина для снятия обуви с колодок	0.5	0.73
1227	Машина для утюжки верха обуви	0.31	1
1228	Машина для разглаживания верха	0.4	1
1229	Машина для разглаживания голени	0.5	1
Серийно-красильное производство			
1230	Баркас с подогревателем и мешалка переносная Н/О	0.21	0.76
1231	Разводная валичная машина	0.39	0.79
1232	Рубильная машина	0.39	0.79
1233	Проходная шерстезная машина	0.15	0.79
1234	Центрифуга	0.39	0.87
1235	Линия непрерывной обработки	0.445	0.8
1236	Загрузочный транспортер	0.45	0.58
1237	Машина для мойки и обезвреживания	0.23	0.88
1238	Мездрильная машина	0.27	0.8
1239	Машина для уменьшения толщины кожаной ткани	0.39	0.76
1240	Машина отжимная	0.45	0.83
1241	Отжимной пресс	0.2	0.83
1242	Жировальная машина	0.2	0.76
1243	Мялка молотковая	0.45	0.79
1244	Агрегат анилинового крашения	0.5	0.86
1245	Сушилка концевая рамная	0.59	0.76
1246	Проходная разбивочная машина	0.45	0.77
1247	Стригальная машина	0.3	0.8
1248	Барабан комбинированный для откатки	0.28	0.8
1249	Сетчатый барабан	0.28	0.77
1250	Чесальная машина	0.54	0.77
1251	Намазная машина	0.28	0.76
1252	Машина гладильная	0.38	0.8
1253	Машина для тяжки, разбивки шкурок норки	0.37	0.64
1254	Подвесная петельная сушилка	0.45	0.82
1255	Машина проходная для склеивания меха на тканевой основе	0.27	0.59
1256	Станок для заточки дисковых ножей	0.2	0.76
1257	Колотильная машина и двухбарабанная чесальная машина	0.45	0.76
1258	Вибрационно-мягчи́льная машина Поллиса и шлифовальная мягчи́тельная машина	0.23	0.83
1259	Машина растяжная для шкурок норки	0.23	0.73
1260	Измерительная машина	0.3	0.64
1261	Гидропресс	0.18	0.84
1262	Сушилка для подсушки	0.36	0.73
1263	Обрезная машина	0.23	0.59
1264	Аппарат для обезжиривания	0.27	0.83
1265	Машина для химической чистки	0.3	0.87
1266	Адсорбер	0.45	0.72
1267	Нитроагрегат	0.45	0.84
1268	Щеточная машина	0.36	0.76
1269	Скорняжная машина	0.45	0.54
Скорняжно-пошивочное производство			
1270	Агрегат для опарки шапок и агрегат для правки шапок	0.225	0.78

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования K <sub>и</sub>	Коэффициент мощности (cosφ)
1271	Сушилка	0.58	0.73
1272	Машина маркировочная, машина для измерения размеров головных уборов и машина для заполнения реквизитов на ленточках	0.23	0.56
1273	Машина для чистки и обжига	0.27	0.54
1274	Машина электрозакройная	0.33	0.64
1275	Пресс	0.23	0.72
1276	Автомат для печатания ярлыков	0.28	0.53
1277	Маханическая линейка для обрезания полотен при настилании	0.23	0.53
1278	Машина для вырезания наружных контуров	0.3	0.54
1279	Машина для высекания внутренних контуров, лекал, машина для высекания фигурных отверстий в лекалах, утюг, станок для клеймения срезов лекал, машина для резки карточных заготовок лекал из рулона	0.23	0.58
1280	Пресс гидравлический и пачковязательная машина	0.23	0.59
1281	Машина раскройная четырехшквивная ленточная	0.27	0.64
1282	Машина фотоэлектронная для измерения площади лекал	0.27	0.54
1283	Установка для скоростного копирования лекал	0.27	0.72
1284	Машина швейная 12-ти игольная для стяжки ватина	0.36	0.73
1285	Щетка механическая для чистки изделий	0.23	0.76
1286	Швейные машины различных классов	0.36	0.58
1287	Механическая линейная для обрезки и клеймения полотен при настилании	0.3	0.54
1288	Автомат для печатания контрольно-маркировочных талонов	0.27	0.59
Транспортные средства			
1289	Установка для перекачки мездры	0.54	0.86
1290	Установка с насосами для повторного использования стоков	0.36	0.79
1291	Транспортер для опилок	0.27	0.76
1292	Конвейеры отделочные	0.36	0.76
1293	Перекидчик	0.23	0.76
1294	Бункер для опилок и лоскута	0.38	0.64
1295	Конвейер и транспортер механический для хранения и транспортирования лекал	0.45	0.76
1296	Механизированный настилочный стол с решающей этажеркой	0.36	0.58
1297	Элеватор для хранения кроя	0.27	0.59
1298	Механизированная вешалка	0.27	0.64
Производство синтетической кожи			
1299	Линия для подготовки и смешивания синтетических волокон и линия для формирования лицевого покрытия синтетической кожи с экспериментальной камерой преркоагуляции	0.675	0.76
1300	Агрегат для формирования волокнистого слоя и предварительного иглопрокальвания	0.63	0.87
1301	Агрегат для термоусадки и агрегат для дублирования	0.63	0.77
1302	Линия для пропитки волокнистой основы и агрегат для промывки	0.68	0.79
1303	Машина сушильно-ширильная	0.63	0.8
1304	Агрегат красильно-сушильный для отделки	0.5	0.76
1305	Щипальная машина с конденсатором, машина для набивки шерсти в мешки	0.45	0.77
1306	Шлифовальная машина и двойнеленточная машина	0.54	0.87
Производство столовой клеенки с ПВХ покрытием кашированным методом			
1307	Двухстапийный смеситель и двухроторный смеситель	0.54	0.89
1308	Червячный аоциллирующий смеситель	0.63	0.68
1309	Червячный пресс-кранолятор	0.63	0.87



№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования K <sub>и</sub>	Коэффициент мощности (cosφ)
1310	Установка пневмотранспорта и диспергатор для перетирования пигментов	0.63	0.8
1311	Вакуум-насос	0.63	0.76
1312	Тепловая станция и диспергатор для перетирования наполнителей	0.63	0.86
1313	Весы автоматические	0.5	0.59
1314	Копировальная машина	0.67	0.77
1315	Печатная 4-х красочная машина	0.5	0.77
1316	Реактор емкостью до 1250 л	0.63	0.77
1317	Планетарный смеситель	0.55	0.76
1318	Установка для тискания	0.68	0.86
1319	Каландр отделочный	0.49	0.87
1320	Машина для разброски клеенки	0.57	0.76
1321	Машина ширильно-цепная	0.58	0.77
Цех рекупирации			
1322	Вентиляторы технологических линий	0.7	0.89
1323	Насосы технологических линий	0.8	0.76
Производство винилуритановой кожи			
1324	Контакт-дисельвер	0.63	0.8
1325	Краскотерка и мельница тонкого помола	0.54	0.86
1326	Вакуум-синусдисельвер	0.63	0.83
1327	Вакуум-мешалка	0.55	0.76
1328	Вакуум насос	0.63	0.76
1329	Ленточно-шлифовальный станок	0.45	0.87
1330	Мяльный агрегат с распределительным шкафом	0.54	0.77
1331	Комбинированная браковочно-учетная	0.45	0.83
1332	Тепловая установка	0.63	0.89
1333	Браковочно-перемотальная машина для подложки	0.47	0.83
1334	Автоматическая тандем-установка для нанесения покрытия	0.68	0.87
Производство резины			
1335	Агрегат 4-х рисковый для резки синтетического каучука и нож гидравлический	0.23	0.85
1336	Вальцы 800 мм рафинирующие и резиносмеситель	0.55	0.8
1337	Камера механизированная для разогрева каучука	0.54	0.77
1338	Вальцы смесительные и вальцы подогревательные	0.55	0.85
1339	Смеситель и краскотерка 3-х валковая	0.54	0.79
1340	Одночервячная машина	0.4	0.8
1341	Штамп-автомат	0.35	0.72
1342	Пресс карусельный вулканизационный	0.23	0.75
1343	Вулканизационный пресс гидравлический	0.23	0.72
1344	Двоильно-ленточная машина	0.45	0.82
Производство регенератора			
1345	Девулканизатор непрерывного действия	0.54	0.85
1346	Бункер с питателем	0.54	0.75
1347	Реактор-смеситель	0.54	0.88
1348	Бункер с ворошителем	0.54	0.59
1349	Дозатор с весовым контролем	0.23	0.73
1350	Буферная емкость для регенератной крошки с питателем	0.63	0.73
1351	Вальцы 800 мм дробильные	0.55	0.85
1352	Вальцы размалывающие и рафинирующие	0.55	0.8
1353	Мельница тонкого измельчения	0.53	0.88
1354	Сито вибрационное одноярусное	0.63	0.59
1355	Дробилка молотковая	0.63	0.74
Производство картона и кожкартона			
1356	Гидроразбиватель и коническая мельница	0.72	0.89
1357	Машина для предварительного измельчения отходов и длинносеточная машина	0.68	0.88

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
1358	Аппарат для работы пор налив и реактор	0.63	0.83
1359	Кондукс тонкого размола	0.52	0.88
1360	Емкость для массы с мешалкой и реактор с рамой мешалкой	0.63	0.8
1361	Пресс для вырубки стелек и машина для раскроя картона на коробки	0.23	0.75
1362	Машина для сшивки коробок	0.23	0.54
1363	Горизонтальный транспортер	0.54	0.54
1364	Измельчительная мельница	0.52	0.9
1365	Мельница с металлическими дисками	0.52	0.6
1366	Циклические чаны с мешалкой	0.54	0.79
1367	Мельница с базальтовыми дисками	0.52	0.8
1368	Конический рафинер и чаны с мешалкой	0.54	0.9
1369	Двухосточная машина	0.68	0.86
1370	Машина для резания рулонного картона на листы	0.58	0.87
1371	Машина для тиснения и машина для шкурения	0.45	0.88
1372	Машина для резания рулонного картона на ленты	0.375	0.8
1373	Линия для упаковки листов картона	0.575	0.575
1374	Малая краскотерочная машина	0.54	0.73
1375	Гидроразбиватель	0.63	0.88
1376	Машина для предварительного измельчения кожтоходов и кондуксы	0.65	0.88
1377	Коническая мельница, бассейн, дезинтегратор и виброгрохот	0.63	0.8
1378	Гидропульпер	0.63	0.87
1379	Намоточная машина	0.75	0.83
1380	Кондуксы	0.53	0.88
1381	Центробежный очиститель	0.63	0.76
1382	Машина для мойки фетров	0.54	0.75
1383	Длинносеточная машина	0.68	0.88
1384	Установка для центрования и обрезки кромок	0.68	0.85
1385	Каландр отделочный и намоточная машина	0.68	0.83
1386	Шлифовальная машина с системой отсоса пыли	0.45	0.85
1387	Оборудование для предварительной сортировки	0.45	0.75
1388	Машина для резки картона	0.3	0.85
1389	Тисильный каландр	0.68	0.88
1390	Бассейны	0.8	0.89
1391	Реакторы, аппараты цельносварные, емкости для массы	0.7	0.8
Вырубочно-формовочный цех			
1392	Автомат для вырубки задников и автомат для спуска края задников	0.3	0.76
1393	Прессы для формирования и вырубки стелек и простилок и машина для шкурения грани стелек	0.23	0.76
1394	Машина для спуска края деталей	0.32	0.59
1395	Машина для формирования стелек	0.32	0.76
1396	Машина для связки стелек	0.32	0.54
1397	Машина для раскроя картона для коробок	0.225	0.73
1398	Машина для сшивки коробок	0.225	0.54
Фарфорово-фаянсовое производство			
1399	Дробилки и вальцы грубого помола	0.35	0.75
1400	Дезинтеграторы	0.65	0.75
1401	Бегуны, штатомойки, смесители сухих компонентов, мешалки	0.65	0.7
1402	Грохоты вибрационные	0.7	0.7
1403	Сита	0.5	0.7
1404	Сепараторы	0.4	0.65
1405	Питатели	0.3	0.65
1406	Шкивы электромагнитные	0.65	0.7

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
1407	Машины глинорезальные	0.7	0.7
1408	Прессы, вакуумпрессы	0.55	0.7
1409	Фильтр-прессы	0.58	0.7
1410	Барабаны сушильные автоматизированные центрифуги, бетономесители	0.4	0.7
1411	Дозаторы весовые, автоматизированные	0.3	0.7
1412	Полуавтоматы для формовки капсулей, насосы мембранные, установки для литья изделий	0.66	0.7
1413	Дозаторы весовые автоматизированные	0.3	0.7
1414	Полуавтоматы для формовки капсулей, насосы мембранные, установки для литья изделий	0.66	0.7
1415	Полуавтоматы для формовки плоских изделий и станки для калибровки гипсовых форм	0.4	0.7
1416	Полуавтоматы для формовки полых изделий, блюд, тарелок	0.58	0.7
1417	Мельницы	0.66	0.8
1418	Сушилка	0.65	0.8
1419	Автоматы для литья полых изделий, полуавтоматы оправочные, обдувки, глазурирования, шлифовки, декорирования, поточные и автоматизированные изготовления чашек, атомат для печати	0.7	0.7
1420	Полуавтоматы для отводки плоских изделий, упаковки стенки для печати через сетку	0.55	0.7
1421	Дробилки щековые лабораторные растворомешалки	0.3	0.7
1422	Электрические печи лабораторные	0.7	1
Приготовительный цех			
1423	Трепальные машины, щипально-замасливающие, обезрепеивающие и машины для разработки свалков нефти	0.68	0.8
1424	Питатель универсальный	0.65	0.78
1425	Смесовые машины	0.59	0.8
Чесально-сновальный цех			
1426	Чесальные машины	0.73	0.82
1427	Свойлачивающие полуавтоматы	0.69	0.75
1428	Свойлачивающие машины	0.56	0.7
1429	Машины катальные	0.66	0.75
1430	Станки для расправки основы, точильно-пропиловочные	0.75	0.8
Участок обработки отходов			
1431	Оборудование для обработки отходов	0.83	0.75
	Фабрика валяной обуви		
1432	Молотовые машины	0.69	0.8
1433	Красильные аппараты	0.81	0.8
1434	Станки ролико-растяжные, рычажно-растяжные, насадочно-расколочные, расправочно-отжимные	0.7	0.8
1435	Сушильные камеры	0.7	0.8
Фабрики по производству войлока и полированных кругов			
1436	Универсально-свойлачивающие машины	0.47	0.8
1437	Кисловочные машины	0.75	0.8
1438	Молотовые машины	0.82	0.87
1439	Красильные аппараты	0.8	0.8
1440	Сушильно-ширильные машины	0.7	0.8
1441	Сушильные камеры и сушилки для кругов	0.75	0.8
Отделочный цех			
1442	Станки для полировки, обрезки шлифовки валяной обуви	0.5	0.75
1443	Машины для комплексной отделки поверхности валенок с электроопаливанием	0.9	0.97
1444	Машины для сухой отделки	0.62	0.8
1445	Машины для обкатки войлочных полировальных кругов	0.8	0.86
1446	Пресса гидравлические	0.5	0.86

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования K <sub>и</sub>	Коэффициент мощности (cosφ)
Цех обрезинивания			
1447	Вальцы подогревательные	0.8	0.8
1448	Пресса электрогидравлические	0.5	0.86
1449	Пресса-автоматы для горячей вулканизации	0.8	1
1450	Гидропривод	0.75	0.8
1451	Участок строительного войлока, машины для разработки войлочного лоскута	0.8	0.85
Предприятия по изготовлению техоснастки и пластмассовой фурнитуры			
1452	Сверлильные, точильно-шлифовальные, резьбонарезные, зубофрезерные и зубодолбежные станки	0.16	0.6
1453	Кузнечно-прессовое оборудование, гидравлические прессы, термопластавтоматы	0.65	0.8
1454	Ножницы, гибочное оборудование, мостовые краны литейных цехов	0.45	0.65
1455	Галтовочное и очистные барабаны, сварочные трансформаторы ручной сварки, волочильные и протяжные станки, решетка выбивная	0.25	0.65
1456	Трансформаторы для полуавтоматической и автоматической сварки, питатели дисковые	0.4	0.55
1457	Токарные станки, автоматы и полуавтоматы, металлообрабатывающие станки литейного производства	0.2	0.6
1458	Фрезерные, строительные расточные станки	0.17	0.65
1459	Кран-балки, тельферы, лифты	0.3	0.5
1460	Сушильные шкафы, камеры, печи сопротивления	0.8	1
1461	Кран-балки, тельферы, лифты, станки деревообрабатывающие	0.3	0.6
1462	Дымососы печей, окрасочные камеры, индукционные печи высокой частоты	0.7	0.8
1463	Машины консольные для центробежного литья	0.7	0.8
1464	Агрегаты гальванического покрытия	0.6	0.9
1465	Пневмотранспорт деровообделочного оборудования, шаровые мельницы, дробилки комбинированные	0.85	0.85
1466	Питатели вибрационные и бункеры с вибрационными питателями	0.98	0.6
1467	Барабаны сушильные, элеваторы ковшевые	0.6	0.7
1468	Конвейеры ленточные	0.5	0.7
1469	Бегуны смешивающие	0.7	0.65
1470	Питатели качающиеся	0.6	0.8
1471	Установки магнитной сепарации	0.4	0.8
1472	Индукционные печи низкой частоты	0.7	0.35
Другое			
1473	Подсобное оборудование прядильно-ткацких производств (валичные, точильные, клееварки)	0.4	0.7
Внутрицеховой транспорт непрерывный			
1474	Внутрицеховой транспорт непрерывный	0.4	0.75
Электрические краны, штабеллеры			
1475	Электрические краны, штабеллеры	0.3	0.75
Химические станции и красковарки			
1476	Оборудование химических станций и красковарок, емкостей с мешалками	0.5	0.76
Холодильные станции			
1477	Низковольтные токоприемники, кроме насосов и холодильных машин	0.75	0.84
Градирни			
1478	Градирни	0.7	0.8
Склады сырья и химикатов			
1479	Оборудование складов сырья и химикатов	0.25	0.75

№п/п	Наименование электроприемника	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ )
Пожарное депо			
1480	Оборудование пожарных депо	0.3	0.78
Лаборатории			
1481	Лаборатории	0.3	0.75
Центральные ремонтные, и прочие мастерские			
1482	Центральные ремонтные, и прочие мастерские	0.3	0.8
Столовые			
1483	Электроплиты и электрофритюрницы	0.65	1
1484	Электрические мармиты, тепловые шкафы, электросковороды и тепловые стойки	0.5	1
1485	Прочее электрооборудование	0.3	0.7
Зарядные станции			
1486	Зарядные станции тяговых аккумуляторов	0.4	0.75

**Таблица П1.2. Коэффициенты спроса и мощности ( $\cos$ ) промышленного электрооборудования производств, цехов и участков**

1	2	3	4
1	По установке непрерывной разливки стали (УНРС) в целом	0.7	0.7
2	Аглофабрики	-	0.7
3	Коксохимический завод с углемойкой без сероочистки	-	0.3
4	Доменный цех	0.94	0.6
5	Мартеновский цех с котлами утилизаторами	0.74	0.3
6	Мартеновский цех без котлов утилизаторов	-	0.2
7	Главный привод	-	0.75
8	Механизмы и краны	-	0.4
9	Всего по стану	-	0.6
10	Заготовочный стан 901		0.65
11	Трубопрокатный стан (агрегат Штифеля 130-360 мм)	0.58	0.6
12	Прошивной стан 250-2	-	0.36
13	Автомат стан 250-2	-	0.35
14	Редукционный и калибровочный станы 141	-	0.19
15	Калиброночный стан и механизмы трубоотделки	-	0.59
16	Сварочные трансформаторы дуговой электросварки	0.2	0.4
17	Ламповые генераторы индукционных печей высокой частоты	-	0.65
18	Двигатель-генераторы индукционных высокой частоты	-	0.8
19	Насосы	0.7	0.85
20	Компенсаторы	0.65	0.8
21	Механическое станочное оборудование	0.16	0.6
22	Деревообрабатывающие станки	0.55	0.75
23	Котельная	0.6	0.75
24	Сантехвентиляция	0.7	0.8
25	Внутреннее освещение производственных цехов	0.95	1
26	Внутреннее освещение вспомогательных цехов	0.9	1
27	Волоочильные станы	0.45	0.87
28	Электропечи сопротивления для термической обработки	0.65	1
29	Производственные вентиляторы и воздуходувки	0.65	0.75
30	Центробежные насосы	0.6	0.7
31	Краны и тельферы	0.1	0.65
32	Сварочные аппараты	0.05	0.6
33	Расточный станок	0.14	0.5
34	Сверлильный станок	0.14	0.5
35	Заточный станок	0.14	0.5
36	Пилоножеточный станок	0.14	0.5

1	2	3	4
37	Шлифовальный станок	0.14	0.5
38	Сварочные трансформаторы	0.2	0.399
39	Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0.2	0.399
40	Вентиляторы сантехнические	0.65	0.8
41	Вентиляторы технологические	0.5	0.69
42	Компрессоры	0.65	0.8
43	Дымососы	0.9	0.901
44	Насосы водяные	0.7	0.8
45	Механизмы на сплаве: сплочные машины	0.6	0.69
46	Сортировочные машины	0.6	0.69
47	Сортировочно-формовочные машины	0.65	0.69
48	Гидроускорители	0.65	0.69
49	Потокообразователи	0.7	0.8
50	Барабанные ускорители	0.3	0.554
51	Троповые ускорители	0.5	0.6
52	Вспомогательные механизмы автомат-стана 250-1	-	0.45
53	Рельсобалочный стан	-	0.6
54	Сортовые станы 300	0.97	0.5
55	Мелкосортные и проволочные станы	-	0.5
56	Тонколистовой стан, включая отжиг	-	0.5
57	Преобразовательный агрегат главного подъема доменного цеха	0.85	0.5
58	Ремонтные и вспомогательные цехи	0.93	0.5
	Лесная и деревообрабатывающая промышленность		
59	Лесопильные цеха и заводы (2-х, 4-х, 6-ти и 8-ми рамные)	0.69	0.44
60	Тарные цеха	0.6	0.4
61	Деревообрабатывающие цеха (оконных и щитовых блоков)	0.645	0.5
62	Цех древесно-волоконистых плит	0.69	0.47
	Легкая промышленность		
63	Цеха подготовки волокна	0.758	0.65
64	Браковочные цеха	0.73	0.7
65	Нитепрошивные и холстопрошивные цеха	0.77	0.75
66	Цеха подготовки волокна	0.75	0.65
67	Цеха клееных материалов	0.79	0.65
	Горнодобывающая промышленность		
68	Клетевой подъем дренажной шахты	0.7	0.7
69	Корпус дробления	0.7	0.6
70	Сушильный корпус	0.75	0.65
71	Радиальные сгустители	0.75	0.65
72	Погрузка угля	0.75	0.4
73	Шламовое хозяйство	0.75	0.7
74	Околоствольный двор	0.7	0.7
75	Собственные нужды скиповых угольных подъемников	0.7	0.7
76	Клетевые подъемники	0.7	0.7
77	Технологический комплекс	0.7	0.7
78	Котельная	0.7	0.7
79	Калориферная	0.75	0.7
80	Насосная	0.75	0.8
81	Административно-бытовой комбинат	0.7	0.6
82	Прочие мелкие установки	0.7	0.7
83	Очистные работы	0.6	0.4
84	Подготовительные работы	0.9	0.7
85	Прочие механизмы	0.7	0.7
	Нефтяная и нефтеперерабатывающая промышленность		
86	Компрессорные станции	0.85	0.9
87	Глубинонасосные установки	0.8	0.6
88	Насосные станции по перекачке воды	0.85	0.8
89	Насосные станции по перекачке нефти	0.8	0.7

1	2	3	4
90	Бурящиеся буровые	0.75	0.7
91	Нефтедобывающий район в целом	0.8	0.6
92	Электрообессоливающая установка, при установленной мощности 130 кВт	0.7	0.55
93	Электрообессоливающая установка, при установленной мощности 350 кВт	0.85	0.85
94	Депарафинизация масел	0.85	0.95
95	Атмосферно-вакуумная трубчатка с электроприводом	0.88	0.8
96	Вторичная перегонка	0.85	0.95
97	Фенольные установки	0.85	0.95
98	Термический крекинг	-	0.85
99	Азеотропная установка	-	0.4
100	Алкилирование	0.86	0.65
101	Газофракционирующая установка	0.84	0.7
102	Каталитический крекинг	0.9	0.85
103	Сернокислотная очистка	-	0.3
104	Гидроформинг	-	0.5
Химическая промышленность			
105	Резиносмесители	0.8	0.68
106	Пелетайзеры	0.85	0.75
107	Компрессоры	0.85	0.7
108	Транспортное оборудование	0.65	0.35
109	Вентиляция	0.8	0.65
110	Технологическое оборудование	0.75	0.4
111	Двигатель-генератор	0.8	0.7
112	Подъемники	0.45	0.4
113	Технологическое оборудование	0.5	0.25
114	Зарядные агрегаты	0.8	0.625
115	Технологическое оборудование	0.6	0.45
116	Внутризаводской транспорт	0.75	0.65
117	Пневмотранспорт	0.8	0.7
118	Вентиляция	0.8	0.7
119	Технологическое отделение	0.77	0.55
120	Вентиляция	0.8	0.7
121	Пневмотранспорт	0.8	0.7
122	Станки	0.65	0.6
123	Вентиляция	0.8	0.7
124	Технологическое оборудование	0.7	0.65
125	Вентиляция	0.8	0.7
126	Технологическое оборудование	0.73	0.52
127	Вентиляция	0.8	0.7
128	Технологическое оборудование	0.6	0.4
129	Вентиляция	0.8	0.65
130	Технологическое оборудование	0.67	0.4
131	Вентиляция	0.8	0.7
132	Технологическое оборудование	0.62	0.46
133	Электрообогрев прессов	0.95	0.8
134	Установка ТВЧ	0.6	0.8
135	Внутризаводской транспорт	0.8	0.61
136	Вентиляция	0.8	0.65
137	Насосы	0.8	0.75
138	Массомешалки	0.8	0.6
139	Вертикальные паронитовые вальцы и отбор. Устройства	0.75	0.62
140	Вакуум-насосы РМК-3	0.8	0.45
141	Прочее технологическое оборудование	0.7	0.6
142	Электрообогрев прессов	0.95	0.8
143	Металлорежущие станки	0.8	0.18
144	Сантехническое оборудование	0.8	0.65
145	Пневмотранспорт	0.8	0.7

1	2	3	4
146	Транспортеры, шнеки, весовая, дозировки, лебедки	0.7	0.6
147	Лабораторное оборудование	0.65	0.6
148	Термические приемники	0.95	0.6
149	Вентиляторы сантехнические	0.8	0.7
150	Цех производства транспортных лент и приводных ремней (высоковольтные двигатели)	0.8	0.67
151	Цех производства транспортных лент и приводных ремней (низковольтные двигатели)	0.7	0.4
152	Цех производства формовой техники без учета электропроцессов	0.63	0.39
153	Цех производства формовой техники с учетом электропроцессов	0.8	0.67
154	Подготовительный цех	-	0.58
155	Цех спецшлангов (в том числе бездорновых рукавов)	0.57	0.41
156	Цех спиральных и буровых рукавов	0.6	0.3
157	Цех напорных рукавов	0.62	0.32
158	Цех клиновидных ремней	0.63	0.39
159	Подготовительный цех (высоковольтные двигатели)	0.9	0.7
160	Подготовительный цех (низковольтные двигатели)	0.65	0.65
161	Сборочный цех	0.65	0.5
162	Цех каландров (высоковольтные двигатели)	0.9	0.65
163	Цех каландров (низковольтные двигатели)	0.65	0.45
164	Автокамерный цех (высоковольтные двигатели)	0.9	0.8
165	Автокамерный цех (низковольтные двигатели)	0.75	0.4
166	Цех вулканизации	0.55	0.35
167	Цех очистки этилена	0.9	0.9
168	Цех полимеризации	0.75	0.5
169	Цех дистилляции и очистки азота	0.8	0.75
170	Цех грануляции	0.8	0.75
171	Цех катализации	0.65	0.85
172	Цех легковоспламеняющихся жидкостей	0.75	0.9
173	Цех разделения воздуха	0.95	0.87
174	Газовый цех (на природном газе)	0.8	0.87
175	Газовый цех (на газогенераторном газе)	0.8	0.65
176	Цех холодильных установок	0.9	0.79
177	Цех компрессии	0.9	0.87
178	Цех моноэтаноламиновой очистки	0.8	0.74
179	Цех синтеза аммиака	0.85	0.87
180	Цех водной очистки	0.8	0.89
181	Цех медно-аммиачной очистки	0.85	0.8
182	Цех синтеза метанола	0.7	0.81
183	Цех сероочистки	0.64	0.8
184	Цех конверсии окиси углерода	0.8	0.77
185	Цех ректификация метанола	0.72	0.5
186	Химический цех	0.8	0.6
187	Прядильный цех (с учетом динильных котлов)	0.75	0.65
188	Крутильный цех	0.75	0.7
189	Отделочный цех	0.75	0.7
190	Бобинажно-перемоточный цех	0.75	0.8
191	Цех регенерации отходов	0.7	0.65
192	Химический цех	0.7	0.55
193	Прядильный цех	0.8	0.7
194	Крутильный цех	0.8	0.7
195	Ткацкий цех	0.75	0.85
196	Химический цех	0.7	0.55
197	Прядильный цех (без электроверетен)	0.75	0.65
198	Отделочный цех	0.75	0.65
199	Бобинажно-перемоточный цех	0.7	0.8



1	2	3	4
200	Химический цех	0.7	0.6
201	Прядильно-отделочный цех	0.8	0.75
202	Химический цех	0.65	0.9
203	Прядильный цех	0.7	0.85
204	Кружильный цех	0.65	0.7
205	Цех регенерации ацетона	0.8	0.9
206	Водонасосная	0.8	0.75
207	Цех слабой азотной кислоты при повышенном давлении	0.95	0.86
208	Цех слабой азотной кислоты при нормальном давлении	0.91	0.78
209	В целом по заводу, исключая электролиз хлора и каустической соды	0.9	0.6
210	Электролиз (серии ванн) производства хлора и каустической соды	0.9	1
Полиграфическая промышленность			
211	Наборный цех в целом	0.8	0.63
212	Ротационный цех в целом	0.7	0.54
213	Цех изготовления офсетных форм в целом	0.85	0.54
214	Цех глубокой печати в целом	0.75	0.58
215	Брошюровочный цех в целом	0.65	0.66
216	Печатный цех в целом	0.72	0.47
217	Переплетный цех в целом	0.54	0.5
218	Печатные машины Пламаг и Вимаг (газеты)	0.24	0.35
219	Печатные машины ГА, ГА-2 и ГАУ (газеты)	0.4	0.7
220	Многокрасочные печатные машины Пламаг (журналы)	0.45	0.7
221	Печатные машины Планета (журналы, иллюстрации)	0.3	0.65
222	Печатные машины ПД-2 и ПД-3 (книги, журналы)	0.45	0.66
223	Печатные машины ПРК-2, ПРК-3 и Пламаг (книги, журналы)	0.5	0.62
224	Строкоотливные машины Н-7 и Н-11	0.75	0.95
225	Фальцевальные машины	0.3	0.55
226	Вкладочно-швейные резальные агрегаты ВШРА (журналы)	0.5	0.6
Пищевая промышленность			
227	Технологическое оборудование	-	0.6
228	Транспортное оборудование	-	0.8
229	Жидкостные насосы	0.8	0.9
230	Воздушные и газовые компрессоры, насосы	0.8	0.75
231	Вентиляторы и дымососы	-	0.75
232	Мельница сортового помола	0.8	0.75
233	Мельница обойного помола	0.8	0.8
234	Сушильно-очистительные башни с шахтами и газовыми сушилками	0.75	0.5
235	Сушильно-очистительные башни и механизированные склады зерна	0.75	0.8
236	Технологическое оборудование	0.7	0.55
237	Нагревательное оборудование	0.95	0.85
238	Компрессоры, насосы	0.8	0.7
239	Технологическое оборудование	0.7	0.5
240	Нагревательное оборудование	0.95	0.85
241	Компрессоры, насосы	0.8	0.7
242	Технологическое оборудование для производства масла, сыра, брынзы, цельномолочной продукции	0.75	0.6
243	Технологическое оборудование для производства молочных консервов	0.75	0.7
244	Транспортное оборудование	0.75	0.6
245	Вентиляционное оборудование	0.75	0.75
246	Холодильное оборудование	0.8	0.7
247	Теплотехническое оборудование	0.8	0.6
248	Технологическое оборудование	0.7	0.4
249	Нагревательное оборудование	0.95	0.8

1	2	3	4
250	Дымогенераторы	0.95	0.6
251	Печи производства рыбных консервов	1	0.3
252	Сушилки тоннельного типа: привод	0.75	0.7
253	Сушилки тоннельного типа: нагрев	0.95	0.8
254	Транспортное и грузоподъемное оборудование	0.75	0.3
255	Насосы	0.8	0.7
256	Компрессоры и морозильные агрегаты	0.85	0.8
257	Выпрямители	0.6	0.8
258	Вентиляторы технологические	0.8	0.6
259	Технологическое оборудование	0.7	0.3
260	Нагревательное оборудование	0.95	0.4
261	Грузоподъемное оборудование	0.65	0.3
262	Компрессоры, насосы	0.8	0.6
263	Вентиляторы технологические	0.7	0.6
264	Компрессоры	0.85	0.8
265	Насосы	0.8	0.6
266	Лифты	0.65	0.2
267	Вентиляторы технологические	0.7	0.6
268	Зарядные станции	0.82	0.85
269	Вентиляторы сантехнические	0.8	0.7
270	Станки РММ	0.6	0.6

**Таблица П1.3. Коэффициенты участия в максимуме нагрузки**

Наименование зданий (помещений) с наибольшей расчетной нагрузкой	Жилые дома		Предприятия общественного питания		Средние учебные заведения, библиотек и	Общеобразовательные школы, профессионально-технические училища	Организации и учреждения управления, проектные и конструкторские организации, учреждения финансирования и кредитования	Предприятия торговли		Гостиницы	Парикмахерские	Детские ясли-сады	Поликлиники	Ателье и комбинаты	Предприятия коммунального обслуживания	Кинотеатры
	с электрическими плитами	с плитами на твердом или газообразном топливе	столовые	рестораны, кафе				односменные	полторасменные, двухсменные							
Жилые дома: с электрическими плитами	-	0,9	0,6	0,7	0,6	0,4	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,4	0,7	0,6	0,7	0,9
с плитами на твердом или газообразном топливе	0,9	-	0,6	0,7	0,5	0,3	0,4	0,5	0,8	0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5	0,9
Предприятия общественного питания (столовые, кафе и рестораны)	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5

**Окончание таблицы П 1.3**

Наименование зданий (помещений)	Жилые дома		Предприятия общественного питания		Средние учебные заведения, библиотеки и	Общественные школы,	Организации и учреждения	Предприятия торговли		Гостиницы	Парикмахерские	Детские ясли-сады	Поликлиники	Ателье и комбинаты	Предприятия коммунального	Кинотеатры
Общеобразовательные школы, средние учебные заведения, профессионально-технические училища, библиотеки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Предприятия торговли (односменные и полутора-двухсменные)	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Организации и учреждения управления, проектные и конструкторские организации, учреждения финансирования и кредитования	0,5	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,5
Гостиницы	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,3	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,4	0,7	0,5	0,7	0,9
Поликлиники	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Ателье и комбинаты бытового обслуживания, предприятия коммунального обслуживания	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Кинотеатры	0,9	0,9	0,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,8	0,7	0,8	0,2	0,4	0,4	0,5	-

## Приложение 2. Технические данные для выбора оборудования

Таблица П.2.1. Номинальные напряжения систем электроснабжения

Номинальные напряжения приемников и сети, кВ	Номинальные междуфазные напряжения на зажимах, кВ		
	Генераторов	Трансформаторов	
		Первичные обмотки	Вторичные обмотки
0,22	0,23	0,22	0,23
0,38	0,4	0,38	0,4
0,66	0,69	0,66	0,69
(3)	(3,15)	(3)	(3,15)
6	6,3	6 и 6,3*	6,3 и 6,6
10	10,5	10 и 10,5*	10,5 и 11
20	21	20 и 21*	22
35	—	35	38,5
110	—	110	115 и 121
(150)	—	(150)	(158)
220	—	220	230 и 240
330	—	330	347
500	—	500	—
750	—	750	—
1150	—	1150	—

Примечания: 1. Напряжения, указанные в скобках, для вновь проектируемых сетей не рекомендуются.  
2. Знаком \* отмечены напряжения трансформаторов, присоединяемых непосредственно к шинам генераторного напряжения электрических станций или к выводам генераторов.

Таблица П.2.2. Технические данные магистральных шинопроводов переменного тока

Показатель	ШЗМ-16	ШМА-73	ШМА-68Н	
Номинальный ток, А	1600	1600	2500	4000
Номинальное напряжение, В	380/220	660	660	660
Электродинамическая стойкость ударному току КЗ, кА	70	70	70	100
Активное сопротивление на фазу, Ом/км	0,018	0,031	0,027	0,013
Реактивное сопротивление на фазу, Ом/км	0,012	0,017	0,023	0,020
Число и размеры шин на фазу, мм	2(100x10)	2(90x8)	2(120x10)	2(160x10)
Число и сечение нулевых проводников, мм <sup>2</sup>	-	2x710	2x640	2x640
Максимальное расстояние между точками крепления, мм	6000	6000	3000	3000

Таблица П.2.3. Технические данные распределительных шинопроводов переменного тока

Показатель	ШРА-73			ШРМ-75			ШРА-74
	250	400	630	100	250	400	630
Номинальный ток, А	250	400	630	100	250	400	630
Номинальное напряжение, В	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220
Активное сопротивление на фазу, Ом/км	0,20	0,13	0,085	-	0,15	0,15	0,14
Реактивное сопротивление на фазу, Ом/км	0,10	0,10	0,075	-	0,20	0,20	0,10
Размеры шин на фазу, мм	35x5	50x5	80x5	-	35x5	50x5	80x5
Максимальное расстояние между точками крепления, мм	3000			2000			3000

**Таблица П.2.4.** Допустимые температуры токопроводов

Вид и материал проводника	Длительно допустимая $t$ жил по нормам? °С	Кратковременно допустимая $t$ жил при перегрузках, °С	Максимально допустимое превышение нагрева жилы <sup>1</sup> по нормам, °С
Шины и неизолированные провода:			
медные	70	125	200
алюминиевые	70	125	150
стальные, непосредственно не соединенные с аппаратами	70	125	350
то же, непосредственно соединенные с аппаратами	70	125	250
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией:	80	125	200/150
до 1—3 кВ	65	100	200/150
6 кВ	70	90	200/150
10 кВ	55		125/—
20 кВ	65		125/—
35 кВ			
Кабели и провода с резиновой изоляцией:	55	100	150/150
обычной	65	110	150/150
теплостойкой	70	90	150/150
Кабели и провода с ПВХ изоляцией	70	80	120/120
Кабели и провода с полиэтиленовой изоляцией			

<sup>1</sup>В числителе с медными, в знаменателе — с алюминиевыми жилами.

**Таблица П.2.5.** Допустимые температуры токопроводов при КЗ

Вид токопровода	$t, ^\circ\text{C}$
медные шины	300
алюминиевые шины	200
стальные шины, не имеющие непосредственного соединения с аппаратами	400
стальные шины с непосредственным присоединением к аппаратам	300
кабели с бумажной пропитанной изоляцией до 10 кВ	200
кабели с бумажной пропитанной изоляцией 20-220 кВ	125
кабели и изолированные провода с медными и алюминиевыми жилами и ПВХ или резиновой изоляцией	150
кабели и изолированные провода с медными и алюминиевыми жилами и полиэтиленовой изоляцией	120
медные неизолированные провода при тяжениях менее 20 Н/мм <sup>2</sup>	250
медные неизолированные провода при тяжениях 20 Н/мм <sup>2</sup> и более	200
алюминиевая часть сталеалюминиевых проводов	200

Таблица П.2.6. Допустимые температуры нагрева жил кабелей и температурный коэффициент  $k_T$

Напряжение и тип изоляции кабеля	$\tau_D, ^\circ\text{C}$	$\tau_n, ^\circ\text{C}$	$\tau_k, ^\circ\text{C}$		$k_T, \text{A}^*\text{c}^{1/2} \text{мм}^2$	
			Медные жилы	Алюминиевые жилы	Медные жилы	Алюминиевые жилы
Кабели с бумажной изоляцией для напряжения, кВ: До 3 6 10	80 65 60	125 100 90	200	150	165	95
Кабели с поливинилхлоридной изоляцией для напряжения, кВ: 6 10	65	75	150	150	114 118	75 78
Кабели с полиэтиленовой изоляцией для напряжения, кВ: 6 10	65	72	120	120	94 98	62 65
Примечание. $\tau_D$ — допустимая температура нагрева жилы кабеля при дополнительно допустимой нагрузке; $\tau_n$ — допустимая температура нагрева жилы при кратковременных перегрузках (до 4 мин); $\tau_k$ — максимально допустимая температура нагрева жилы при токах КЗ.						

Таблица П.2.7. Экономическая плотность тока для проводов, шин и кабелей

Проводники	Экономическая плотность тока, $\text{A}/\text{мм}^2$ , при числе часов использования максимума нагрузки в год		
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	более 5000
Неизолированные провода и шины:			
медные	2,5	2,1	1,8
алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами:			
медными	3,0	2,5	2,0
алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
медными	3,5	3,1	2,7
алюминиевыми	1,9	1,7	1,6
Примечание. Экономически целесообразное сечение $F, \text{мм}^2$ , определяется из соотношения $F = I / j_{\text{эк}}$ , где $I$ — расчетный ток в часы максимума нагрузки энергосистемы, А; $j_{\text{эк}}$ — нормированное значение экономической плотности тока, $\text{A}/\text{мм}^2$ , для заданных условий работы. $I$ принимают для нормального режима работы, т. е. увеличение тока в послеварийных и ремонтных режимах сети не учитывают.			

Таблица П.2.8. Условия выбора и проверки электрических аппаратов и проводников

Электрический аппарат или проводник	Условия выбора и проверки
1	2
Выключатель	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч} = I_{раб.наиб.};$ $I_{нг.доп} \geq I_{нг.расч}; I_{вкл.норм} \geq I_{П0}; i_{вкл.норм} \geq i_{уд};$ $I_{пр.скв} \geq I_{П0}; i_{пр.скв} = i_{дин} \geq i_{уд};$ $I_{терм.норм}^2 t_K \geq B_K \text{ при } t_K = t_{откл} \geq t_{терм.норм};$ $B_{тер} = I_{терм.норм}^2 t_K \geq B_K \text{ при } t_K < t_{терм.норм};$ $I_{откл.ном} \geq I_{Пт}; i_{а.норм} = \sqrt{2} \beta_{норм} I_{откл.ном} \geq i_{ат}.$
Разъединитель	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч} = I_{раб.};$ $i_{пр.скв} = i_{дин} \geq i_{уд}; I_{откл.доп} \geq I_{рабт};$ $I_{пр.тер}^2 t_{пр.тер} = I_{тер.норм}^2 t_{тер.норм} \geq B_K \text{ при } t_K \geq t_{тер.норм};$ $B_{тер} = I_{терм.норм}^2 t_K \geq B_K \text{ при } t_K < t_{терм.норм}.$
Отделитель	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч} = I_{раб.};$ $i_{пр.скв} = i_{дин} \geq i_{уд}; I_{откл.доп} \geq I_{рабт};$ $I_{пр.тер}^2 t_{пр.тер} = I_{тер.норм}^2 t_{тер.норм} \geq B_K \text{ при } t_K \geq t_{тер.норм};$ $B_{тер} = I_{терм.норм}^2 t_K \geq B_K \text{ при } t_K < t_{терм.норм}.$
Короткозамыкатель	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; i_{пр.скв} = i_{дин} \geq i_{уд};$ $I_{тер.норм}^2 t_{тер.норм} \geq B_K \text{ при } t_K \geq t_{тер.норм};$ $B_{тер} = I_{терм.норм}^2 t_K \geq B_K \text{ при } t_K < t_{терм.норм}.$
Выключатель нагрузки	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч}; I_{вкл.доп} \geq I_{П0};$ $i_{вкл.доп} \geq i_{уд}; I_{пр.скв} \geq I_{П0}; i_{пр.скв} = i_{дин} \geq i_{уд};$ $I_{тер.норм}^2 t_{тер.норм} \geq B_K \text{ при } t_K \geq t_{тер.норм};$ $B_{тер} = I_{терм.норм}^2 t_K \geq B_K \text{ при } t_K < t_{терм.норм};$ $I_{откл.ном} = I_{ном} \geq I_{рабт}.$
Предохранитель	$U_{ном} = U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч};$ $I_{откл.ном} \geq I_{пр.ож}.$



Окончание таблицы П.2.8

1	2
Разрядник (ОПН)	$U_{ном} = U_{сети.ном}; u_{проб} \leq u_{доп.расч};$ $u_{ост.наиб} \leq u_{доп.расч}; i_{сопр.доп} = i_{откл} \geq i_{сопр.расч}.$
Трансформатор тока	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч};$ $i_{дин} = k_{дин} \sqrt{2} I_{1ном} \geq i_{уд}; Z_{2ном} > Z_{2расч} = r_{2расч};$ $I_{тер.ном}^2 t_{тер.ном} = I_{тер} I_{1ном} t_{тер.ном} \geq B_K.$
Трансформатор напряжения	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; S_{ном} \geq S_{2расч};$ $S_{пред} S_{max} \geq S_{2наиб}.$
Опорный изолятор	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; F_{доп} = 0,6F_{раз} \geq F_{расч}; F_{доп} = F_{разр} \geq F_{расч}.$
Проходной изолятор	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч}; F_{доп} = 0,6F_{раз} \geq F_{расч}.$
Реактор	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч}; i_{дин} \geq i_{уд};$ $I_{тер.ном}^2 t_{тер.ном} \geq B_K; x_p \geq x_{p.расч}.$
Автомат	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч}; i_{вкл.наиб} \geq i_{уд}; i_{дин} \geq i_{уд};$ $I_{тер.ном}^2 t_{тер.ном} \geq B_K; I_{откл.ном} \geq I_{Птож}.$
Контактор	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч}; P_{подкл.доп} \geq P_{подкл.расч}.$
Магнитный пускатель	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч}; P_{подкл.доп} \geq P_{подкл.расч}.$
Рубильник	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч}; i_{дин} \geq i_{уд}.$ $I_{тер.ном}^2 t_{тер.ном} \geq B_K; I_{откл.ном} \geq I_{рабт} - \text{в случае наличия}$ <p>разрывных контактов или дугогасительной камеры.</p>
Шина, провод неизолированный	$F = F_{эк} = I_{ном.расч} / j_{эк} \text{ (за исключением сборных шин электроустановок, сетей напряжением до 1 кВ с}$ <p><math>T_{наиб} &lt; 5000 \text{ ч, сетей временных сооружений и ответвлений к электроприемникам напряжением до 1 кВ, к резисторам, реакторам и т. п.)}</math></p> <p>Сечение проводников воздушных линий 330—1150 кВ выбирается по экономическим интервалам.</p> $I_{дл.доп} = I_{прод.доп} \geq I_{прод.расч}; \sigma_{доп} \geq \sigma_{расч};$ $\mathcal{G}_{кр.доп} \geq \mathcal{G}_{кн} \text{ или } F \geq F_T = \sqrt{B_K} / C_T.$
Кабель, провод изолированный	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; F = F_{эк} = I_{ном.расч} / j_{эк}; I_{нг.доп} \geq I_{нг.расч};$ $I_{дл.доп} = I_{прод.доп} \geq I_{прод.расч};$ $\mathcal{G}_{кр.доп} \geq \mathcal{G}_{кн} \text{ или } F \geq F_T = \sqrt{B_K} / C_T.$
Закрытый шинный токопровод	$U_{ном} \geq U_{сети.ном}; I_{ном} \geq I_{прод.расч}; i_{дин} \geq i_{уд};$ $I_{тер.ном}^2 t_{тер.ном} \geq B_K.$

**Примечание:** В таблице приняты следующие обозначения:  $I_{П0ож}$  — действующее значение периодической составляющей ожидаемого тока КЗ в начальный момент;  $I_{Птож}$  — действующее

значение периодической составляющей ожидаемого тока КЗ в момент начала расхождения дугогасительных контактов аппарата;  $I_{рабт}$  — рабочий ток цепи в момент начала расхождения дугогасительных контактов аппарата;  $u_{проб}$  — импульсное пробивное напряжение разрядника;  $u_{ост.наиб}$  — наибольшее остающееся напряжение на разряднике при прохождении через него тока;  $u_{доп.расч}$  — допустимое расчетное напряжение на изоляции элементов электроустановки, защищаемых данным разрядником;  $i_{сопр.расч}$  — расчетное значение сопровождающего тока разрядника;  $i_{сопр.доп}$  — предельно допустимое значение сопровождающего тока, который разрядник может оборвать;  $P_{родкл.доп}$  — допустимая мощность электродвигателей, подключаемых к сети данным аппаратом;  $P_{родкл.расч}$  — расчетная мощность электродвигателей, подключаемых к сети данным аппаратом;  $T_{наиб}$  — время использования наибольшей нагрузки.

**Таблица П.2.9.** Значения сопротивлений катушек расцепителей максимального тока автоматических выключателей напряжением до 1 кВ

Номинальный ток расцепителя, (при 65 °С), А	100	140	200	400	600
$X_B$ , мОм	0,86	0,55	0,28	0,10	0,094
$R_H$ , мОм	1,8	0,74	0,36	0,15	0,12

**Таблица П.2.10.** Значения активных переходных сопротивлений контактов  $R_K$  аппаратов, мОм

Номинальный ток аппарата, А	50	100	200	400	600	1000	1600
Автомат	1,3	0,75	0,6	0,4	0,25	—	—
Рубильник	-	0,5	0,4	0,2	0,15	0,08	—
Разъединитель	-	-	-	0,2	0,15	0,08	0,02

**Таблица П.2.11.** Сопротивления первичных обмоток трансформаторов тока (класса точности 1)

Коэффициент трансформации ТТ	100/5	150/5	200/5	300/5	400/5	500/5
$X_{Т.Т}$ , мОм	2,7	1,2	0,67	0,3	0,17	0,07
$R_{Т.Т}$ , мОм	1,7	0,75	0,42	0,2	0,17	0,05

**Таблица П.2.12.** Токи трехфазного КЗ  $I_K^{(3)}$  (кА) в цепях напряжением 0,38 кВ при КЗ за трансформатором (длина кабеля 0 м) и на расстоянии 50 м

Номинальная мощность трансформатора, кВ А	Длина кабеля				
	0 м	50 м			
		Площадь сечения алюминиевой жилы кабеля			
		150 мм <sup>2</sup>	95 мм <sup>2</sup>	50 мм <sup>2</sup>	
400	9,8	7,3	6,7	5	
630	15	10	8,2	5,6	
1000	22,5	12	9,3	6	
1600	34,3	14,8	11	7	
2500	48	15,5	11,5	7,1	

**Таблица П.2.13.** Ударные коэффициенты в зависимости от места КЗ

Место КЗ	$k_y$
Выводы явнополосного генератора с успокоительной обмоткой	1,93
Выводы ТТ	1,91
В цепи без учета активного сопротивления	1,8
На стороне до 1 кВ трансформаторов, кВ А:	1,4
1600; 2500	1,3
630; 1000	1,2
100; 250; 400	1,0
Удаленные точки КЗ с учетом активного сопротивления	

**Таблица П.2.14.** Значения ударных коэффициентов асинхронных двигателей при КЗ на их выводах

Параметр	Для асинхронных двигателей серий					
	А	АО	ДАЗО	АТМ	ВДД, ДВДА	ДАМ СО
$k_{y,d}$	1,56	1,49	1,50	1,67	1,66	1,55

**Таблица П.2.14.** Значения ударных коэффициентов СД при КЗ на их выводах

Тип СД	Номинальная мощность СД, МВт						
	1	2	4	6	8	10	12
СДН, ВДС,	1,82	1,84	1,87	1,89	1,9	1,91	1,91
СТД	1,83	1,87	1,91	1,92	1,925	1,93	1,94
СТМ							

**Таблица П.2.15.** Сопротивления элементов при однофазном КЗ

Элемент	Активное сопротивление	Реактивное сопротивление
Трансформатор, $Y/Y_H$	$R_T^{(1)} = (2...18) R_{1T}$	$X_T^{(1)} = (7...8) X_{1T}$
Трансформатор, $\Delta/Y_H$	$R_T^{(1)} = 3R_{1T}$	$X_T^{(1)} = 3X_{1T}$
Четырехжильные кабели	$R_K^{(1)} \approx 3R_{1K}$	$X_K^{(1)} \approx 4,5X_{1K}$
Шины	$R_{Ш}^{(1)} \approx 3R_{1Ш}$	$X_{Ш}^{(1)} \approx 4X_{1Ш}$
Шинопроводы ШМА	$R_{ШМА}^{(1)} \approx 3R_{1ШМА}$	$X_{ШМА}^{(1)} \approx 4X_{1ШМА}$
Автоматические выключатели	$R_a^{(1)} \approx 3R_{1a}$	$X_a^{(1)} \approx 4X_{1a}$
Контакты	$R_K^{(1)} \approx 3R_{1K}$	-

**Таблица П.2.15.** Характеристики автоматических выключателей

Тип выключателя	Номинальный ток выключателя, А	Номинальный ток расцепителя, А	Предельная коммутационная способность (ПКС), кА
1	2	3	4
АК63	63	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	2,3; 3; 3-5; 9.
АП50Б	50	1,6; 2,5; 4; 6,4; 10; 16; 25; 40; 50; 63	0,5-4; 0,3-3,5; 0,24-1,0.
АЕ1000	25	6; 10; 16; 20; 25	1,2; 1,8

Продолжение таблицы П.2.15.

1	2	3	4
AE2020	16	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 0; 12,5; 16	0,7-4; 0,7-1,6.
AE2040 AE2040M	63	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	2-6; 0,8-6; 2-4,5; 0,7-4
AE2050M	100	10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100	2,4-6; 2,1-4
AE2060	160	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	3,5-11,5; 3-6
AE2530	25	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,25; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	2-5; 0,8-5
AE2540	63	25; 31; 40; 50; 63	3-6
AE2550	100	50; 60; 80; 100	20
BA13-25	25	3,15; 5; 16; 25	1,5
BA13-29	63	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	6; 10
BA16	6,3-31,5	-	1
BA19 (BA19-29)	0,6-63	0,6-63	1,2-6; 2-10
BA22-27	40	6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40	1; 1,7-3
BA51-25 (BA51Г25)	0,3-25	0,3-4,0; (5-25)	1,5-3,8; 1,2-3,0
BA51	100; 160	6,3-100; 80-160	2-28; 1,5-12
BA51 BA52	400	250% 300; 400	35-85; 12-20
BA57-35	250	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250	5-110; 3,5-20
BA51-39	630	400; 500; 630	35; 20; 50
BA52-39	630	250; 320; 400; 500; 630	85; 40; 20
BA53-41	1000	(п/п): 630; 800; 1000; (э/м): 250; 400; 630; 1000	135; 33,5; 110
BA55-41	1000	(п/п): 630; 800; 1000; (э/м): 250; 400; 630; 1000	55; 33,5; 100
BA56-41	1000	(п/п): 630; 800; 1000; (э/м): 250; 400; 630; 1000	55; 33,5; 100
BA53-43	1600	1000; 1280; 1600	160; 47,5
BA55-43	1600	1000; 1280; 1600	100; 47,5
BA56-43	1600	1600	100; 47,5
BA75-45	2500	1575; 2000; 2500	50; 40
BA75-47	4000	2520; 3200; 4000	45
BA81-41	1000	250; 400; 630; 1000	45
BA83-41	1000	250; 400; 630; 1000	45
BA85-41	1000	250; 400; 630; 1000	45
BA5I-25	25	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	2
BA5IГ25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4,5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	3
BA5I-29	63	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	8
BA5I-3I	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	8
BA5IГ3I	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	8
BA52Г3I	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	14
BA5I-33	160	80; 100; 125; 160	10
BA5IГ33	160	80; 100; 125; 160	10
BA52Г33	160	80; 100; 125; 160	15

Окончание таблицы П.2.15.

1	2	3	4
ВА5I-35	250	160; 200; 250	10
ВА5I-37	400	250; 320; 400	12

Таблица П.2.16. Значения сопротивлений автоматических выключателей

$I_{ном}, А$	$R_a, мОм$	$x_a, мОм$
50	7	4,5
70	3,5	2
100	2,15	1,2
140	1,3	0,7
200	1,1	0,5
400	0,65	0,17
600	0,41	0,13
1000	0,25	0,1
1600	0,14	0,08
2500	0,13	0,07
4000	0,1	0,05

Примечание. Приведенные значения сопротивлений включают в себя сопротивления токовых катушек расцепителей и переходные сопротивления подвижных контактов.

Таблица 2.17. Приближенные значения активных сопротивлений разъемных контактов коммутационных аппаратов напряжением до 1 кВ

Номинальный ток аппарата, А	Активное сопротивление, мОм	
	рубильника	разъединителя
50	—	—
70	—	—
100	0,5	-
150	—	-
200	0,4	—
400	0,2	0,2
600	0,15	0,15
1000	0,08	0,08
2000	—	0,02
3000	—	0,02

Таблица 2.18. Технические данные трансформаторов тока

Тип трансформатора	Номинальное напряжение, кВ	Класс точности		Номинальный первичный ток, А
		1-го сердечника	2-го сердечника	
1	2	3	4	5
ТКЛ-0,5	0,5	0,5	—	5—800
ТК-10	0,5	0,5	—	5—1000
ТК-15	0,5	0,5	—	5—1000
ТК-20	0,5	0,5	—	5—1000
ТКЛ -20	0,66	0,5	—	5—200
ТШЛ-20	0,66	0,5	—	300, 400
ТКЛ-40	0,66	0,5	—	5—400
ТКФМ-3-	3	1	—	5—600
ТКЛ-3-0,5	3	0,5	—	5—600

Окончание таблицы П2.18

1	2	3	4	5
ТКЛ-10-0,5	10	0,5	0,5	5—200
ТПЛ-10-Р	10	0,5	—	5—200
ТПОЛ-10-Р	10	0,5	—	600, 800
ТПШЛ-10-Д/Д	10	3	3	2000
ТПФМ-10-0,5	10	0,5	—	5—400
ТПФМ-10-0,5/0,5	10	0,5	0,5	5—400
ТПФМ-10-0,5/3	10	0,5	3	6—400
ТПФМ-10-1/1	10	1	1	5—400
ТПФМУ-10-0,5	10	0,5	-	30—300
ТПФМУ-10-0,5/0,5	10	0,5	0,5	300—300
ТПФМУ-10-1/1	10	1	1	5—300
ТПФМУ-10-1/3	10	1	3	5—300
ТПФМД-10	10	Д	-	75—300
ТПФМУД-10	10	Д	-	75—300
ТПФМЗ-10	10	3	-	75—300
ТПФМУЗ-10	10	3	-	76—300
ТПОФ 10-0,5	10	0,5	-	600—1500
ТПОФ-10-0,5/0,5	10	0,5	0,5	750—1500
ТПОФ-10-1/1	10	1	1	600—1000
ТПОФ-10-1/3	10	1	3	600—1000
ТПОФУ-10-0,5/0,5	10	0,5	0,5	750—1000
ТПОФУ-10-1/1	10	1	1	600—1000
ТПОФУ-10-1/3	10	1	3	400—1000
ТПОФД-10-Д	10	Д	—	600—1500
ТПОФД-10-Д/0,5	10	Д	1 0,5	750—1500
ТПОФД-10-Д/3	10	Д	3	600—1500
ТПОФЗ-10-3	10	3	—	600—1500
ТПОФЗ-10-3/0,5	10	3	0,5	750—1500
ТПОФЗД-10-3/Д	10	3	Д	600—1500
ТПОФУД-10-Д/0,5	10	Д	0,5	750—1000
ТПОФУД-10-Д/1	10	Д	1	600—1000
ТПОФУЗ-10-3/0,5	10	3	0,5	750—1000
ТПОФУЗ-10-3/1	10	3	1	600—1000
ТПОЛ-10-Р	10	0,5	—	600—1500
ТПОЛ-10-0,5/Р	10	0,5	0,5	600—1500
ТПШФ-10-0,5/0,5	10	0,5	0,5	2000—5000
ТПШФ-10-0,5/3	10	0,5	3	2000—5000
ТПШФД-10-Д/0,5	10	Д	0,5	2000—5000
ТПШФД-10-Д/3	10	Д	3	2000—5000
ТПШФЗ-10-3/0,5	10	3	0,5	2000—5000
ТПШФЗД-10-3/Д	10	3	Д	2000—5000

Примечания: 1. Обозначение трансформаторов тока: Т — тока; К — катушечный; Л — изоляция из литой синтетической смолы; Ш — шинный; Ф — с фарфоровой изоляцией; М — модернизированный; П — проходной многовитковый и проходной; О — одновитковый; У — усиленный; Д — для дифференциальной защиты; З — для защиты от замыкания на землю; Р — для релейной защиты.

2. Трансформаторы тока изготавливаются на следующие номинальные токи: 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1600, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 10 000 и 15 000 А

Таблица П2.19. Трансформаторы тока напряжением выше 1 кВ

Тип	$I_{ном}$ первичный, А	Варианты исполнений вторичных обмоток	Электрическая стойкость, кА	Трехсекундная термическая стойкость, кА	Номинальная вторичная нагрузка, В А		Номинальная предельная кратность защитной обмотки	Масса, кг
					Измерительной обмотки	Защитной обмотки		
Для внутренних установок								
ТЛМ-6	300; 400 600—1500	1/ЮР 0,5/ЮР	125	33	10	15	20	27
ТОЛК-6	50; 80 100—200/300—600	1; ЮР	340 26	40 4,6/11	30	30	5,5	11,3
ТПЛ-10	30—200 300, 400	ЮР; 0,5/ЮР	250 170	45 45; 35	10	15	13	10—19
ТПЛУ-10	30—100	ЮР/ЮР	250	60	10	15	13	10—19
ТПОЛ-10	600; 800 1000/1500	ЮР; 0,5/ЮР;	81 69/45	32 27/18	10	15	19; 23 20/25	18 47
ТЛ-10	50—400 600; 800/1000	10Р/10Р 0,5/ЮР	51 128	50 50/40	10	15	15	25
ТОЛ-10	50/100—200 300; 400/600; 800 1000; 1500	0,5/ЮР	350/52 100	50 18,4/23 36	10/20 10	15/30 15	17/20 10	25
ТЛМ-10	50—150/200 300; 400/600—800	ЮР/ЮР	350/260 100	50 18,4/23	10	15	15	27
ТПЛК-10	1000; 1500 10—100 150—400 600; 800	0,5 ЮР 0,5/ЮР 0,5/ЮР	100 250 74,5 74,5	36 47	10	15	10 12 17	47
ТПОЛ-20	1000; 1500 400	ЮР/ЮР	74,5 120	40	20	15 20/30	20 13 18/24/26	43
ТПОЛ-35	600/800; 1000/1500 400	1/ЮР; ЮР/ЮР 0,5/ЮР; ЮР/ЮР	100	40	20	15	13	55
ТШЛ-10	600/800; 1000/1500 2000-5000	1/ЮР; ЮР/ЮР 0,5/ЮР; ЮР/ЮР	—	40/40/3 5	—	20/30 /50	18/24/26 25	26
ТПШЛ-10	4000; 5000	ЮР/ЮР 0,5/ЮР; ЮР/ЮР	—	35	20	30	23	43
ТШЛО-20	400 8000-12 000	ЮР/ЮР ЮР/ЮР ЮР	200 —	35 19 160	— 30	30 20 30	15 9	23 41—49

**Таблица П2.20.** Термическая и электродинамическая стойкости трансформаторов тока типа ТЛК-10

Номинальный первичный ток, А	Ток термической стойкости, кА при $t$ , с					Ток электродинамической стойкости, кА	Номинальная предельная кратность обмоток	
	1	1,5	2	2,5	3		№1	№2
30	3,2	-	-	-	1,6	8		
50	8	-	-	-	4	25		10
75	20 (40)	-	-	-	10	52	-	8
100								
150								
200								
300	31,5	(40)	-	-	16	52	5	10
400								
600	-	(40)	(40)	(40)	31,5	81	10	10
800								
1000								
1500				(40)			8	
							10	

**Таблица П2.21.** Трансформаторы тока, класс точности 0,5, ток вторичной обмотки 5 А (для ТОП 0.66, ТШП 0.66 и ТОЛ 35Б-ІІ — 1 А или 5 А)

Тип	Класс напряжения, кВ	Номинальный первичный ток, А	
ТОЛ-10	10	от 300 до 1500	
ТОЛ10-1		от 5 до 1500	
ТОЛ35Б-1	35	от 15 до 1000	
Тол35Б-11		от 15 до 2000	
ТОЛ35Б-111		от 500 до 3000	
ТПОЛ 10		от 20 до 1500	
ТЛШ 10	10	от 2000 до 5000	
ТШЛ 10			
ТОЛК	б или 10	от 50 до 600	
ТШЛ 0,66	0,66	от 2000 до 5000	
ТНШ 0,66		15000, 25000	
ТНШЛ 0,66		от 800 до 10000	
ТПЛ	20 или 35	от 300 до 1500	
ТШЛП 10	10	1000, 2000	
ТШЛ 20	20	от 6000 до 10000	
ТОП 0,66	0,66	от 1 до 250	
ТШП 0,66		от 300 до 1500	
ТЗЛМ		Ток чувствительности	8,5
ТЗРЛ			25
ТЗЛ 1			7
ТЗЛЭ-125 УХЛ			2,8
ТЗЗ-4			3



Таблица П2.22. Трансформаторы тока для внутренней установки

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Варианты исполнения вторичных обмоток	Класс точности обозначение вторичной обмотки	Номинальная нагрузка, В*А, в классе точности			Электродинамическая стойкость		Термическая стойкость		Масса, кг
		Первичный	Вторичный			0,5	1	3	кратность	$I_{дин}$ , А	Кратность / допустимое / время, отн. ед/с	Допустимый ток / допустимое время, кА/с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТВЛМ-6-1	6	10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400	5	-	-	1	15	-	-	-	3,5, 7, 10,6; 17,6; 26,6; 35,2; 52; 52; 52	0,64; 1,32; 1,96; 3,6; 4,9; 6,9; 9,7; 13,8; 17,5; 20,5	5,3
ТВЛМ-10*	10	20, 30, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500	5	-	0,5/P; P/P	-	15; 10	-	-	-	7; 10,6; 17,6; 35,2; 52; 52; 52; 52	0,94/4; 1,45/4; 2,45/4; 4,85/4; 6,25/4; 8,75/4; 12,5/4; 15/4	20; 20,5
ТОЛК-6,05	6	20, 30, 40, 50, 80, 100, 150, 200, 300, 400, 500	5	-	-	1	30	-	-	-	7; 10,5; 14; 17,6; 25; 25; 25	0,66/4; 0,98/4; 1,4/4; 1,8/4	11
ТЛМ-6УТ3	6	300; 400	5	1/P	1	10/15	-	-	-	125	-	25/4	27
	6	600; 800	5	0,5/P	0,5	10/15	-	-	-	125	-	25/4	27
	6	1000; 1500	5	0,5/P	0,5	10/15	-	-	-	125	-	25/4	27
ТПЛК-10	10	10; 15; 30; 50	5	0,5/10P; 10P/10P	0,5 10P	10 15	-	-	-	2,47; 3,7; 7,4	-	0,45/4; 0,675/4; 1,35/4	47
	10	100-400	5							74,5	-	2,25/4; 14,5/4	-
	10	600; 800	5							14,8	-	19/4	-
	10	1500	5							74,5	-	27/4	-
	10		5										

Продолжение таблицы П2.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
ТЛМ-10-1 ТЛМ-10-2	10	50	5	0,5/10P; 10P/10P		10P	-	-	-	17,6	-	2,8(3)	-	
	10	100	5								35,2	-	6,3(3)	-
	10	150	5								52	-	7,2(3)	-
	10	200	5								52,0	-	10,1(3)	-
	10	300;400	5			0,5	10	-	-	-	100,0	-	18,4(3)	-
	10	600; 800	5			0,5-10P	15				100,0	-	23,3(3)	-
	10	1000	5			0,5-10P	-				100,0	-	26,3(3)	-
ТЛ-10У3; ТЛ-10Т3	10	50	5							51	-	2,5/4	-	
	10	100	5							51	-	5,0/4	-	
	10	150	5							51	-	7,5/4	-	
	10	200	5	0,5/P	-0,5	10	-			51	-	10,0/4	-	
	10	300	5		P	-	15			51	-	15,0/4	-	
	10	400	5							51	-	20,0/4	-	
	10	600; 800	5							81	-	31,5/4	-	
ТЛ-10У3; ТЛ-10Т3	10	1000	5		0,5	2,0	-	-		81	-	31,5/4	-	
	10	1500	5	0,5/P	P	-	30	-	-	81	-	31,5/4	-	
	10	2000	5	0,5/P	P	-	30	-	-	81	-	31,5/4	-	
	10	2000	2,5	P/P	P	-	-	15	-	81	-	31,5/4	-	
	10	3000	5	0,5/0,5	0,5	14	-	-	-	81	-	31,5/4	-	
	10	3000	2,5	P/P	P	-	-	15	-	81	-	31,5/4	-	
	ТПК-10	10	50;	5		0,5	10	-	-	-	25	-	8/1	20
10		75; 100	5		-	10P	-	-	-	52	-	20/1	-	
10		150; 200	5							52	-	31,5/1	16,5	
10		300; 400	5							81	-	31,5/3	-	
10		600; 800	5							-	-	-	-	
10		1000; 1500	5							-	-	-	-	
ТПОЛ-10У3	10	600; 800	5	10P	0,5	10	-	-	81; 81	-	32(3)	-	18	
	10	100; 1500	5	10P/10P	10P	0,6	-	-	69	-	27(3)	-	-	
	10		5	0,5/10P		15	-	-	45	-	15(3)	-	-	

Продолжение таблицы П2.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
ТПОЛ-10ТЗ	10	600 800	5	10P; 10P/10P 0,5/10P	0,5 10P	10	-	-	81 81	- -	32(3) 32(3)	- -	18 -				
	10	1000	5			0,6	-	-	69	-	27(3)	-	-				
	10	1500	5			15	-	-	45	-	18(3)	-	-				
ТПОЛМ-10*	10	400; 600; 800	5	0,5/P; P/P	0,5 P	15	-	-	160 -	-	65/1 -	- -	- -				
	10	1000; 1500	5			15	-	-	155	-	65/1	-	-				
ТПОЛМ-10Т*	10	400; 600; 800	5	0,5/P; P/P	0,5 P	15	-	-	160	-	65/1	-	-				
	10	1000; 1500	5			15	-	-	155	-	65/1	-	-				
ТПШЛ-10УЗ	10	4000	5	10P;0,5/10P 10P	0,5 10P	-	-	-	20	-	35/3	-	43				
	10	5000	5			-	-	-	30	-	-	-	-				
ТПШЛ-10ТЗ	10	4000; 5000	5	10P;0,5/10P P/10P	0,5 10P	- -	- -	- -	20 30	- -	35(3) -	- -	43 -				
ТОЛ-10УЗ ТОЛ-10ТЗ	10	50	5	P/P					-	17,6	-	2,45/4	25				
	10	100	5						-	52	-	4,85/4	25				
	10	150	5						-	52	-	6,25/4	25				
									-	52	-	8,75/4	25				
	10	200	5						0,5	10	-	15	-	100	-	16/4	25
	10	300;400	5						3	-	-	-	-	100	-	20/4	25
	10	600; 800	5						-	-	-	-	-	100	-	31,5/4	25
	10	1000; 1500	5						-	-	-	-	-	100	-	31,5/4	25
ТШЛП-10УТЗ	10;11	1000; 200	5	P/P 0,5/P; P/P	3 0,5	- 20	- -	- -	- -	35/4	-	-	-				
ТШЛПК-10УТЗ	10; 11	1000; 200	5		P	30	-	-	-	35/4	-	-	-				
ТШЛ-10УТЗ	10; 11	2000; 3000	5	0,5/P; P/P	0,5	20	-	-	-	35/4	-	-	-				
ТШЛК-10УТЗ	10; 11	4000; 5000	5		P	30	-	-	-	35/4	-	-	-				
ТШЛ-6Т*	6	8000	5	0,5/P	0,5	1,2	-	-	-	-	-	20/4	-				

Продолжение таблицы П2.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТПЛ-10УЗ	10	5-200	5								250	34/3	10
	10	300	5	10P;0,5/10P	0,5	10		-	-	-	175	34/3	16
	10	400	5	10P/10P	10P	15	-	-	-	-	165	34/3	
ТПЛ-10ТЗ	10	50-200	5	10P;0,5/10P	0,5; 10P	10	-	-	-	-	250	34/3	10
	10	300	5	10P/10P		15	-	-	-	-	175	-	16
	10	400	5								165	-	-
ТПЛ-10УЗ	10	10-100	5	10P;0,5/10P	0,5	10	-	-	-	-	250	34/3	10
			5	10P/10P	10P	15	-	-	-	-	-	-	-
ТПЛУ-10ТЗ	10	50-100	5	10P;0,5/10P 10P/10P	0,5; 10P	10; 15	-	-	-	-	250	34/3	10; 16
ТЛШ-10УЗ(ТЗ)	10	2000; 3000	5	Н/Р; Р/Р	0,5	20	-	-	81	-	31	26	-
			5		-	-	30	-	-	-	-	-	-
ТШ-20-УХЛЗ ТШ-20-ТЗ	20	8000; 10000; 12000	5	-	10P	30	-	-	-	160(3)	-	45	-
			5	-	0,2	-	-	-	-	-	-	49	-
			5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ТШ-24	24	2000	5	-	10P 0,2	100	-	-	-	-	-	-	
ТШЛО-20	20	400	5	Р	0,5; Р	20	-	-	-	82	-	7500/4	105 3
ТПОЛ-20	20	400	5	1/10P 10P/10P	10P; 10P	-	15	-	-	120	-	16(3)	43
ТПОЛ-20	20	600	5	0,5/10P	0,5; 10P	20	-	-	-	120	-	24(3)	43
	20	800	5	10P/10P	0,5; 10P	30	-	-	-	120	-	32(3)	43
	20	1000; 1500	5		0,5; 10P	50	-	-	-	120	-	40(3); 60(3)	43
ТПОЛ-20Т	20	400; 600 800	5	10P	Р	20	-	-	75	-	40/4	-	-
			5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ТШВ-24	24	24000 3000	5	0,5	10P	-	-	-	-	-	6/3	-	-
			5		0,2	100	-	-	-	-	-	6/3	-
ТПОЛ-27	27	1500	5	Р/Р	Р	20	-	-	70	-	20/4	-	105
ТПОЛ-27	27	2500	5	Р/Р	Р	-	-	-	50	-	20/4	-	95

Окончание таблицы П2.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТПОЛ-35	35	400	5	10P/10P 1/10P	1; 10P	15	-	-	-	100	-	16/3	55
	35	600	5	10P/0,5; 10P/10P	0,5; 10P	20	-	-	-	100	-	24(3)	55
	35	800	5	10P/0,5; 10P/10P	0,5; 10P	30	-	-	-	100	-	32(3)	55
ТПОЛ-35	35	1000	5	10P/0,5  10P/10P	0,5  10P	50	-	-	-	100	-	40(3)	55
	35	1500	5	10P/0,5 10P/10P	0,5 10P	50	-	-	-	100	-	52(3)	55

\*Сняты с производства

Примечание. Обозначение типа трансформатора: Т – трансформатор тока или в тропическом исполнении (если Т стоит после цифры); К – катушечный, для КРУ; П – проходной или для установки на плоских шинах; О – одновитковый (стержневой) или опорный (ТОЛ); Л – с литой изоляцией или лабораторный; В – втулочный или воздушной изоляцией; У – усиленный или для районов с умеренным климатом (если У стоит после цифры); М – модернизированный или малогабаритный; ХЛ – для районов с холодным климатом; число после первого дефиса – номинальное напряжение, кВ; цифра 1 в конце – первый вариант или для работы на открытом воздухе; 2 – второй вариант или для работы в помещениях со свободным доступом наружного воздуха; 3 – для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией.

Таблица П2.23. Выключатели

№ п/п	Марка выключателя	$U_{ном.}$ , кВ	Максимальное рабочее напряжение, кВ	$I_{ном.}$ , А	Номинальный ток отключения, кА	Ток термической стойкости, кА (с)	Ток электродинамической стойкости, кА	Полное время отключения, мс	Масса выключателя (без масла), кг	Масса масла, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Масляные										
1	DW13-35 (баковый)	35	42	1250	20	20 (4)	50	100	1350	370
2	DW19-40.5 (баковый)	35	42	1250	20	20(4)	50	100	-	-
3	ВМПЭ-10-20/1000 У2 (маломасляный)	10	12	1000	20	20 (4)	52	0,11	200	5,5
4	ВМПЭ-10-20/1250 ТЗ(маломасляный)	10	12	1250	20	20 (4)	52	0,11	200	5,5
5	ВМПЭ-10-20/1600 У2(маломасляный)	10	12	1600	20	20 (4)	52	0,11	200	5,5
6	ВМПЭ-10-20/630 У2(маломасляный)	10	12	630	20	20 (4)	52	0,11	200	5,5
7	ВМПЭ-10-31,5/1000 У2(маломасляный)	10	12	1000	31,5	31,5 (4)	80	0,11	200	5,5
8	ВМПЭ-10-31,5/1250 ТЗ(маломасляный)	10	12	1250	31,5	31,5 (4)	80	0,11	200	5,5
9	ВМПЭ-10-31,5/1600 У2(маломасляный)	10	12	1600	31,5	31,5 (4)	80	0,11	200	5,5
10	ВМПЭ-10-31,5/630 ТЗ(маломасляный)	10	12	630	31,5	31,5 (4)	80	0,11	200	5,5
11	ВМПЭ-10-31,5/630 У2(маломасляный)	10	12	630	31,5	31,5 (4)	80	0,11	200	5,5
12	ВМУЭ-27,5-16/1250(маломасляный)	27,5	-	1250	16	16	41	80	330	-
13	ВМУЭ-35Б-25/1250(маломасляный)	35	-	1250	25	25	64	50	780	-

Продолжение таблицы П2.23

14	ВПМ-10-20/1000 УЗ(маломасляный)	10	12	1000	20	-	-	140	132	-
15	ВПМ-10-20/630УЗ (маломасляный)	10	12	630	20	-	-	140	125	-
16	С-35М-630-10(баковый)	35	-	630	10	10	-	80	-	-
Вакуумные, производство АВВ										
№ п/п	Марка выключателя	$U_{ном.}$ , кВ	Максимальное рабочее напряжение, кВ	$I_{ном.}$ , А	Номинальный ток отключения, кА	Ток термической стойкости, кА (с)	Полное время отключения, мс	Собственное время включения, мс	Ориентировочная стоимость, (долл.)	Кол-во отключений полного тока нагр.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	15ADV20 AA3F1	13,8	15	1200	20	20(2)	40	60	16000	1000
18	15ADV20 AA3F2	13,8	15	2000	20	20(2)	40	60	21300	1000
19	15ADV20 AA3F3	13,8	15	3000	20	20(2)	40	60	31000	1000
20	15ADV25 AA3G1	13,8	15	1200	25	25(2)	40	60	16800	1000
21	15ADV25 AA3G2	13,8	15	2000	25	25(2)	40	60	22400	1000
22	15ADV25 AA3G3	13,8	15	3000	25	25(2)	40	60	32500	1000
23	15ADV32 AA3H1	13,8	15	1200	31,5	31,5(2)	40	60	18500	1000
24	15ADV32 AA3H2	13,8	15	2000	31,5	31,5(2)	40	60	24600	1000
25	15ADV32 AA3H3	13,8	15	3000	31,5	31,5(2)	40	60	35700	1000
26	15ADV40 AA3J1	13,8	15	1200	40	40(2)	40	60	21300	1000
27	15ADV40 AA3J2	13,8	15	2000	40	40(2)	40	60	28300	1000
28	15ADV40 AA3J3	13,8	15	3000	40	40(2)	40	60	41000	1000
29	15ADV50 AA3K1	13,8	15	1200	50	50(2)	40	60	27700	1000
30	15ADV50 AA3K2	13,8	15	2000	50	50(2)	40	60	36800	1000
31	15ADV50 AA3K3	13,8	15	3000	50	50(2)	40	60	53400	1000
32	5ADV25 AA3A1	13,8	15	3000	50	50(2)	40	60		

Окончание таблицы П2.23

№ п/п	Марка выключателя	$U_{ном.}$ , кВ	Максимальное рабочее напряжение, кВ	$I_{ном.}$ , А	Номинальный ток отключения, кА	Ток термической стойкости, кА (с)	Ток электродинамической стойкости, кА	Полное время отключения, мс	Масса выключателя (без масла), кг	Механич. Ресурс главных контактов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вакуумные производства России										
33	BB/AST 10-12,5/1000	10	12	1000	12,5	12,5	32	25	44	50000
34	BB/AST 10-12,5/630	10	12	630	12,5	12,5	32	25	22	50000
35	BB/AST 10-12,5/800	10	12	800	12,5	12,5	32	25	44	50000
36	BB/AST 10-16/1000	10	12	1000	16	16	41	25	44	50000
37	BB/AST 10-16/630	10	12	630	16	16	41	25	44	50000
38	BB/AST 10-16/800	10	12	800	16	16	41	25	44	50000
39	BB/AST 10-20/1000	10	12	1000	20	20	51	25	44	50000
40	BB/AST 10-20/630	10	12	630	20	20	51	25	44	50000
41	BB/AST 10-20/800	10	12	800	20	20	51	25	44	50000
42	BB/TEL-10-12,5/1000 Y2	10	12	1000	12,5	12,5	32	25	37	50000
43	BB/TEL-10-20/1000 Y2	10	-	1000	20	20(3)	51	15	37	50000
44	BB/TEL-10-20/1600 Y2	10	-	1600	20	20(3)	51	15	70	30000
45	BB/TEL-10-25/1600 Y2	10	-	1600	25	25(3)	64	15	70	30000
46	BB/TEL-20-16/800 Y2	20	24	800	16	16(3)	41	55	36	30000



**Таблица П2. 24.** Сопротивления плоских шин

Размеры шин, мм	Сопротивление, мОм/м					
	активное при температуре 65°C		индуктивное медных и алюминиевых шин при среднегеометрическом расстоянии между фазами д.р, мм			
	медных шин	алюминиевых шин	100	150	200	300
25x3	0,268	0,475	0,179	0,2	0,295	0,244
30x3	0,223	0,394	0,163	0,189	0,206	0,235
30x4	0,167	0,296	0,163	0,189	0,206	0,235
40x4	0,125	0,222	0,145	0,17	0,189	0,214
40x5	0,1	0,177	0,145	0,17	0,189	0,214
50x5	0,08	0,142	0,137	0,156	0,18	0,2
50x6	0,067	0,118	0,137	0,156	0,18	0,2
60x6	0,056	0,099	0,119	0,145	0,163	0,189
60x8	0,042	0,074	0,119	0,145	0,163	0,189
80x8	0,031	0,055	0,102	0,126	0,145	0,17
80x10	0,025	0,044	0,102	0,126	0,145	0,17
100x10	0,02	0,035	0,09	0,113	0,138	0,157

**Таблица П.2.25.** Расчетные значения длительно допустимых токов шин из алюминиевого сплава

Диаметр шины, мм	Длительно допустимый ток, А								
	ЗРУ		ОРУ			при штиле и Q=0			
	окрашенные	неокрашенные	при штиле с учетом солнечной радиации		неокрашенные шины с учетом Qс при скорости ветра Г, м/с			окрашенные	неокрашенные
			окрашенные	неокрашенные	1	2	5	окрашенные	неокрашенные
70/ 64	1090	838	1 163	925	1073	1346	1787	1230	1014
80/ 74	1238	946	1316	932	1292	1654	2242	1394	1142
90/ 80	1786	1342	1876	1314	1538	1997	2738	1988	1622
100/ 90	1955	1477	2072	1436	1665	2170	2970	2198	1785
100/ 91	1863	1406	1972	1367	1585	2066	2835	2092	1699
100/ 94	1531	1156	1669	1124	1303	1698	2331	1720	1397
120/100	3227	2415	3469	2314	2645	3467	4779	3616	2914
120/110	2328	1742	2453	1669	1905	2499	3447	2609	2102
140/120	3746	2381	3936	2637	3623	3912	5412	4191	3356
150/130	4916	2965	4206	2797	3128	4132	5726	4481	3578
150/140	2886	2134	3028	2014	2252	2952	4122	3226	2576
180/170	3430	2512	3586	2336	2566	3415	4755	3826	3031
180/174	2672	1957	2981	1820	1999	2660	3706	2981	2362
210/190	5571	4027	5772	3695	3995	5354	7486	6171	4856
220/200	5806	4206	6461	3843	4135	5555	7779	6461	5072

**Таблица П 2.26.** Значения постоянной времени нагрева  $\tau$  для проводов и кабелей с медными жилами

Площадь сечения медной жилы, мм <sup>2</sup>	Значения $\tau$ , мин, для проводов с резиновой изоляцией				Значения $\tau$ , мин, для трехжильных бронированных кабелей с бумажной изоляцией на 1 ...3 кВ	
	одножильных, проложенных открыто на опорах	двужильных, проложенных в одной трубе	трех-жильных	четырёх-жильных	проложенных в земле	проложенных на воздухе
4	2,4	2,5	3	4	6	18
6	3	4	4,75	6,25	7,2	19,1
10	4,2	6,75	7,5	9,5	8,4	20,6
16	5,6	9,3	11	13,7	10,8	21,6
25	7,2	13	15,7	19,5	12	26,4
35	9	15,7	19,5	24	14,4	28,8
50	12	19	23,5	28,3	18	32,4
70	15	22	27,5	33	21,6	32,4
95	18,4	26,3	32	37,5	26,4	43
120	21,4	29,5	35,8	42	30	48
150	24,4	33,5	42	47	34,7	53
185	—	—	—	—	40	60
240	—	—	—	—	45	90

**Таблица П2.27.** Допустимый ток трёхфазных токопроводов из шихтованного пакета алюминиевых прямоугольных шин

Размер полосы, мм	Ток, А, при числе полос в пакете					
	3	6	9	12	18	24
100 x 10	1240	2470	3690	4920	7390	9900
120 x 10	1445	2885	4300	5735	8590	11435
140 x 10	1665	3320	4955	6605	9895	13190
160 x 10	1850	3695	5525	7365	11025	14725
180 x 10	2070	4125	6155	8210	12295	16405
200 x 10	2280	4550	6790	9055	13565	18080
250 x 10	2795	5595	8320	11090	16640	22185
250 x 20	3880	7710	11540	15385	23010	30705
300 x 10	3300	6600	9815	13085	19625	26130
300 x 20	4500	8960	13395	17860	26760	35655

\*Токи приведены для неокрашенных шин, установленных на ребро, при зазоре между шинами 30 мм для шин высотой 300 мм и 20 мм для шин высотой 250 мм и менее.

**Таблица П2.28.** Допустимый длительный ток для шин прямоугольного сечения

Размеры, мм	Медные шины				Алюминиевые шины				Стальные шины	
	Ток*, А, при количестве полос на полюс или фазу								Размеры, мм	Ток*, А
	1	2	3	4	1	2	3	4		
15 x 3	210				165	—			16x2,5	55/70
20 x 3	275	—	—	—	215	—	—	—	20x2,5	60/90
25 x 3	340	—	—	—	265	—	—	—	25 x 2,5	75/110
30 x 4	475	—	—	—	365/370	—	—	—	20 x 3	65/100
40 x 4	625	-/1090	—	—	480	-/855	—	—	25 x 3	80/120
40x 5	700/705	-/1250	—	—	540/545	-/965	—	—	30x 3	95/140
50x 5	860/870	-/1525	-/1895	—	665/670	-/1180	-/1470	—	40x3	125/190
50x6	955/960	-/1700	-/2145	—	740/745	-/1315	-/1655	—	50x3	155/230*
60x6	1125/1145	1740/1990	2240/2495	—	870/880	1350/1555	1720/1940	—	60 x 3	185/280
80x6	1480/1510	2110/2630	2720/3220	—	1150/1170	1630/2055	2100/2460	—	70 x 3	215/320
100x6	1810/1875	2470/3245	3170/3940	—	1425/1455	1935/2515	2500/3040	—	75 x 3	230/345
60 x 8	1320/1345	2160/2485	2790/3020	—	1025/1040	1680/1840	2180/2330	—	80 x 3	245/365
80 x 8	1690/1755	2620/3095	3370/3850	—	1320/1355	2040/2400	2620/2975	—	90x3	275/410
100x8	2080/2180	3060/3810	3930/4690	—	1625/1690	2390/2945	3050/3620	—	100x3	305/460
120x8	2400/2600	3400/4400	4340/5600	—	1900/2040	2650/3350	3380/4250	—	20x4	70/115
60 x 10	1475/1525	2560/2725	3300/3530	—	1155/1180	2010/2110	2650/2720	—	22 x 4	75/125
80 x 10	1900/1990	3100/3510	3990/4450	—	1480/1540	2410/2735	3100/3440	—	25 x 4	85/140
100 x 10	2310/2470	3610/4325	4650/5385	5300/6060	1820/1910	2860/3350	3650/4160	4150/4400	30x4	100/165
120 x 10	2650/2950	4100/5000	5200/6250	5900/6800	2070/2300	3200/3900	4100/4860	4650/5200	40x4	130/220
									50x4	165/270
									60x4	195/325
									70x4	225/375
									80x4	260/430
									90x 4	290/480
									100x4	325/535

\*В числителе приведены значения переменного тока, в знаменателе — постоянного.

**Таблица П2.29.**

Технические данные трубчатых разрядников

Тип разрядника	Номинальное напряжение, кВ	Ток отключения, кА	Внешний искровой промежуток, мм	Начальный диаметр дугогасительного канала, мм	Конечный диаметр дугогасительного канала, мм	Начальная длина внутреннего искрового промежутка, мм	Конечная длина внутреннего искрового промежутка, мм
РТФ-6	6	0,5-10	20	10	14	150 ± 2	
РТВ-6	6	0,5-2,5	10	6	9	60	68
		2-10	10	10	14	60	68
РТФ-10	10	0,5-5	25	10	11,5	150 ± 2	—
		0,2-1	25	10	13,7	225 ± 2	—
РТВ-10	10	0,5-2,5	20	6	9	60	68
		2-10	15	10	14	60	68
РТФ-35	35	0,5-2,5	130	10	12,6	250 ± 2	—
		1-5	130	10	15,7	200 ± 2	—
		2-10	130	16	20,4	220 ± 2	—
РТВ-35	35	2-10	100	10	16	140	150
РТВ-20	20	2-10	40	10	14	100	110
РТВ-110	110	0,5-2,5	450	12	18	450 ± 2	—
		1-5	450	20	25	450 ± 2	—

**Таблица П2.30.** Основные технические характеристики ОПН

Тип ОПН	Класс напряжения, кВ	Макс. Рабочее напряжение, кВ	Припускная способность на прямоугольном импульсе 2000 мкс., А	Макс. Амплитуда импульса тока 4.10 мкс, А	Ном. Разрядный ток, кА
ОПН-РС УХЛ1	6	7.6	200	65	5
	10	12.7	200	65	5
ОПН-КР УХЛ1 (УХЛ2)	6	6.0	250	100	10
		6.6	250	100	10
		6.9	250	100	10
	10	10.5	250	100	10
		11.5	250	100	10
		12.0	250	100	10
ОПН-КС УХЛ2	6	6.0	450	100	10
		6.9	450	100	10
	10	10.5	450	100	10
		11.5	450	100	10
ОПН-Т УХЛ1	6	6.0	450	100	10
		6.9	450	100	10
		7.6	450	100	10
	10	10.5	450	100	10
		11.5	450	100	10
		12.7	450	100	10
		30.0	450	100	10
ОПН-У УХЛ 1	27	33	450	100	10
		38.5	450	100	10
	35	40.5	450	100	10
		42.00	450	100	10
		73	450	100	10
	110	77	450	100	10
		84	450	100	10
		146	450	100	10
	220	154	450	100	10
		168	450	100	10

**Таблица П2.31.**

Характеристики трансформаторов на напряжение 0,4-35 кВ

Тип ТН	Напряжение, кВ	Номинальное напряжение обмотки, В			Номинальная мощность, В-А, в классе точности				Номинальная мощность дополнительной вторичной обмотки, В-А	Предельная мощность, В-А	Группа соединения	Масса, кг
		первичной	основной вторичной	дополнительной вторичной	0,2	0,5	1	3				
НОС-0,5-У4	0,5	380 500	100	—	—	25	50	100	—	200	1/1-0	9
НОСК-3-У5	3	3000	—	—	—	30	50	150	—	240	—	14
НОСК-6-66-У5 (Т5)	6	6000	127-100	—	—	50	75	200	—	400	—	13
НОМ-6-У4(Т4)	6	3000	100	—	—	30	50	150	—	240	—	24
		6000				50	75	200		400		22
НОМЭ-6-У2(Т2)	6	6000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24
НОМ-10-66-У 2 (Т2)	10	10000	—	—	—	75	150	300	—	630	—	35
НОМ-15-У4(Т4)	15	13800	—	—	—	—	—	—	—	640	1/1-0	23
		15750										
		18000										
НОМ-35-66У1 (Т1)	35	35000	—	—	—	150	250	600	—	1200	—	86
ЗНОМ-15-63У 2 (Т2)	15	6000·√3	100/100·√3	—	—	75	150	300	—	400	1/1/1-0-0	64
		10000·√3								640		63
		13800·л/3								—		—
		15750·√3								—		—
ЗНОМ-20-63 У 2(Т2)	20	18000·√3	100:√3/100:3	—	—	75	150	300	—	640	—	85
		20000·√3										77,5
ЗНОМ-24-69У1	24	24000·√3	—	—	—	—	—	—	—	980	1/1/1-0-0	108
ЗНОМ-35-65У1	35	27500	127-100	—	—	150	250	600	—	—	—	—
ЗНОМ-35-65У1 (Т1)	35	35000·√3	100:√3/100:3	—	—	—	—	—	—	1200	—	78
		3000·√3										
ЗНОЛ.06-6У3(Т3)	6	6000·√3	—	—	—	30	50	75	200	400	—	26,5
		6300·√3										
		6600·√3										
		6900·√3										
ЗНОЛ.06-15У3 (Т3)	15	13800·√3	√3	100/3 или 100	—	—	—	—	—	—	—	29,5
		15750·√3										
ЗНОЛ.06-10У3 (Т3)	10	10000·√3	—	—	—	50	75	150	300	630	—	28,5
		11000·√3										
ЗНОЛ.06-20У3 (Т3)	20	18000·√3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32,5
		20000·√3										

Окончание таблицы П2.31

Тип ТН	Напряжение, кВ	Номинальное напряжение обмотки, В			Номинальная мощность, В·А, в классе точности				Номинальная мощность допол-нитель-ной вторичной обмотки, В·А	Предельная мощность, В	Группа соединения	Масса, кг
		первичной	основной вторичной	допол-нитель-ной вторичной	0,2	0,5	1	3				
НТМИ-18*	18	13800 15750 18000	100/100:3	—	—	120	200	500	—	960	УЛ-0	94
НКФ-110-57У1	110	110000:√3	100:√3/100	—	—	400	600	1200	—	2000	1/1/1-0-0	630
НКФ-110-58У1			100:√3/100:3	—	—				—			800
НКФ-66У1 (Т1)	66	66000:√3	100:√3/100	—	—				—			545
НКФ-132-73Т1	132	132000:√3		—	—				—			630
НКФ-220-65Т1	220	220000:√3		—	—				—			1325
24УЗ(ТЗ)												
		3000:√3										
		3300:√3				15	30	50	150	150		250
		6000:√3	100 √3									
ЭНОЛ.09-602	6	6300:√3		100/3 или 100							—	28,5
		6600:√3				30	50	75	200	200		400
		6900:√3										
		11000:√3										
ЭНОЛ.09-10.02	10	10000:√3				50	75	150	300	300		630
НОЛ.11-605	6	6000	100-127	—	—	—	—	250	—	—		—
		6000	100	—	—	—	—	—	—	—		—
НОЛ.08-6УТ2	6	6300				30	50	75	200			400
		6600	100 или 110								1/1-0	28,5
		6900							—			
НОЛ.08-10УТ2	10	10000	100			50	75	150	300			630
		11000	100 или 110									31,5
НТМИ-10-66УЗ	10	10000	100	100/3	—	120	200	500		960	УУУ-0	81

Таблица П2.32. Защитные трансформаторы тока нулевой последовательности

Тип	Класс напряжения, кВ	Ток чувствительности
ТЗЛМ	0,66	8,5
ТЗРЛ	0,66	25
ТЗЛ 1	0,66	7
ТЗЛЭ-125УЖЛ	0,66	2,8
ТЗЗ-2	0,66	3
ТЗЗ-4	0,66	3
Производитель: ОАО "Свердловский завод трансформаторов тока".		

**Таблица П2.33.** Измерительные трансформаторы тока  
Трансформаторы тока с классом точности 0,2+0,5 и ниже

Тип	Класс напряжения, кВ	Нормальный первичный ток, А
ТОЛ 10	10	От 300 до 1500
ТОЛ 10-1	10	От 5 до 1500
ТПЛ 10М	10	От 5 до 400
ТОЛ-35-III-II	35	От 15 до 2000
ТОЛ-35- III - III	35	От 500 до 3000
ТПОЛ 10	10	От 20 до 2000
ТЛШ 10	10	От 1000 до 5000
ТЛШ-10-1	10	От 1000 до 3000
ТШЛ 10	10	От 2000 до 5000
ТОЛК	6 или 10	От 50 до 600
ТШЛ 0.66	0,66	От 2000 до 5000
ТНШ 0.66	0,66	15000, 25000
ТНШЛ 0.66	0,66	От 800 до 10000
ТПЛ	20 или 35	От 300 до 1500
ТШЛП 10	10	1000, 2000
ТШЛ 20	20	От 6000 до 12000
ТОП 0.66	0,66	От 1 до 200
ТШП 0.66	0,66	От 300 до 2000
Производитель: ОАО Свердловский завод трансформаторов тока.		

**Таблица П2.34.** Технические характеристики трансформаторов напряжения серии 3хЗНОЛП

Параметры	3хЗНОЛП. 06-6	3хЗНОЛП.06-10
Класс напряжения, кВ	6	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ:	7,2	12
Номинальное линейное напряжение на выводах первичной обмотки, В	6000, 6300, 6600, 6900	10000, 10500, 11000
Номинальное линейное напряжение на выводах основной вторичной обмотки, В	100	
Напряжение на выводах разомкнутого треугольника дополнительных вторичных обмоток:		
при симметричном режиме работы сети, не более, В	3	
при замыкании одной из фаз сети на землю, В	от 90 до 110	
Мощность нагрузки на выводах разомкнутого треугольника дополнительной вторичной обмотки при напряжении 100 В и коэффициенте мощности нагрузки 0,8 (характер нагрузки — индуктивный), В·А	400	
Номинальная частота, Гц	50 или 60	
Масса, кг	93   99	

Тип реле	Используемая шкала реле, А	Уставка тока срабатывания, А	при работе с одним трансформатором	при последовательном соединении, трансформаторов	при параллельном соединении двух трансформаторов
РТ-140/0,2	0,1-0,2	0,1	25	30	45
РТЗ-51	0,02-0,1	0,03	3	4	4,5

Трехфазная антирезонансная группа ТН серии 3хЗНОЛП предназначена для установки в КРУ и ЗРУ и служит для питания электроизмерительных приборов, цепей защиты и сигнализации в электроустановках переменного тока частоты 50 и 60 Гц. Группа ТН устойчива к феррорезонансу и(или) воздействию перемещающейся дуги в случае замыкания одной из трех фаз на землю в сетях с изолированной нейтралью.

**Таблица П2.35.** Трансформаторы тока (шинные) внутренней установки для защиты от замыкания на землю в сетях 6-10 кВ

Тип	Длительно допустимый ток при температуре воздуха 40 °С, А	Десятисекундный ток термической стойкости, кА	Наибольший ударный ток КЗ, кА	Потребляемая мощность цепи подмагничивания 110 В, В·А	ЭДС небаланса во вторичной цепи, мВ	
					от подмагничивания	от несимметрии первичных токов
ТНП-Ш1	1750	24	165	20	100	60
ТНП-Ш2	3000	48		25		85
ТНП-Ш3	4500	72		30		100
ТНП-ШЗУ	7500	90	180	35		150

**Таблица П2.36.** Основные параметры короткозамыкателей

Характеристика	КРН-35	КЗ-110 (КЗ-110У)	КЗ-150 (КЗ-150У)	КЗ-220У
Амплитуда предельного сквозного тока, кА	42	51 (32)	51 (32)	51
Ток термической стойкости, кА	12,5	20 (12,5)	20 (12,5)	20
Время включения (до касания контакта), с: без гололеда	0,10	0,14 (0,18)	0,20 (0,23)	0,25
с гололедом до 20 мм	0,15	0,20 (0,28)	0,28 (0,35)	0,35
Угол отклонения ножа, град	56	73 (48)	71 (47)	63
Допустимое тяжение провода, Н	490	784	784	784
Длина пути утечки, см	70	190 (280)	260 (390)	570
Габариты без привода, м:				
высота	0,66	1,43 (1,34)	1,84	2,44
глубина (вдоль плоскости ножа)	0,83	1,25 (1,33)	1,63 (1,75)	1,99
ширина	1,2	0,3	0,6	0,6
Масса без привода, кг	48	150 (210)	210 (250)	210

1. В буквенной части обозначения : КЗ — короткозамыкатель; КРН — короткозамыкатель рубящего типа наружной установки; в цифровой части — номинальное напряжение, кВ, У — усиленная изоляция.
2. Данные в скобках относятся, соответственно, к КЗ-110У и КЗ-150У.



**Таблица П2.37.** Основные параметры отделителей

Характеристика	Тип отделителя				
	ОД-35, ОДЗ-35	ОД-110	ОД-110, ОДЗ-110	ОД-150, ОД-150У	ОД-220
Номинальный ток, А	630	800	1000	1000	1000
Полное время отключения с:					
без гололеда	0,45	0,32	0,38	0,38	0,50
гололед 15 мм	0,50	—	0,45	0,45	—
гололед 20 мм	—	—	—	0,50	0,60
Допустимое тяжение провода, Н	490	490	490	780	980
Длина пути утечки, см	70	280	190	260/390	380
Сопротивление цепи, мкОм	175	150	120	120	120
Габариты (без привода), м :					
длина (вдоль полюса)	0,99	1,65	1,66(1,93)	1,99	2,44
ширина не менее	1,9	1,8	1,8	2,3	3,7
высота	0,87	2,04	1,48	2,04 (2,64)	2,64
Масса полюса без привода, кг	76	106	270 (290)	460 (517)	540

1. В буквенной части обозначения : ОД — отделитель, 3 — наличие заземляющего ножа, У — усиленная изоляция (категория Б по ГОСТ 9920-75 ); в цифровой — числитель — номинальное напряжение, кВ; знаменатель (в таблице опущен) — номинальный ток А.

2. Данные в скобках относятся к ОДЗ-110 и ОДЗ-150У, соответственно (в случаях, когда таковые отличаются от данных для ОД-110 и ОД-150).

**Таблица П2.38.** Допустимые значения сопротивлений контактных систем разъединителей

Тип разъединителя	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Допустимое значение сопротивления, мкОм
РЛН	35-220	600	220
РОНЗ	500	2000	200
		600	175
Остальные типы	Все классы напряжения	1000	120
		1500-2000	50

**Таблица П2.39.** Технические данные разъединителей

Тип разъединителя	Стойкость, кА		Размеры, мм				Н1	Масса, кг	Тип привода
	электродинамическая (амплитуда)	термическая	длина L	ширина	высота H				
Однополюсные разъединители									
PBO-10/400	41	16	468	72	156/429	—	5,9	ПР-10, ПР-11	
PBO-10/630	52	20	468	72	160/433	—	6,3	ПР-10, ПР-11	
PBO-10/1000	100	40	480	92	163/440	—	11	ПР-10, ПР-11	
РЛВОМ-10/1000	100	40	486	380	199/460	—	14-17	ПР-10, ПР-11	
PBK-10/2000	85	31,5	560	350	280/500	—	26	ПР-3, ПЧ-50, ПД-5	
PBP(3)-10/2500	125	45	1050	470	318/545	—	65	ПР-3, ПЧ-50, ПД-5	
PBP(3)-10/4000	200	71	610/1050	470	318/545	—	65	ПР-3, ПЧ-50, ПД-5	
PBP(3)-20/6300	260	100	910/1400	700	680/1050	—	222	ПД-5, ПЧ-50	
PBP(3)20/8000	320	125	1400	700	680/1050	—	238	ПД-5, ПЧ-50	
PBP(3)-20/12500	490	180	1600	820	857	—	625	ПД-12	
PBK-35/2000	115	45	980	700	550/1010	—	74	ПР-3	
Трёхполюсные разъединители									
PB-6/400	41	16	468	697	175/436	—	23	ПР-10, ПР-11	
PBФ-6/400-11 (111)	41	16	437	722	195	381/647	35	ПР-10, ПР-11	
PBФ-6/400-1V	41	16	406	722	195	381/647	43	ПР-10, ПР-11	
PB-10/1000	100	40	484	837	199/470	—	42	ПР-10, ПР-11	
PB3-10/1000-1 (11)	81	31,5	629	930	198/470	—	49	ПР-10, ПР-11	
PB3-10/1000-III	81	31,5	733	930	198/470	—	56	ПР-10, ПР-11	
PBФ-10/1000-11 (111)	100	40	454	817	199	410/690	64	ПР-10, ПР-11	
PBФ-10/1000-IV	100	40	424	817	199	410/690	83	ПР-10, ПР-11	
PBФ-10/1000-IVM	100	40	424	722	199	410/690	84	ПР-10, ПР-11	
PBФ3-10/1000-И-П	81	31,5	649	846	199	410/690	72	ПР-10, ПР-11	
PBP(3)-Ш-10/2000	85	31,5	600	1000	700	—	112	ПР-3, ПДВ-1, ПЧ-50	
PBP(3)-20/630	50	20	680	1200	390/685	—	115	ПР-3	
PBP(3)-20/1000	55	20	700	1240	390/690	—	115	ПР-3	
PBP(3)-35/630	51	20	944	1750	525/945	—	170	ПР-3	
PBP(3)-35/1000	80	31,5	964	1790	525/960	—	195	ПР-3	
PBФ-6/630-11 (111)	52	20	437	722	199	397/664	38	ПР-10, ПР-11	
PBФ-6/630-IV	52	20	406	722	199	397/664	46	ПР-10, ПР-11	
PBФ3-6/630-П-П	52	20	630	722	199	397/664	44	ПР-10, ПР-11	
PBФ-6/1000-11 (111)	100	40	454	722	199	410/690	65	ПР-10, ПР-11	
PBФ-6/1000-IV	100	40	424	722	195	410/690	83	ПР-10, ПР-11	
PBФ3-6/1000-II-n	81	31,5	649	722	199	410/690	70	ПР-10, ПР-11	
PB-10/400	41	16	484	831	195/465	—	26	ПР-10, ПР-11	
PB3-10/400-KII)	41	16	598	837	193/463	—	31	ПР-10, ПР-11	
PB3-10/400-III	41	16	733	837	191/463	—	37	ПР-10, ПР-11	
PBФ-10/400-11 (111)	41	16	406	837	195	381/647	37	ПР-10, ПР-11	
PBФ-10/400-П(Ш)М	41	16	437	722	195	381/647	37	ПР-10, ПР-11	
PBФ-10/400-1V	41	16	406	837	195	397/664	45	ПР-10, ПР-11	
PBФ-10/400-1VM	41	16	406	722	199	381/647	45	ПР-10, ПР-11	
PB-10/630	52	20	484	837	199/470	—	28	ПР-10, ПР-11	
PB3-10/630-KII)	52	20	598	837	191/470	—	33	ПР-10, ПР-11	
PB3-10/630-III	52	20	733	837	191/463	—	38	ПР-10, ПР-11	
PBФ-10/630-1KШ)	52	20	406	837	199	381/647	39	ПР-10, ПР-11	
PBФ-10/630-IV	52	20	406	837	199	397/664	47	ПР-10, ПР-11	
PBФ-10/630-П (111)M	52	20	437	722	199	397/664	40	ПР-10, ПР-11	

Таблица П2.40. Технические данные разъединителей

Тип	Uном, кВ	Iном, А	Предельный сквозной ток главных ножей, кА	Ток термической стойкости главных ножей/время прохождения тока термической стойкости, кА/с	Тип привода		Масса, кг	Размеры, мм		
					главных ножей	заземляющих ножей		высота	ширина	длина
Для внутренней установки										
РВР (3)- 10/2500У2 (УЗ)	10	2500	125	45/4	ПДВ-1УЗ;	ПР-ЗУЗ	—	545	1050	—
					ПЧ-50УЗ;					
					ПР-ЗУЗ					
РВР (3)- 10/4000УЗ	10	4000	125	45/4	ПДВ-1УЗ;	ПР-ЗУЗ	—	545	1050	—
					ПЧ-50УЗ;					
					ПР-ЗУЗ					
РВР (3)-Ш- 10/2000УЗ	10	2000	85	31,5/4	ПДВ-1УЗ;	ПР-ЗУЗ	—	790	1100	—
					ПЧ-50УЗ;					
					ПР-ЗУЗ					
РВР (3)-Ш- 12/2000ТЗ	12	2000	85	31,5/4	ПД-1ТЗ;	ПР-ЗТ	—	790	1090	—
					ПЧ-50Т;					
					ПД-1ТЗ					
РВР (3)- 12/4000ТЗ	12	4000	125	45/4	ПД-1ТЗ	ПЧ-50Т	—	545	1050	—
РВР (3)- 24/63000ТЗ	24	6300	220	80/4	ПД-1ТЗ	ПЧ-50Т	—	1050	1490	—
РВР (3)- 24/8000ТЗ	24	8000	300	112/4	ПД-1ТЗ	ПЧ-50Т	—	1050	1490	—
РВР (3)- 20/6300УЗ	20	6300	220	80/4	ПДВ-1УЗ;	ПЧ-50Т	155- 225	1050	1400	100
					ПЧ-50					
РВР (3)- 20/8000УЗ	20	8000	300	112/4	ПЧ-50	ПЧ-50	227- 205	1050	1400	700
РВ-20/630УЗ	20	630	50	20/4	ПР-3	ПЧ-50	85	550	1200	—
РВ- 20/1000УЗ	20	1000	55	20/4	ПР-3	ПЧ-50	87	550	1200	—
РВ-35/630УЗ	35	630	50	20/4	ПР-3	ПЧ-50	86	1340	1750	—
РВ- 35/1000УЗ	35	1000	55	20/4	ПР-3	ПЧ-50	147	1340	1750	—
РВЗ-1а- 20/630УЗ	20	630	50	20/4	ПР-3	ПР-3	95	670 (775)	1200	—
РВЗ-1а (16)- 20/1000УЗ	20	1000	55	20/4	ПР-3	ПР-3	96	670 (775)	1200	—
РВЗ-1а (16)- 35/630УЗ	35	630	50	20/4	ПР-3	ПР-3	97	1340	1750	—
РВЗ-1а (16)- 35/1000УЗ	35	1000	80	31,5/4	ПР-3	ПР-3	171	1340	1750	—
РВЗ-2- 20/630УЗ	20	630	50	20/4	ПР-3	ПР-3	113	800	1200	—
РВЗ-2- 20/1000УЗ	20	1000	55	20/4	ПР-3	ПР-3	114	800	1200	—
РВЗ-2- 35/630УЗ	35	630	51	20/4	ПР-3	ПР-3	115	1340	1750	—
РВЗ-2- 35/1000УЗ	35	1000	80	31,5/4	ПР-3	ПР-3	195	1340	1750	—
РВ (3)- 33/800ТЗ	33	800	38	16/4	ПР-ЗТ	ПР-ЗТ	—	940	1905	1750
РВ (3)- 33/400ТЗ	33	400	21	8/4	ПР-ЗТ	ПР-ЗТ	—	930	1765	1750

РВФ-10/400	10	400		16/4		—				
РВФ-10/630	10	630		20/4		—	40	397,,	191	401
РВФ-10/1000	10	1000		40/4		ПР	65	410	175	424
РВЗ-11/630	11	630		20/4		ПР	53	—	—	—
РВЗ-11/1000	11	1000	81	31,5/4	ПР-10; ПР-11	ПР	61			
РЛВОМ-11/1000	11	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	20-24,7	—	—	—
РВФ-11/630	11	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	—	64	41П	180	424
РВФ-11/1000	11	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	70	412	180	466
РВО-11/630	11	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	—	11,5	441	484	—
РВО-11/1000	11	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	14,2	455	510	—
РВФЗ-11/630	11	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	ПР	69	410	180	660
РВФЗ-11/1000	11	1000	81	31,5/4	ПР-10; ПР-11	ПР	75	412	180	660
РВ-15С-1УЗ	15	—	450/210	90/4	ПДВ-1УЗ	—	—	1040	920	670-1660
РВФ-6/400	6	400		16/4			88	391	180	437
РВФ-6/630	6	630		20/4		—	83	381	180	406
РВФ-6/1000	6	1000		40/4		—	44	397	180	630
РВФЗ-6/630	6	630		20/4		ПР-10; ПР-11	70	410	180	649
РВФЗ-6/1000	6	1000		31,5/4		ПР-10; ПР-11	31	191	463	498
РВЗ-10/400	10	400		16/4		ПР-10; ПР-11	33	191	470	733
РВЗ-10/630	10	630		20/4		ПР-10; ПР-11	49	221	470	773
РВЗ-10/1000	10	1000		31,5/4		ПР-10; ПР-11	45	397	200	630
РВФЗ-10/630	10	630		20/4		ПР-10; ПР-11	71	410	202	649
РВФЗ-10/1000	10	1000		31,5/4		ПР-10; ПР-11	14-17	460	486	380
РЛВОМ-10/1000	10	1000		40/4		—	26	191	465	468
РВ-10/400	10	400		16/4		—	28	191	470	468
РВ-10/630	10	630		20/4		—	42	210	470	484
РВ-10/1000	10	1000		40/4		—	5,9	429	468	—
РВО-40/400	10	400		16/4		—	6,3	433	468	—
РВО-10/630	10	630		20/4		—	11	440	480	—
РВО-10/1000	10	1000		40/4		—	37	381	191	406
РВФ-10/400	10	400		16/4		—				
РВФ-10/630	10	630		20/4		—	40	397,,	191	401
РВФ-10/1000	10	1000		40/4		ПР	65	410	175	424
РВЗ-11/630	11	630		20/4		ПР	53	—	—	—
РВЗ-11/1000	11	1000	81	31,5/4	ПР-10; ПР-11	ПР	61			
РЛВОМ-11/1000	11	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	20-24,7	—	—	—
РВФ-11/630	11	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	—	64	41П	180	424
РВФ-11/1000	11	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	70	412	180	466
РВО-11/630	11	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	—	11,5	441	484	—
РВО-11/1000	11	1000	100	40/4	ПР-10; ПР-11	—	14,2	455	510	—
РВФЗ-11/630	11	630	52	20/4	ПР-10; ПР-11	ПР	69	410	180	660
РВФЗ-11/1000	11	1000	81	31,5/4	ПР-10; ПР-11	ПР	75	412	180	660
РВ-15С-1УЗ	15	—	450/210	90/4	ПДВ-1УЗ	—	—	1040	920	670-1660
Для наружной установки										
РНД (З)-35/1000У1	35	1000	63	25/4	ПР-У1; ПВ-20У2	ПР-У1; ПВ-20У2	—	715	1170	—
РНД (З)-35/1000ХЛ1	35	1000	63	25/4	ПР-ХЛ1-110В; ПВ-20У; ПРН-110В	ПР-ХЛ1; ПВ-20	—	715	1170	
РНД (З)-35Б/1000У1	35	1000	63	25/4	ПВ-20У; ПРН-110; ПР-У1	ПР-У1; ПВ-20У	—	715		
РНД (З)-35У/1000У1	35	1000	63	25/4	ПР-У1; ПРН-110; ПВ-20У	ПР-У1; ПВ-20У	—	1000	—	

Продолжение таблицы П2.40

РНДЗ-35/2000У1	35	2000	80	31,5/4	ПР-У1; ПРН-110	ПР-У1		870		
РНДЗ-35/2000У1	35	2000	80	31,5/4	ПР-У1; ПРН-110	ПР-У1	—	870	—	—
РНД (3)-35 (Б)/2000У1 (ХЛ1)	35	2000	80	31,5/4	ПР-У1; ПРН-110	ПР-У1	—	870	—	—
РВД (3)-35У/2000У1	35	2000	80	31,5/4	ПВ-20У; ПРН-110; ПР-У1	ПВ-20У; ПР-У1	—	1140	—	—
РНД (3)-35/3200У1	35	3200	125	50/3	ПР-У1	ПР-У1	—	—	—	—
РНД (3)-33У/630ТУ	33	630	64	25/4	ПР-Т1	ПР-Т1	—	1100	855	—
РНД (3)-33У/1250Т1	33	1250	80	31,5/4	ПР-Т1	ПР-Т1	—	1140	870	—
РНД (3)-66/630Т1	66	630	80	31,5/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	1400	1805	—
РНД (3)-66У/1250Т1	66	1250	100	40/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	1565	1845	—
РНД (3)-110/630Т1	110	630	100	40/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	1556	2343	—
РНД (3)-110/1250Т1	110	1250	100	40/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	1644	2456	—
РНД (3)-132/630Т1	132	630	100	40/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1	—	2050	2550	—
РНД (3)-132/1250Т1	132	1250	100	40/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1		2080	2550	
РНД (3)-220/630Т1	220	630	80	31,5/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т			2650	3370	
РНД (3)-220/1250Т1	220	1250	80	31,5/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1		2670	3370	
РНД (3)-220У/1250Т1	220	1250	80	31,5/3	ПР-Т1; ПДВ-220Т	ПР-Т1		4100	3980	
РНД (3)-110 (Б) (У)/1000У1 (ХЛ)	110	1000	80	31,5/3	ПР-У1; ПНД-1У1; ПДН-110В	ПР-У1; (ПР-ХЛ1)		1400	1805	
РНД (3)-110 (У)/2000У1 (ХЛ)	110	2000	100	40/3	ПР-У1; ПНД-1У1	ПР-У1		1485	1580	
РНД (3)-110/3200У1	110	3200	125	50/3	ПР-У1; ПНД-1У1	ПР-У1		1625	2000	
РНД (3)-150/1000У1	150	1000	100	40/3	ПР-У1; ПДН-1У1	ПР-У1		2050	2550	
РНД (3)-150/2000У1	150	2000	100	40/3	ПР-У1; ПДН-1У1	ПР-У1		2050	2050	
РНД (3)-15Р/3200У1	150	3200	112	45/3	ПР-У1; ПНД-1У1	ПР-У1		2080	2610	
РНД (3)-220/1000У1 (ХЛ1)	220	1000	100	40/3	ПР-У1; ПДН-1У1	ПР-У1	—	2650	3370	—
РНД (3)-220 (У)/2000У1 (ХЛ1)	220	2000	100	40/3	ПР-У1; ПДН-1У1	ПР-ХЛ1	—	2590	3970	—
РНД (3)-220/3200У1	220	3200	125	50/3	ПР-У1; ПДН-У1	ПР-У1	—	2590	3370	—
РНД-330 (У)/3200У1	330	3200	160	63/2	ПДН-1У1	ПРН-1У1	—	4300	4755	—

**Окончание таблицы П2.40**

РНД-500/3200У1 (ХЛ1)	500	3200	160	63/2	ПДН-1У1	ПРН-1У1	—	5400	5955	—
РНДЗ. 1(2)-330 (У)/3200У1	3,00	3200	160		63/2	ПДН-1У1	ПРН-1У1	—	4300	4755
РНД 3.1(2)-500/3200У1 (ХЛ1)	500	3200	160	63/2	ПДН-1У1	ПРН-1У1	—	5400	4755	—
РПД-500 У1 1(2)/3200У1	500	3200	160	63/2	Электродвигательный	—	6060	—	—	—
РПД-750-1(2)/3200У1	750	3200	160	63/2	Электродвигательный	—	9330	—	—	—
РНВ (3).1(2)-500/2000Т1	500	2000	45	16/2	ПДН-220Т	ПРН-1Т1	—	8450	7800	—
РНВ (3).1(2)-750П/4000	750	4000	160	63/2	ПДН-1	ПРН-1	—	—	—	—
РОН-10К/500У2	10	500	180	71/4	ПЧН	—	135	850	670	400

Примечание. Обозначение типа разъединителя: Р — разъединитель; В — внутренней установки; Н — наружной установки; К — с коробчатой токоведущей системой; Д — двухколонковый; В — с вертикальным движением главных ножей (РНВ); Р — рубящего типа; Ф — фигурный; Л — линейный; О — однополюсный; 3-е заземляющими ножами; У — с усиленной изоляцией; Б — с механической блокировкой главных и заземляющих ножей; П — наличие рычажной передачи для уменьшения крутящего момента на валу электродвигательного привода; цифры 1 и 2, стоящие перед первым дефисом, обозначают число заземляющих ножей с пластинами. Цифра в числителе — номинальное напряжение, кВ; цифра в знаменателе — номинальный ток, А, буквы после цифр означают климатическое исполнение (У — район с умеренным климатом; Т — с тропическим климатом; ХЛ — с холодным климатом); цифры 1 и 3 на конце обозначают категорию размещения (1 — на открытом воздухе, 3 — в закрытом помещении с естественной изоляцией, 2 — для работы в помещениях со свободным доступом наружного воздуха).

**Таблица П2.41.** Сопротивления первичных обмоток многовитковых трансформаторов тока

Коэффициент трансформации трансформатора тока	Сопротивление первичной обмотки многовиткового трансформатора, мОм, класса точности			
	1		2	
	$x_{Ta}$	$r_{Ta}$	$x_{Ta}$	$r_{Ta}$
20/5	67	42	17	19
30/5	30	20	8	8,2
40/5	17	11	4,2	4,8
50/5	11	7	2,8	3
75/5	4,8	3	1,2	1,3
100/5	2,7	1,7	0,7	0,75
150/5	1,2	0,75	0,3	0,33
200/5	0,67	0,42	0,17	0,19
300/5	0,3	0,2	0,08	0,088
400/5	0,17	0,11	0,04	0,05
500/5	0,07	0,05	0,02	0,02

**Таблица П2.42.** Технические данные силовых трехфазных трансформаторов с естественным охлаждением

Тип трансформатора	$S_{Тнню}$ , кВ*А	Напряжение, кВ		$u_k$ , %	Ток холос того хода, %	потери, кВт		Сопротивление фазы, МОм	
		ВН	НН			$\Delta P_x$	$\Delta P_k$	$x$	$r$
ТМ - 10/6	10	6	0,4	5,5	10,0	0,105	0,335	363,0	240,0
ТМ-20/6	20	6	0,4	5,5	9,0	0,180	0,600	152,0	84,0
ТМ-20/10	20	10	0,4	5,5	10,0	0,220	0,600	369,0	240,0
ТМ-50/6	50	6	0,525	5,5	6,5	0,350	1,325	78,5	38,0
ТМ-50/10	50	10	0,4	5,5	7,5	0,440	1,325	152,0	84,0
ТМ - 100/6	100	6	0,525	5,5	8,0	0,600	2,40	45,2	20,0
ТМ-100/10	100	10	0,525	5,5	6,0	0,730	2,40	44,0	20,0
ТМ-100/35	100	35	0,525	6,5	7,0	0,900	2,40	96,0	38,0
ТМ-180/6	180	6	0,525	5,5	8,0	1,00	4,00	26,0	9,7
ТМ-180/10	180	10	0,525	5,5	6,0	1,20	4,10	25,8	9,7
ТМ-180/35	180	35	0,4	6,5	7,0	1,50	4,10	53,4	20,0
ТМ-320/6	320	6	0,525	5,5	7,5	1,60	6,07	15,0	4,9
ТМ-320/10	320	10	0,525	5,5	6,0	1,90	6,20	14,9	4,8
ТМ-320/35	320	35	0,4	6,5	6,5	2,30	6,20	31,0	9,7
ТМ-560/10	560	10	6,3	5,5	6,0	2,50	9,40	10,8	3,9
ТМ.560/35	560	35	[0,5	6,5	6,5	3,35	9,40	17,9	4,8
ТМ.750/10	750	10	0,525	5,5	6,0	4,10	11,9	14,6	4,14
ТМ-1000/10	1000	10	6,3	5,5	5,0	4,90	15,0	-	-
ТМ.1000/35	1000	35	10,5	6,5	5,5	5,10	15,0	17,4	4,14

Примечание. Сопротивления фазы обмотки приведены к обмотке низшего напряжения.

Трансформаторы типов ТСМА, ТМА и ТАМ изготавливают трехфазными с масляным естественным охлаждением, алюминиевыми обмотками. Их сердечник выполнен из холоднокатаной стали. В трансформаторах типов ТМА и ТАМ применена горьчекатанная электротехническая сталь.

**Таблица П2.43.** Техническая характеристика трансформаторов ТСМА,ТМА, ТАМ

Тип трансформатора	$S_{Тнню}$ , кВ*А	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Ток $I_x$ , %	$u_k$ , %	КПД, %
		ВН	НН	$\Delta P_x$	$\Delta P_k$			
ТСМА-60/6-10	60	10,0	0,4	0,575	1,30	7,5	4,5	97,34
ТСМА-100/6-10	100	10,0	0,4	0,400	2,07	6,5	4,5	97,42
ТСМА-100/6-10	100	10,0	0,525	0,575	2,07	6,5	4,5	97,42
ТСМА-180/6-10	180	10,0	0,525	1,00	3,20	6,0	4,5	97,72
ТСМА-320/6-10	320	10,0	0,525	1,60	4,85	5,5	4,5	98,02
ТсМА-320/6-10/0,4	320	10,0	0,4	1,60	4,85	5,5	4,5	98,00
ТСМА-320/6-10/0,23	320	10,0	0,23	1,60	4,85	5,5	4,5	98,01
ТМА-100/6-10	100	10,0	0,525	0,650	2,40	7,0	5,5	97,42
ТМА-180/6-10	180	10,0	0,525	1,10	4,00	6,5	5,5	97,72
ТМА-320/6-10	320	10,0	0,525	1,70	6,10	6,5	5,5	98,02
ТАМ-560/10	560	10,0	0,525	2,50	9,40	6,0	5,5	97,81
ТАМ-750/10	750	10,0	0,525	4,10	11,90	6,0	5,5	97,90
ТАМ-1000/10	1000	10,0	0,525	4,90	15,00	5,0	5,5	98,05
ТАМ-1800/10	1800	10,0	0,525	8,00	24,00	4,5	5,5	98,25
ТАМ-1800/35	1800	35,0	0,525	8,30	24,00	5,0	6,3	98,30
ТАМ-3200/35	3200	38,5	10,5	11,50	37,00	4,5	7,0	98,51
ТАМ-5600/35	5600	38,5	10,5	18,50	57,00	4,5	7,5	98,6

**Таблица П2.44.** Трансформаторы силовые трехфазные сухие защищенные общего назначения мощностью от 160 до 1600 кВ А на напряжение от 6 до 15,75 кВ

Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВ*А	$u_k$ , %	Потери, Вт		$I_x$ , %	Масса трансформатора, кг	Размеры, мм		
			$\Delta P_x$	$\Delta P_k$			высота	длина	ширина
ТС3-160/10	160	5,5	700	2700	4,0	1400	1700	1800	950
ТС3-250/10	250	5,5	1000	3800	3,5	1800	1850	1850	1000
ТС3-400/10	400	5,5	1300	5400	3,0	2400	2150	2250	1000
ТС3-630/10	630	5,5	2000	7300	1,5	3400	2300	2250	1100
ТС3-1000/10	1000	5,5	3000	11200	1,5	4600	2250	2400	1350
ТС3-1600/10	1600	5,5	4200	16000	1,5	6500	3200	2650	1350
ТС3-250/15	250	8,0	1100	4440	4,0	2200	1850	2300	1200
ТС3-400/15	400	8,0	1400	6000	3,5	2700	2150	2450	1200
ТС3-630/15	630	8,0	2300	8700	2,0	4000	2350	2450	1350
ТС3-1000/15	1000	8,0	3200	12000	2,0	5000	2750	2550	1350
1 600/15	1600	8,0	4300	16000	2,0	6800	3200	2600	1350
Трансформаторы для собственных нужд электростанций									
ТС3-630/10	630	8,0	2000	8500	2,0	3800	2300	2250	1100
ТС3-1000/10	1000	8,0	3000	12000	2,0	5600	2550	2400	1350

**Таблица П2.45.** Техническая характеристика трансформаторов ТС

Тип трансформатора	$S_{Тном}$ , кВ*А	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Ток $I_x$ , %	$U_k$ , %	КПД, %
		ВН	НН	$\Delta P_x$	$\Delta P_k$			
ТС-180/10	180	10	0,525	1,6	3,0	4,0	5,5	97,51
ТС-320/10	320	10	0,525	2,6	4,9	3,5	5,5	97,51
ТС-560/10	560	10	0,525	3,5	7,4	3,0	5,5	98,21
ТС-750/10	750	10	0,525	4,0	8,8	2,5	5,5	98,32
ТС-560/15	560	13,8	0,40	3,4	6,4	3,0	8,0	98,23
ТС-750/15	750	13,8	0,40	5,15	8,0	3,0	8,0	98,35
Трансформаторы для собственных нужд электростанций								
ТС-560/10	560	6,3	0,525	3,5	7,4	3,0	8,0	98,21
ТС-750/10	750	6,3	0,525	4,0	8,8	2,5	8,0	98,32

Трансформаторы трехфазные сухие типа ТС с естественным охлаждением изготавливают мощностью от 180 до 1000 кВ А на напряжение 3; 6; 10 и 13,8 кВ. В них обмотки высшего напряжения (ВН) имеют 4 ответвления для изменения коэффициента трансформации: 5 %; 2,5 %. Переключение с одного ответвления на другое можно производить только при полном отключении трансформатора от сети.



**Таблица П2.46.** Технические данные трансформаторов типа ТСЛ и ТСЗЛ

Тип	Мощность $S_{Тном}$ , кВА	Потери холостого хода $\Delta P_x$ , Вт	Потери КЗ $\Delta P_k$ , Вт	Напряжение КЗ $u_k$ , %	Номинальные напряжения обмоток, кВ	
					ВН	НН
ТСЛ-400/10-УЗ ТСЗЛ-400/10-УЗ	400	1000	4500	6,0	10,5; 10; 6,3; 6,0	0,4
ТСЛ-630/10-УЗ ТСЗЛ-630/10-УЗ	630	1370	6700			
ТСЛ-1000/10-УЗ ТСЗЛ-1000/10-УЗ	1000	2000	8800			
ТСЛ-1250/10-УЗ ТСЗЛ-1250/10-УЗ	1250	2500	10500			
ТСЛ-1600/10-УЗ ТСЗЛ-1600/10-УЗ	1600	2800	12300			
ТСЛ-2500/10-УЗ ТСЗЛ-2500/10-УЗ	2500	4300	18300			

Трансформаторы трехфазные сухие с литой изоляцией 400 - 2500 кВ\*А, 6—10 типов ТСЛ и ТСЗЛ предназначены для внутренней установки, экологически безопасны, исключительная взрыво- и пожаробезопасность, высокая динамическая стойкость обмоток к токам КЗ, низкий уровень частичных разрядов, малозумность, малые габариты. Схема и группа соединения обмоток Д/У<sub>Н</sub> - 11.

**Таблица П2.47.** Сопротивления понижающих трансформаторов с вторичным напряжением 0,4 кВ

Номинальная мощность, кВА	Схема соединения обмоток	$u_k$ , %	Значение сопротивлений, мОм							
			прямой последовательности			нулевой последовательности		току однофазного КЗ		
			$r_{1T}$	$x_{1T}$	$z_{1T}$	$r_{0T}$	$x_{0T}$	$r_T^{(1)}$	$x_T^{(1)}$	$z_T^{(1)}$
25	Y/Y <sub>H</sub>	4,5	154	244	287	1650	1930	1958	2418	3110
25	Y/Z <sub>H</sub>	4,7	177	243	302	73	35,4	—	—	—
40	Y/Y <sub>H</sub>	4,5	88	157	180	952	1269	1128	1583	1944
40	Y/Z <sub>H</sub>	4,7	100	159	188	44	13,4	-	-	-
63	Y/Y <sub>H</sub>	4,5	52	102	114	504	873	608	1077	1237
63	Y/Z <sub>H</sub>	4,7	59	105	119	28	12	-	-	-
100	Y/Y <sub>H</sub>	4,5	31,5	65	72	254	582	317	712	779
100	Y/Z <sub>H</sub>	4,7	36,3	65,7	75	15,6	10,6	-	-	-
160	Y/Y <sub>H</sub>	4,5	16,6	41,7	45	151	367	184	450	486
160	Δ/Y <sub>H</sub>	4,5	16,6	41,7	45	16,6	41,7	49,8	125	135
250	Y/Y <sub>H</sub>	4,5	9,4	27,2	28,7	96,5	235	115	289	311
250	Δ/Y <sub>H</sub>	4,5	9,4	27,2	28,7	9,4	27,2	28,2	81,6	86,3
400	Y/Y <sub>H</sub>	4,5	5,5	17,1	18	55,6	149	66,6	183	195
400	Δ/Y <sub>H</sub>	4,5	5,9	17	18	5,9	17	17,7	51	54
630	Y/Y <sub>H</sub>	5,5	3,1	13,6	14	30,2	95,8	36,4	123	128
630	Δ/Y <sub>H</sub>	5,5	3,4	13,5	14	3,4	13,5	10,2	40,5	42
1000	Y/Y <sub>H</sub>	5,5	1,7	8,6	8,8	19,6	60,6	2,3	77,8	81
1000	Δ/Y <sub>H</sub>	5,5	1,9	8,6	8,8	1,9	8,6	5,7	25,8	26,4
1600	Y/Y <sub>H</sub>	5,5	1	5,4	5,5	16,3	50	18,3	60,8	63,5
1600	Δ/Y <sub>H</sub>	5,5	1,1	5,4	5,5	1,1	5,4	3,3	16,2	16,5
2500	Y/Y <sub>H</sub>	5,5	0,64	3,46	3,52	0,64	3,46	1,92	10,38	10,56

Примечания: 1. Указанные в таблице значения сопротивлений масляных трансформаторов приведены к напряжению 0,4 кВ.  
2. Для трансформаторов со вторичным напряжением 0,23 кВ данные таблицы следует уменьшить в 3 раза, а для трансформаторов со вторичным напряжением 0,69 кВ — увеличить в 3 раза.

**Таблица П2.48.** Рекомендуемые значения номинальных токов плавких предохранителей для защиты силовых тр-ров 6/0,4 и 10/0,4

$S_{T.ном}$ защита мого тр- ра	$I_{ном}, А$					
	тр-ра на стороне			предохранителя на стороне		
	0,4кВ	6 кВ	10 кВ	0,4 кВ	6 кВ	10 кВ
25	36	2,4	1,44	40	8	5
40	58	3,83	2,3	60	10	8
63	91	6,05	3,64	100	16	10
100	145	9,6	5,8	150	20	16
160	231	15,4	9,25	250	31,5	20
250	360	24	14,4	400	50	40 (31,5)
400	580	38,3	23,1	600	80	50
630	910	60,5	36,4	1000	160	80

**Таблица П2.49.** Технические данные предохранителей типа ПКН и ПКЭ

Типоисполнение	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА
ПКН00-12Т3	10	12	—	—
ПКН001-24Т	20	24	—	—
ПКЭ106-6-40У2	6	7,2	5; 8; 10; 16; 20	40
ПКЭ106-6-20У2	6	7,2	31,5	20
ПКЭ106-10-12,5У2	10	12	5; 8; 10; 16; 20	12,5
ПКЭ107-6-31,5У2	6	7,2	31,5; 40; 50	31,5
ПКЭ107-10-12,5У2	10	12	31,5; 40	12,5
ПКЭ108-6-31,5У2	6	7,2	80; 100	31,5
ПКЭ108-10-12,5У2	10	12	50; 80	12,5
ПКЭ106-6-20Х.П2	6	7,2	3,2; 5; 8; 10; 16; 20; 31,5	20
ПКЭ106-10-12,5ХЛ2	10	12	5; 8; 10; 16; 20	12,5
ПКЭ107-6-20ХЛ2	6	7,2	40; 50	20
ПКЭ107-10-12,5ХЛ2	10	12	31,5; 40	12,5
ПКЭ108-6-20ХЛ2	6	7,2	80; 100	20
ПКЭ108-10-31,5ХЛ2	6	7,2	100	31,5
ПКЭ108-10-12,5ХЛ2	10	12	50; 80	12,5
ПКЭ106-7,2-40Т2	6	7,2	5; 8; 10; 16; 20	40
ПКЭ106-7,2-31,5-20Т2	6	7,2	31,2	20
ПКЭ106-12-12,5Т2	10	12	5; 8; 10; 16; 20	12,5
ПКЭ107-7,2-31,5Т2	6	7,2	31,5; 40; 50	31,5
ПКЭ107-12-12,5Т2	10	12	31,5; 40	12,5
ПКЭ108-7,2-31,5Т2	6	7,2	80; 100	31,5
ПКЭ108-12-12,5Т2	10	12	50; 80	12,5
ПКЭН006-10У2	10	12	—	—
ПКЭН006-10ХЛ2	10	12	—	—
ПКЭН006-12Т2	10	12	—	—
ПКЭН006-35ХЛ2	35	40,5	—	—

Примечание. Для сокращения объема таблицы в типоисполнении предохранителя не указывается номинальный ток предохранителя, который должен идти в обозначении после напряжения.

**Таблица П2.50.** Реле напряжения нулевой последовательности РНН-57, РН-58

Тип реле	$U_{сраб}$ , В, при уставках		Длительно допустимое $U$ , В	Время срабатывания, с, при замыкании замыкающего контакта	
	1	2		$0,5 U_{сраб}$	$2 U_{сраб}$
РПН-57	4-8	-	115	0,1	0,04
РПН-58	50-80	100-200	$1,2 U_{сраб}$ уставки	0,1	0,03

**Таблица П2.51.** Активные и реактивные сопротивления кабелей

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Активное сопротивление при 20 °С, Ом/км, жилы		Индуктивное сопротивление, Ом/км кабеля напряжением, кВ			
	алюминиевой	медной	1	6	10	20
10	2,94	1,79	0,073	0,11	0,122	—
16	1,84	1,12	0,068	0,102	0,113	—
25	1,17	0,72	0,066	0,091	0,099	0,135
35	0,84	0,51	0,064	0,087	0,095	0,129
50	0,59	0,36	0,063	0,083	0,09	0,119
70	0,42	0,256	0,061	0,08	0,086	0,116
95	0,31	0,19	0,06	0,078	0,083	0,110
120	0,24	0,15	0,06	0,076	0,081	0,107
150	0,2	0,12	0,059	0,074	0,079	0,104
185	0,16	0,1	0,059	0,073	0,077	0,101
240	0,12	0,07	0,058	0,071	0,075	—

**Таблица П2.52.** Допустимая кратковременная перегрузка для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной в течение, ч		
		0,5	1,0	3,0
0,6	В земле	1,35	1,30	1,15
	В воздухе	1,25	1,15	1,10
	В трубах (в земле)	1,20	1,0	1,0
0,8	В земле	1,20	1,15	1,10
	В воздухе	1,15	1,10	1,05
	В трубах (в земле)	1,10	1,05	1,00

**Таблица П2.53.** Емкостные токи замыкания на землю в кабельных сетях, А/км

Сечение жил кабеля, мм <sup>2</sup>	$U_{\text{раб}}$ , кВ, сети						
	6,3		6,6		10,5	21	36,75
	$U_{\text{ном}}$ , кВ, кабелей нормального исполнения						
	6	10	6	10	10	20	35
25	0,47	0,37	0,49	0,39	0,62	1,88	—
35	0,54	0,43	0,57	0,45	0,71	2,1	—
50	0,63	0,49	0,66	0,51	0,81	2,33	—
70	0,73	0,57	0,77	0,59	0,84	2,66	3,5
95	0,85	0,66	0,89	0,69	1,1	2,88	3,9
120	0,95	0,74	1	0,77	1,23	3,55	4,6
150	1,07	0,82	1,12	0,85	1,36	3,9	5
185	1,18	0,9	1,2	0,94	1,5	4,2	—
240	1,31	1	1,37	1,05	1,67	—	—

**Таблица П2.54.** Сопротивление и зарядная мощность кабелей с бумажной изоляцией и вязкой пропиткой

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	$r_0$ , Ом/км		$U_{\text{ном}}$ , кВ							
			6		10		20		35	
	Медь	Алюминий	$x_0$ , Ом/км	$q_{C0}$ , квар/км	$x_0$ , Ом/км	$q_{C0}$ , квар/км	$x_0$ , Ом/км	$q_{C0}$ , квар/км	$x_0$ , Ом/км	$q_{C0}$ , квар/км
10	1,84	3,1	0,110	2,3	—	—	—	—	—	—
16	1,15	1,94	0,102	2,6	0,113	5,9	—	—	—	—
25	0,74	1,24	0,091	4,1	0,099	8,6	0,135	24,8	—	—
35	0,52	0,89	0,087	4,6	0,095	10,7	0,129	27,6	—	—
50	0,37	0,62	0,083	5,2	0,09	11,7	0,119	31,8	—	—
70	0,26	0,443	0,080	6,6	0,086	13,5	0,116	35,9	0,137	86
95	0,194	0,326	0,078	8,7	0,083	15,6	0,110	40,0	0,126	95
120	0,153	0,258	0,076	9,5	0,081	16,9	0,107	42,8	0,120	99
150	0,122	0,206	0,074	10,4	0,079	18,3	0,104	47,0	0,116	112
185	0,099	0,167	0,073	11,7	0,077	20,0	0,101	51,0	0,113	115
240	0,077	0,129	0,071	13,0	0,075	21,5	—	—	—	—

**Таблица П2.55.** Расчетные емкости фазы на землю и емкостные токи замыкания на землю для трехжильных кабелей с поясной изоляцией и секторными жилам

Номинальное сечение жил, мм <sup>2</sup>	6 кВ		10 кВ	
	$C_{\text{од}}$ , мкФ/км	$I_{\text{СОД}}$ , А/км	$C_{\text{од}}$ , мкФ/км	$I_{\text{СОД}}$ , А/км
25	0,137	0,447	0,109	0,593
35	0,158	0,516	0,124	0,675
50	0,183	0,597	0,142	0,773
70	0,214	0,699	0,165	0,898
95	0,247	0,806	0,192	1,045
120	0,278	0,908	0,215	1,170
150	0,311	1,015	0,238	1,295
185	0,343	1,114	0,262	1,426
240	0,383	1,250	0,292	1,589

**Таблица П2.56.** Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	—	55	45	— 55	—	—
10	95	75	60	65	—	60
16	120	95	80	90	60	80
25	160	130	105	110	85	100
35	200	150	125	145	105	120
50	245	185	155	175	135	145
70	305	225	200	215	165	185
95	360	275	245	250	200	215
120	415	320	285	290	240	260
150	470	375	330	325	270	300
185	525	—	375	375	305	340
240	610	—	430	—	350	—
300	720	—	—	—	—	—
400	880	—	—	—	—	—
500	1020	—	—	—	—	—
625	1180	—	—	—	—	—
800	1400	—	—	—	—	—

**Таблица П2.57.** Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в земле

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1 кВ
			до 3	6	10	
6	—	60	55	—	—	—
10	110	80	75	60	—	65
16	135	110	90	80	75	90
25	180	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	135
50	275	210	180	155	140	165
70	340	250	220	190	165	200
95	400	290	260	225	205	240
120	460	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	580	—	380	340	310	345
240	675	—	440	390	355	—
300	770	—	-	-	-	—
400	940	—	—	—	—	—
500	1080	—	—	—	—	—
625	1170	—	—	—	—	—
800	1310	—	—	—	—	—

**Таблица П2.58.** Основные расчетные данные трехфазных кабелей с медными жилами

Напряжени е, кВ	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1 % потери напряжен ия, м
		При прокладке в траншее	При прокладке на конструкциях		
6	10	80	55	41	310
	16	105	65	46	370
	25	135	90	47	445
	35	160	110	49	524
	50	200	145	52	600
	70	245	175	59	690
	95	295	215	61	790
	120	340	250	64	865
	150	390	290	66	935
	185	440	325	70	1020
	240	510	375	72	1150
10	16	95	60	38	535
	25	120	85	37	650
	35	150	105	43	730
	50	180	135	44	860
	70	215	165	45	1010
	95	265	200	49	1120
	120	310	240	53	1210
	150	355	270	54	1320
	185	400	305	58	1440
		240	460	350	60

**Таблица П2.59.** Основные расчетные данные трехфазных кабелей с алюминиевыми жилами

Напряже ние, кВ	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1 % потери напряжения, м
		При прокладке в траншее	При прокладке на конструкциях		
6	10	60	42	40	185
	16	80	50	45	220
	25	105	70	50	260
	35	125	85	51	310
	50	155	110	54	360
	70	190	135	59	410
	95	225	165	61	470
	120	260	190	64	510
	150	300	225	67	560
	185	340	250	69	600
	240	390	290	70	680
10	16	75	46	36	400
	25	90	65	39	510
	35	115	80	42	560
	50	140	105	44	660
	70	165	130	44	780
	95	205	155	50	860
	120	240	185	54	930
	150	275	210	56	1010
	185	310	235	57	1100
		240	355	270	58

**Таблица П2.60.** Минимальное допустимое сечение сталеалюминиевых проводов ВЛ по условиям механической прочности

Характеристика ВЛ	Сечение сталеалюминиевых проводов, мм <sup>2</sup>
ВЛ без пересечений, переходы	
ВЛ через судоходные реки и каналы, пролеты пересечений	
ВЛ с инженерными сооружениями (линиями связи, надземным трубопроводами и канатными дорогами), железными дорогами и другими инженерными сооружениями при толщине стенки гололеда мм:	35
до 10 мм	50
15 и 20 мм	70
более 20	

**Таблица П2.61.** Стоимость кабельной продукции до 1 кВ на 15.08.2009г.

Марка кабеля	Сечение, мм <sup>2</sup>	$U_n, кВ$	Стоимость руб/км
1	2	3	4
ААБ2Л	3*120	1	319 104
ААБ2Л	3*120(ОЖ)	1	319 104
ААБ2Л	3*120+1*70	1	361 961
ААБ2Л	3*120(ОЖ)+1*70(ОЖ)	1	361 961
ААБ2Л	3*150	1	367 202
ААБ2Л	3*150(ОЖ)	1	367 202
ААБ2Л	3*150+1*70	1	399 326
ААБ2Л	3*150(ОЖ)+1*70(ОЖ)	1	399 326
ААБ2Л	3*185	1	453 107
ААБ2Л	3*185(ОЖ)	1	453 107
ААБ2Л	3*185(ОЖ)+1*95(ОЖ)	1	516 296
ААБ2Л	3*240	1	552 197
ААБ2Л	3*240(ОЖ)	1	552 197
ААБ2Л	3*35(ОЖ)	1	145 046
ААБ2Л	3*50(ОЖ)	1	168 233
ААБ2Л	3*50(ОЖ)+1*25(ОЖ)	1	199 367
ААБ2Л	3*70	1	213 137
ААБ2Л	3*70(ОЖ)	1	213 137
ААБ2Л	3*70+1*35	1	287 749
ААБ2Л	3*95	1	285 805
ААБ2Л	3*95(ОЖ)	1	272 406
ААБ2Л	3*95(ОЖ)+1*50(ОЖ)	1	308 188
ААБ2Л	4*120	1	393 534
ААБ2Л	4*120(ОЖ)	1	393 534
ААБ2Л	4*150	1	479 214
ААБ2Л	4*150(ОЖ)	1	479 214
ААБ2Л	4*185	1	587 402
ААБ2Л	4*185(ОЖ)	1	587 402
ААБ2Л	4*240	1	720 659
ААБ2Л	4*35(ОЖ)	1	178 910
ААБ2Л	4*50(ОЖ)	1	218 804
ААБ2Л	4*70	1	287 997
ААБ2Л	4*70(ОЖ)	1	287 997

Продолжение таблицы 2П.61

1	2	3	4
ААБ2Л	4*95	1	331 404
ААБ2Л	4*95(ОЖ)	1	331 404
ААБ2ЛШВ	4*120	1	460 132
ААБ2ЛШВ	4*150	1	542 996
ААБ2ЛШВ	4*70	1	425 514
ААБВ	3*70(ОЖ)	1	232 647
ААБЛ	3*120	1	313 196
ААБЛ	3*120(ОЖ)	1	313 196
ААБЛ	3*120+1*70	1	355 644
ААБЛ	3*120(ОЖ)+1*70(ОЖ)	1	355 644
ААБЛ	3*150	1	360 844
ААБЛ	3*150(ОЖ)	1	360 844
ААБЛ	3*150+1*70	1	392 826
ААБЛ	3*185	1	445 991
ААБЛ	3*185(ОЖ)	1	445 991
ААБЛ	3*185+1*95	1	508 680
ААБЛ	3*185(ОЖ)+1*95(ОЖ)	1	508 680
ААБЛ	3*240	1	544 478
ААБЛ	3*240(ОЖ)	1	544 478
ААБЛ	3*240+1*120	1	789 585
ААБЛ	3*35(ОЖ)	1	143 192
ААБЛ	3*50(ОЖ)	1	166 098
ААБЛ	3*50(ОЖ)+1*25(ОЖ)	1	195 305
ААБЛ	3*70	1	210 575
ААБЛ	3*70(ОЖ)	1	210 575
ААБЛ	3*70(ОЖ)+1*35(ОЖ)	1	281 603
ААБЛ	3*95	1	280 048
ААБЛ	3*95(ОЖ)	1	266 973
ААБЛ	3*95(ОЖ)+1*50(ОЖ)	1	302 305
ААБЛ	4*120	1	387 110
ААБЛ	4*120(ОЖ)	1	387 110
ААБЛ	4*150	1	472 015
ААБЛ	4*150(ОЖ)	1	472 015
ААБЛ	4*185(ОЖ)	1	579 385
ААБЛ	4*185	1	579 385
ААБЛ	4*240	1	712 656
ААБЛ	4*35(ОЖ)	1	176 628
ААБЛ	4*50(ОЖ)	1	216 158
ААБЛ	4*70	1	282 122
ААБЛ	4*70(ОЖ)	1	282 122
ААБЛ	4*95	1	325 529
ААБЛ	3*150(ОЖ)+1*70(ОЖ)	1	392 826
ААБЛГ	3*120	1	291 747
ААБЛГ	3*120(ОЖ)	1	291 747
ААБЛГ	3*120+1*70	1	333 220
ААБЛГ	3*120(ОЖ)+1*70(ОЖ)	1	333 220
ААБЛГ	3*150	1	338 237
ААБЛГ	3*150(ОЖ)	1	338 237
ААБЛГ	3*150+1*70	1	369 785
ААБЛГ	3*150(ОЖ)+1*70(ОЖ)	1	369 785
ААБЛГ	3*185	1	420 808



Окончание таблицы 2П.61

1	2	3	4
ААБЛГ	3*185(ОЖ)	1	420 808
ААБЛГ	3*185+1*95	1	489 074
ААБЛГ	3*185(ОЖ)+1*95(ОЖ)	1	489 074
ААБЛГ	3*240	1	517 664
ААБЛГ	3*240(ОЖ)	1	517 664
ААБЛГ	3*35(ОЖ)	1	132 995
ААБЛГ	3*50(ОЖ)	1	154 161
ААБЛГ	3*50(ОЖ)+1*25(ОЖ)	1	181 826
ААБЛГ	3*70	1	196 482
ААБЛГ	3*70(ОЖ)	1	196 482
ААБЛГ	3*70(ОЖ)+1*35(ОЖ)	1	227 178
ААБЛГ	3*95	1	258 573
ААБЛГ	3*95(ОЖ)	1	246 258
ААБЛГ	3*95(ОЖ)+1*50(ОЖ)	1	280 048
ААБЛ	4*95(ОЖ)	1	325 529
ААБЛГ	4*120	1	363 886
ААБЛГ	4*120(ОЖ)	1	363 886
ААБЛГ	4*150	1	446 174
ААБЛГ	4*150(ОЖ)	1	446 174
ААБЛГ	4*185	1	594 710
ААБЛГ	4*185(ОЖ)	1	594 710
ААБЛГ	4*240	1	706 755
ААБЛГ	4*35(ОЖ)	1	164 306
ААБЛГ	4*50(ОЖ)	1	201 284
ААБЛГ	4*70	1	260 348
ААБЛГ	4*70(ОЖ)	1	260 348
ААБЛГ	4*95	1	303 221
ААБНЛГ	3*120	1	303 446
ААБНЛГ	3*120(ОЖ)	1	303 446
ААБНЛГ	3*150	1	350 761
ААБНЛГ	3*150(ОЖ)	1	350 761
ААБНЛГ	3*35(ОЖ)	1	137 922
ААБНЛГ	3*50(ОЖ)	1	160 910
ААБНЛГ	3*70	1	203 200
ААБНЛГ	3*70(ОЖ)	1	203 200
ААБНЛГ	3*95	1	256 898
ААБНЛГ	3*95(ОЖ)	1	256 898
ААП2Л	3*120	1	445 916
ААП2Л	3*120(ОЖ)	1	445 916
ААП2Л	3*120+1*70	1	511 521
ААП2Л	3*150	1	496 748
ААП2Л	3*150(ОЖ)	1	496 748
ААП2Л	3*120(ОЖ)+1*70(ОЖ)	1	511 521
ААП2Л	3*150+1*70	1	594 370
ААП2Л	3*185	1	598 744
ААП2Л	3*185(ОЖ)	1	598 744
ААП2Л	3*185+1*95	1	736 221
ААП2Л	3*185(ОЖ)+1*95(ОЖ)	1	736 221
ААП2Л	3*240	1	705 364
ААП2Л	3*240(ОЖ)	1	705 364

### Приложение 3. Исходные данные для проектирования системы электроснабжения сельского населённого пункта

#### ЗАДАНИЕ №1

1. Генеральный план посёлка – рис. 1.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 1.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 8 км.

**Таблица 1. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза на 200 голов	25	25
4	Сектор промышленного стада на 30000 кур – несушек	80	56
5	Птичник клеточного содержания на 30000 кур	40	60
6	Лесопильный цех с пиломатой : ЛРМ - 79	25	2
7	Столовая на 75-100 мест	80	50
8	Дом культуры со зрительным залом на 400 - 600 мест	11	55
9	Пункт приготовления травяной муки АВМ- 1,5	140	1
10	Гараж на 50 автомашин с закрытой стоянкой на 14 машин	15	5
11	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью, т : 500 - 600	25	14
Освещение посёлка определить по плану, приняв $S_{уд.осв.}=25Вт/м$			

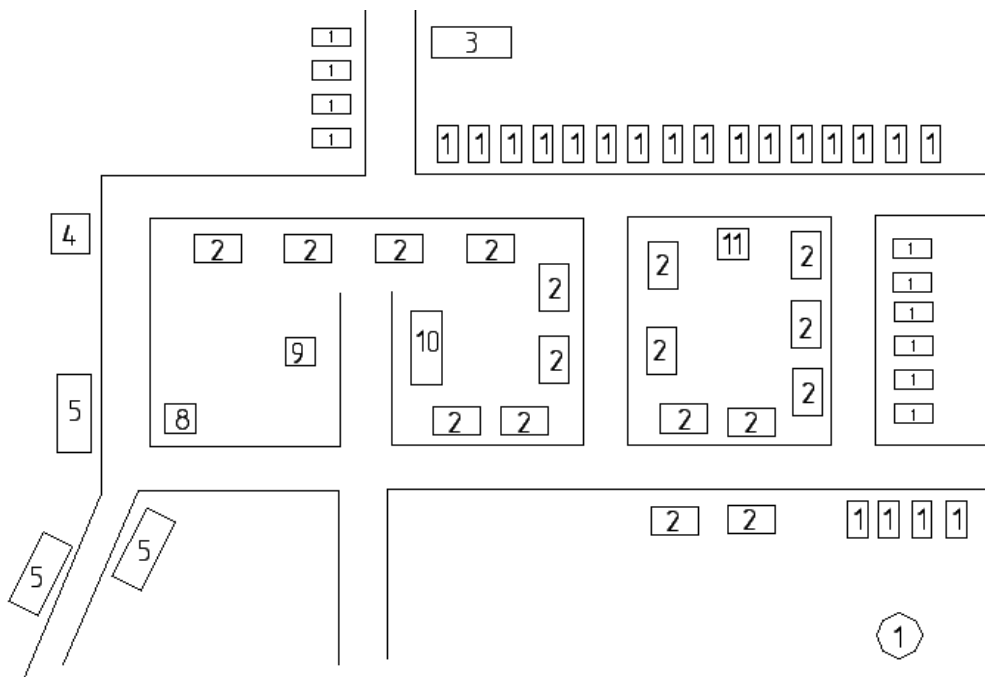


Рис. 1. Генеральный план поселка

### ЗАДАНИЕ №2

1. Генеральный план посёлка – рис. 2.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 2.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 10 км.

**Таблица 2. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.}$ , кВА	$S_{веч.}$ , кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Овцеводческая ферма мясо - шерстного направления на 15000 голов	10	15
4	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 2000 т	25	8
5	Птичник клеточного содержания : на 20000 кур	37	50
6	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв.м весенняя	0,02	0,1
7	Овцеводческая ферма мясо - шерстного направления на 5000 голов	6	15
8	Кирпичный завод : на 1 -1,5 млн. кирпича	25	8

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{ул.осв.}=25Вт/м$

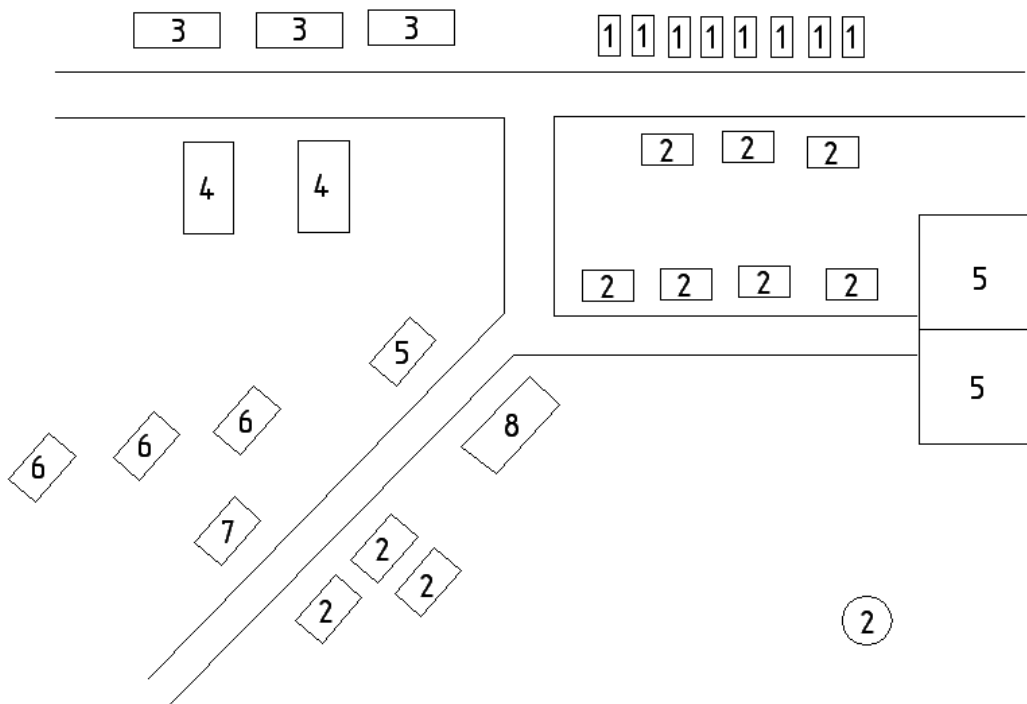


Рис. 2.  
Генеральный  
план посёлка

### ЗАДАНИЕ №3

1. Генеральный план посёлка – рис. 3.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 3.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 12 км.

**Таблица 3. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Свинооткормочная ферма на 4000 свиней	90	45
4	Свиноводческая репродукторная ферма на 200 основных свиноматок	85	43
5	Сектор промышленного стада на 40000 кур – несушек	105	74
6	Бригадный дом с залом на 100 мест	14	7
7	Хлебопекарня механизированная производительностью : 3 т.хлеба в сутки	17	17
8	Административное здание (контора с с/советом, отделение связи)	5	7
9	Свиноводческая ферма с законченным производственным циклом (свинарники-маточники,помещения для супоросных маток, поросят-отъемышей, молодняка, кормоцех, котельная,насосная) :на 300 свиноматок	160	80

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{ул.осв.}=25\text{Вт/м}$

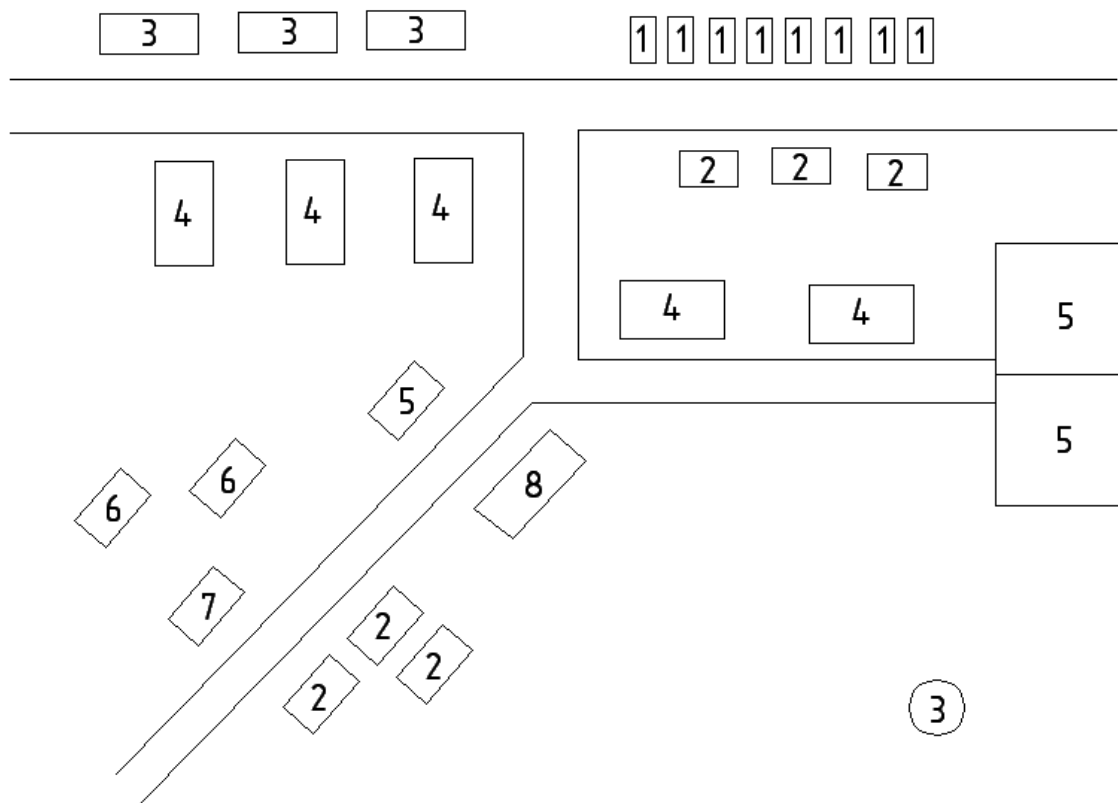


Рис. 3. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №4

1. Генеральный план посёлка – рис. 4.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 4.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 17 км.

**Таблица 4. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Парники на электрообогреве, на 1 кв.м	0,05	0,1
4	Птицеводческая ферма. Сектор промышленного стада	130	91
5	Детские ясли-сад на 90 мест	15	8
6	Общеобразовательная школа с мастерской и с электроплитой на кухне на 480-540 учащихся	55	55
7	Баня на 20 мест	10	10
8	Магазин на 4 рабочих места со смешанным ассортиментом	5	8
9	Клуб со зрительным залом на 150 - 200 мест	6	14
10	Пункт приготовления травянной муки с агрегатом : 2ЛСТ - 400	50	1
11	Центральная ремонтная мастерская на 75 тракторов	80	20
12	Кузница	6	1

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{уд.осв.}=25Вт/м$

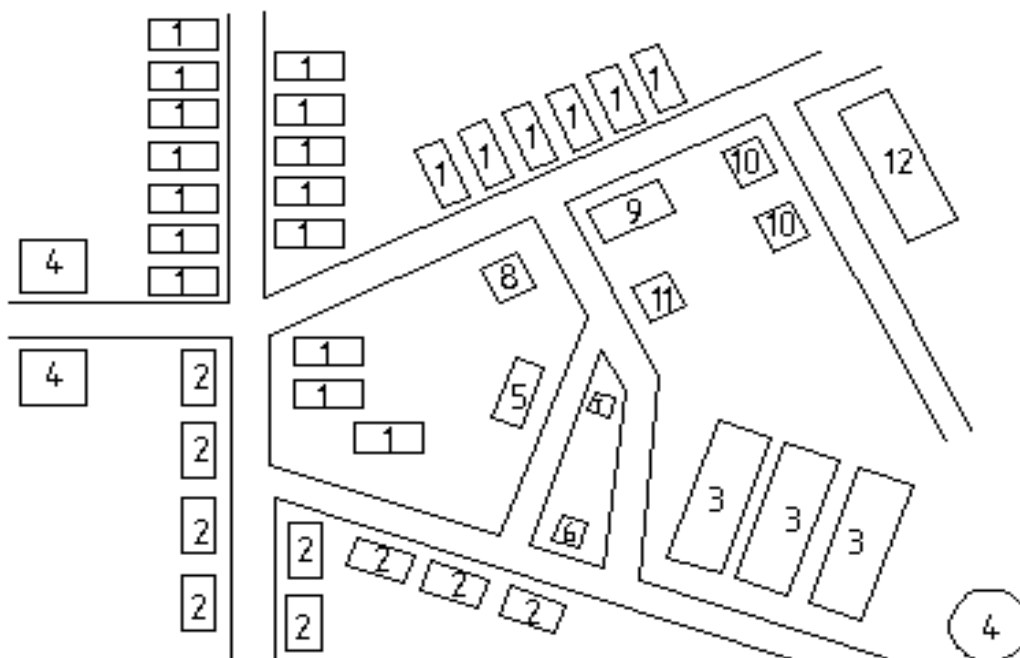


Рис. 4. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №5

1. Генеральный план посёлка – рис. 5.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 5.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 6,8 км.

**Таблица 5. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Птицеводческая ферма: сектор ремонтного молодняка	95	95
4	Гараж на 50 автомашин с закрытой стоянкой на 14 машин	15	5
5	Телятник с родильным отделением на 120 телят	16	16
6	Стационарный зерноочистительный пункт, производительностью 20 т/час	35	2
7	Маслобойка	12	0,5
8	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
9	Лесопильный цех с пилорамой Р-65	35	2
10	Продовольственный магазин на 4 рабочих места	10	6

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{ул.осв.}=25Вт/м$

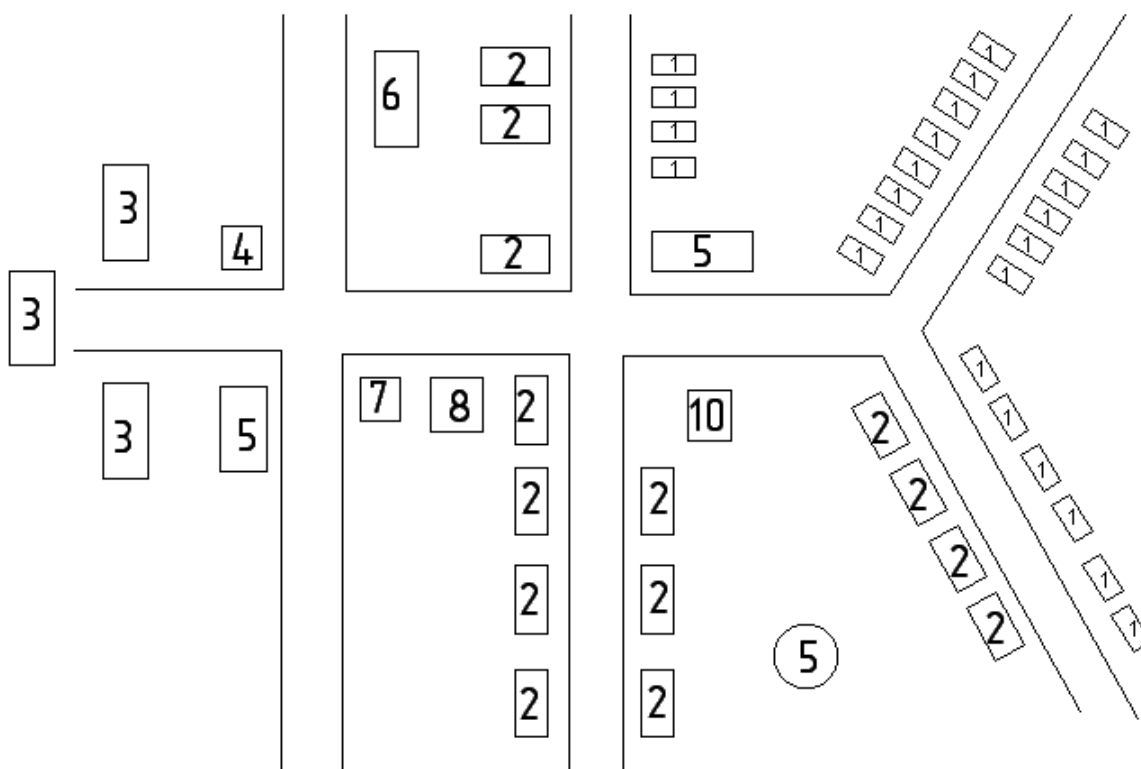


Рис. 5. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №6

1. Генеральный план посёлка – рис. 6.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 6.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 9,8 км.

**Таблица 6. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Столовая на 75-100 мест	15	5
4	Дом культуры со зрительным залом на 400 - 600 мест	11	55
5	Хлебопекарня механизированная производительностью 11 т. хлеба в сут.ки	35	35
6	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 1000-2000 т	25	8
7	Пункт приготовления травяной муки с агрегатом АВМ-1,5	140	1
8	Лесопильный цех с пиломатой : ЛРМ - 79	25	2
9	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью, 500-600т.	25	14
10	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза с электронагревателем ВЭТ-200 на 200 голов	22	22
11	Мастерская полевого стана тракторной бригады	12	3
12	Жерновая мельница с поставом: 8/4	22	1
13	Административное здание (контора с с/советом, отделение связи)	3	7

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{ул.осв.}=25Вт/м$

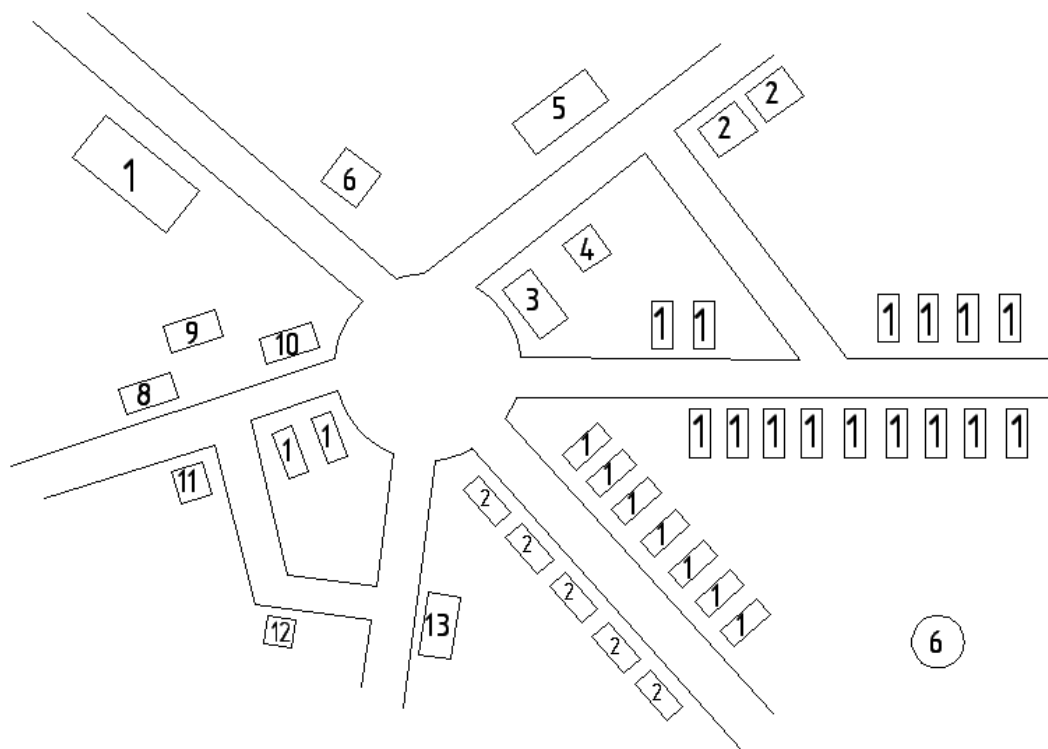


Рис.6.  
Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №7

1. Генеральный план посёлка – рис. 7.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 7.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 9,8 км.

**Таблица 7. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Птицеводческая ферма: сектор ремонтного молодняка	95	95
4	Столовая на 75-100 мест с электронагревательным оборудованием и электроплитой, на 100 мест	80	50
5	Общеобразовательная школа с мастерской и с электроплитой на кухне на 480-540 учащихся	55	55
6	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 2000 т	25	8
7	Хлебопекарня механизированная производительностью 11 т. хлеба в сутки	35	35
8	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
9	Стационарный зерноочистительный пункт, производительностью 20 т/час	35	2
10	Свиноводческая ферма с законченным производственным циклом (свинарники-маточники, помещения для супоросных маток, поросят-отъемышей, молодняка, кормоцех, котельная, насосная) :на 300 свиноматок	160	80

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{уд.осв.}=25Вт/м$

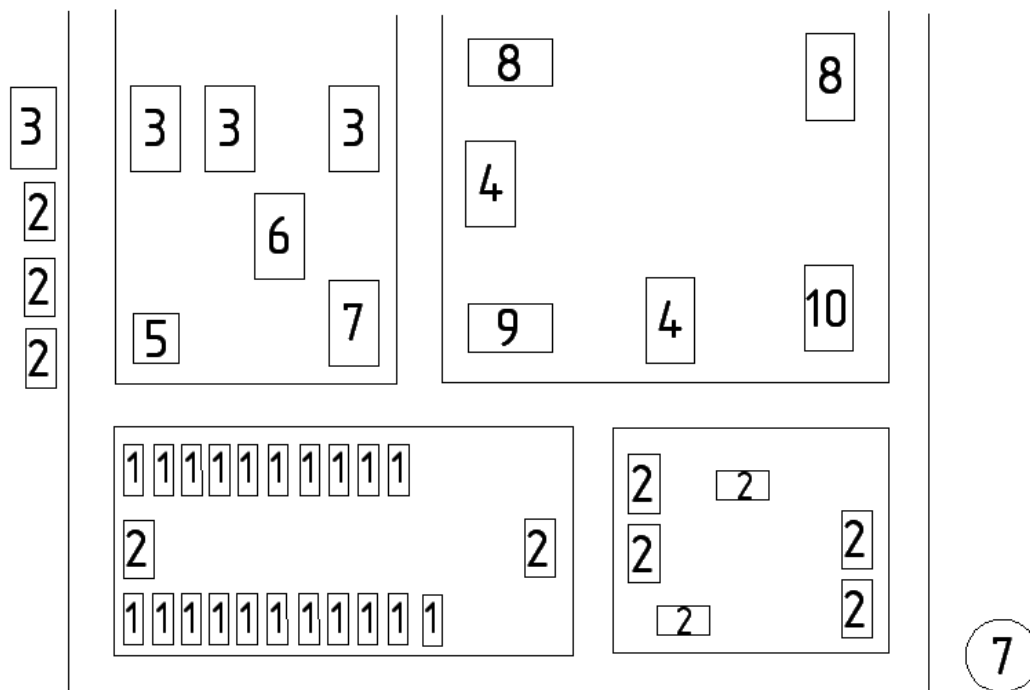


Рис. 7. Генеральный план посёлка



### ЗАДАНИЕ №8

1. Генеральный план посёлка – рис. 8.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 8.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 13 км.

**Таблица 8. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Коровник привязного содержания на 100 коров	13	13
4	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
5	Хлебопекарня механизированная производительностью : 3 т.хлеба в сутки	17	17
6	Птичник клеточного содержания : на 20000 кур	37	50
7	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв. м весенняя	0,02	0,1
8	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза на 200 голов	25	25
9	Пункт приготовления травяной муки АВМ- 1,5	140	1
10	Гараж на 50 автомашин с закрытой стоянкой на 14 машин	15	5
11	Дом культуры со зрительным залом на 400 - 600 мест	11	55
12	Столовая на 75-100 мест	80	50

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{уд.осв.}=25Вт/м$

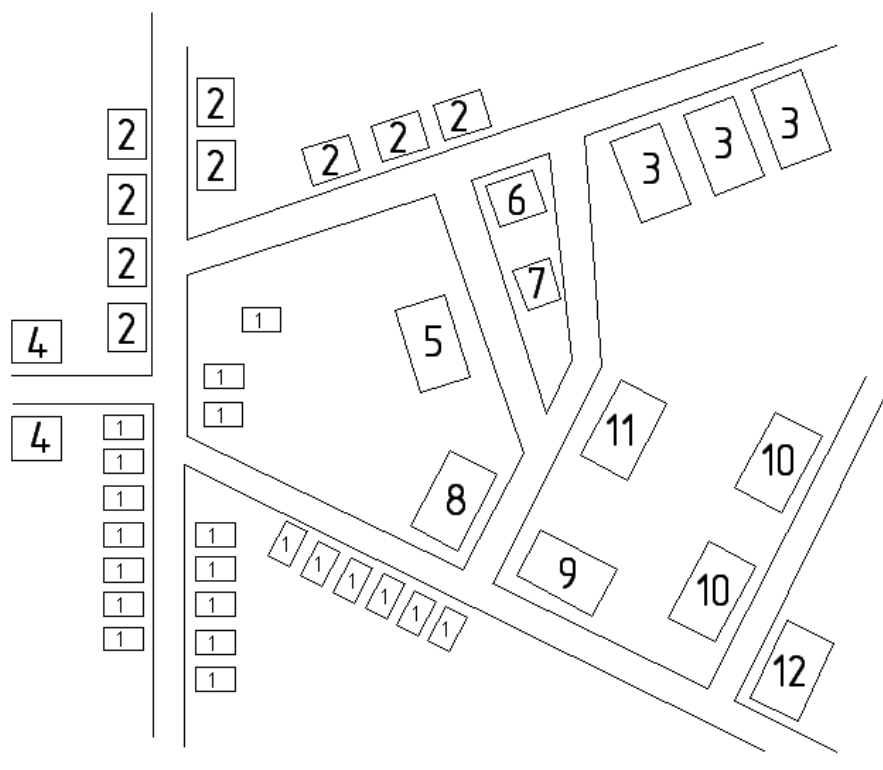


Рис. 8.  
Генеральный  
план посёлка

### ЗАДАНИЕ №9

1. Генеральный план посёлка – рис. 9.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 9.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 15 км.

**Таблица 9. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.}$ , кВА	$S_{веч.}$ , кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Овцеводческая ферма мясо - шерстного направления на 15000 голов	10	15
4	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 2000 т	25	8
5	Птичник клеточного содержания : на 20000 кур	37	50
6	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв.м весенняя	0,02	0,1
7	Овцеводческая ферма мясо - шерстного направления на 5000 голов	6	15
8	Кирпичный завод : на 1 -1,5 млн. кирпича	25	8
9	Коровник привязного содержания на 100 коров	13	13
10	Птицеводческая ферма: сектор ремонтного молодняка	95	95

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{ул.осв.}=25Вт/м$

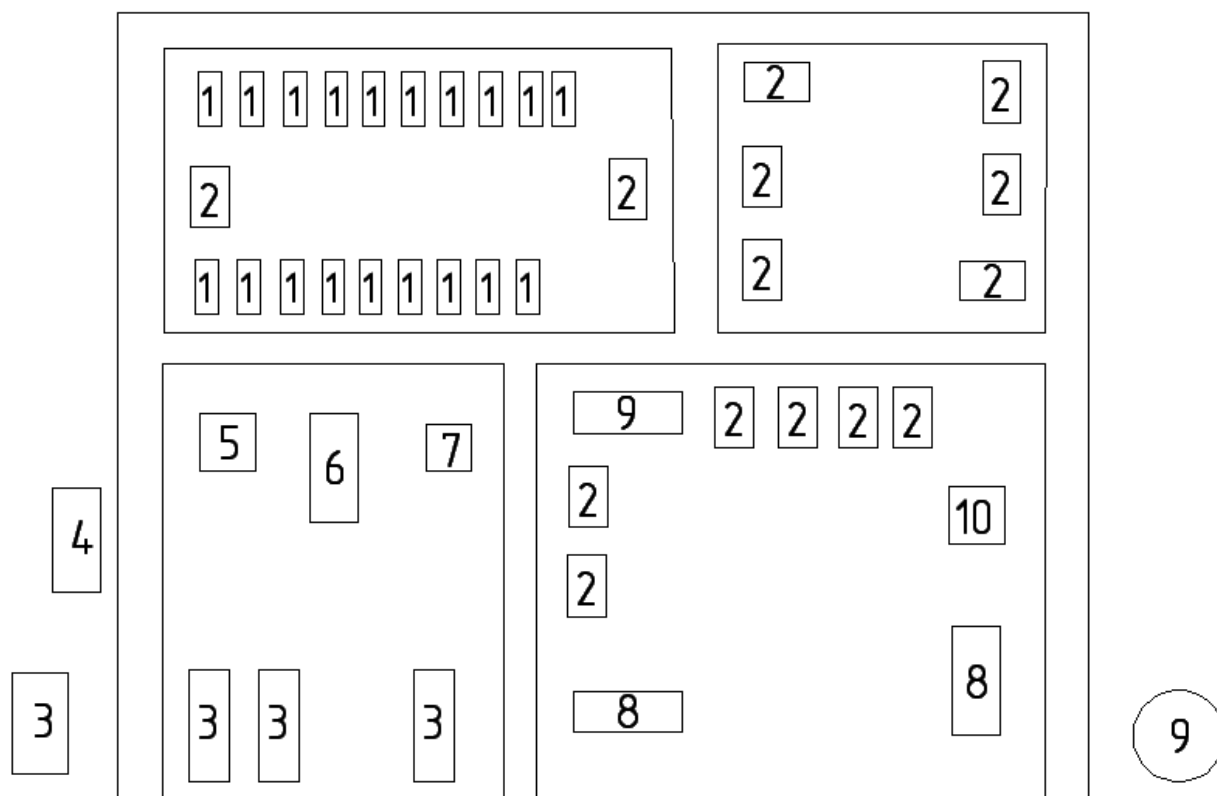


Рис. 9. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №10

1. Генеральный план посёлка – рис. 10.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 10.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 14 км.

**Таблица 10. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Свинооткормочная ферма на 4000 свиней	90	45
4	Свиноводческая репродукторная ферма на 200 основных свиноматок	85	43
5	Сектор промышленного стада на 40000 кур – несушек	105	74
6	Бригадный дом с залом на 100 мест	14	7
7	Хлебопекарня механизированная производительностью : 3 т.хлеба в сутки	17	17
8	Магазин на 4 рабочих места со смешанным ассортиментом	5	8
9	Свиноводческая ферма с законченным производственным циклом (свинарники-маточники,помещения для супоросных маток, поросят-отъемышей, молодняка, кормоцех, котельная,насосная) :на 300 свиноматок	160	80
10	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв.м весенняя	0,02	0,1
11	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью, т : 500 - 600	25	14
12	Кирпичный завод : на 1 -1,5 млн. кирпича	25	8

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{ул.осв.}=25Вт/м$

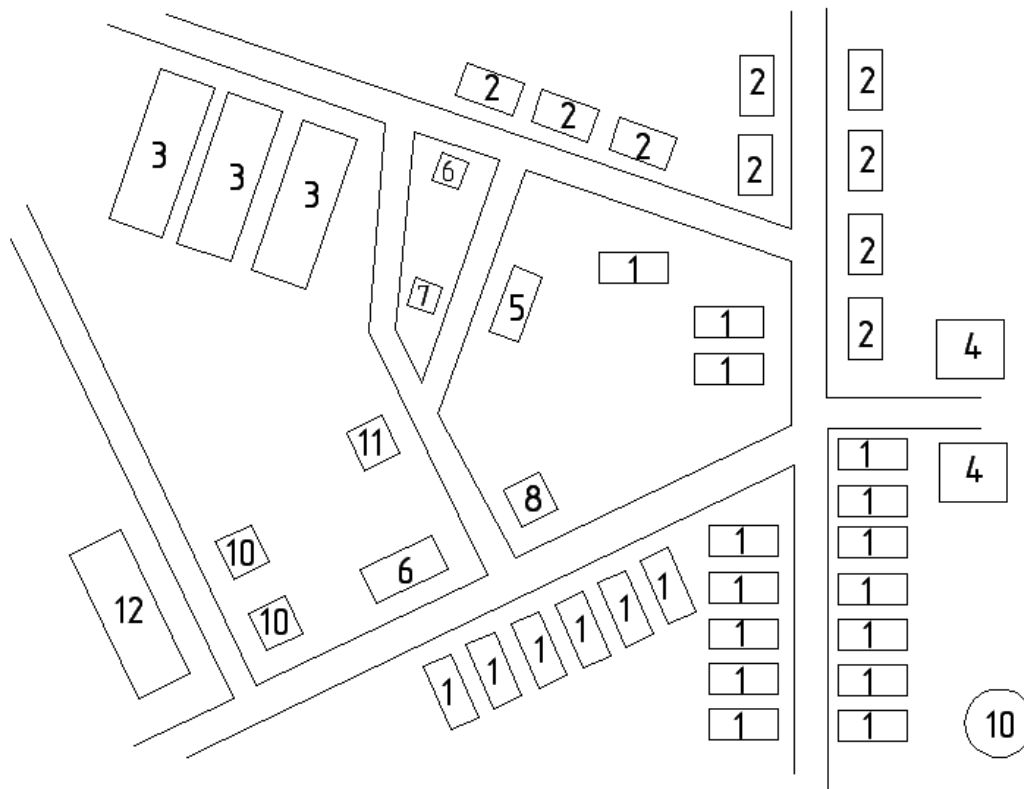


Рис. 10. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №11

1. Генеральный план посёлка – рис. 11.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 11.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 7 км.

**Таблица 11. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{\text{дн.}}$ , кВА	$S_{\text{веч.}}$ , кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Парники на электрообогреве, на 1 кв.м	0,05	0,1
4	Птицеводческая ферма. Сектор промышленного стада	130	91
5	Детские ясли-сад на 90 мест	15	8
6	Общеобразовательная школа с мастерской и с электроплитой на кухне на 480-540 учащихся	55	55
7	Баня на 20 мест	10	10
8	Магазин на 4 рабочих места со смешанным ассортиментом	5	8
9	Клуб со зрительным залом на 150 - 200 мест	6	14
10	Пункт приготовления травянной муки с агрегатом : 2ЛСТ - 400	50	1

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{\text{ул.осв.}}=25\text{Вт/м}$

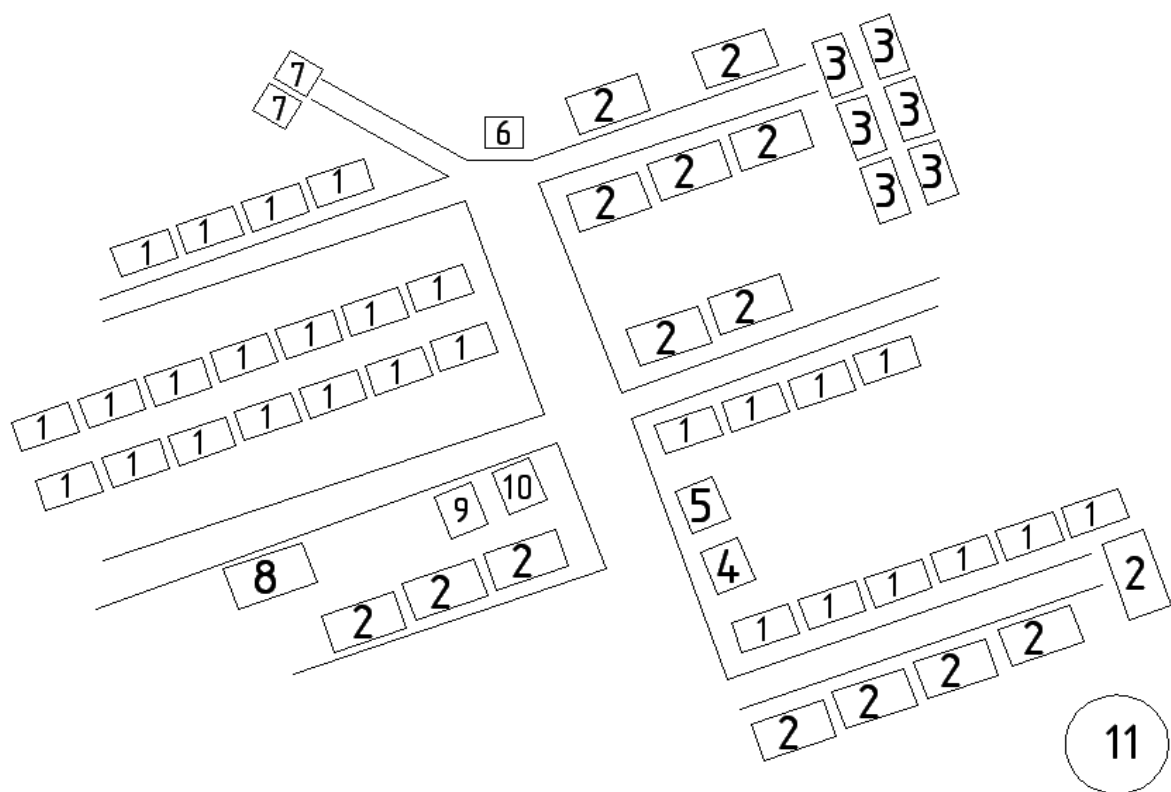


Рис. 11. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №12

1. Генеральный план посёлка – рис. 12.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 12.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 6,5 км.

**Таблица 12. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Птицеводческая ферма: сектор ремонтного молодняка	95	95
4	Гараж на 50 автомашин с закрытой стоянкой на 14 машин	15	5
5	Телятник с родильным отделением на 120 телят	16	16
6	Стационарный зерноочистительный пункт, производительностью 20 т/час	35	2
7	Маслобойка	12	0,5
8	Магазин на 4 рабочих места со смешанным ассортиментом	5	8
9	Лесопильный цех с пилорамой Р-65	35	2
10	Детские ясли-сад на 90 мест	15	8
11	Кирпичный завод : на 1 -1,5 млн. кирпича	25	8
12	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 2000 т	25	8
13	Бригадный дом с залом на 100 мест	14	7

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{уд.осв.}=25Вт/м$

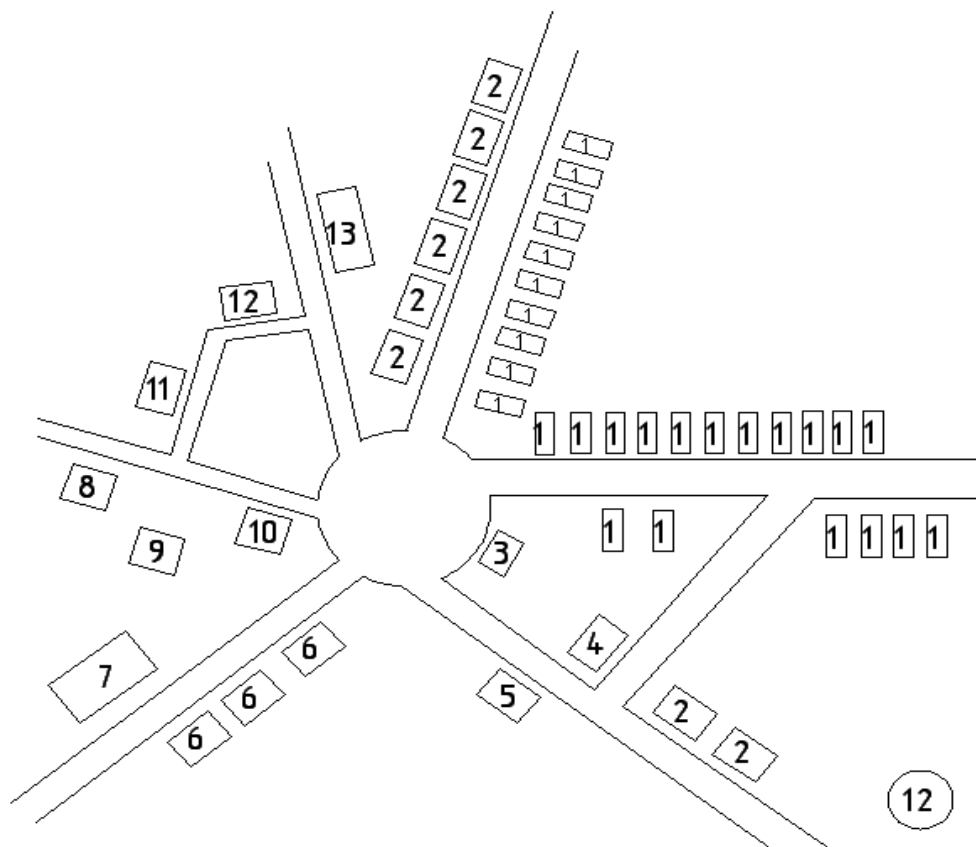


Рис. 12. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №13

1. Генеральный план посёлка – рис. 13.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 13.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 9,5 км.

**Таблица 13. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза с электронагревателем ВЭТ-200 на 200 голов	22	22
4	Столовая на 75-100 мест	15	5
5	Дом культуры со зрительным залом на 400 - 600 мест	11	55
6	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 1000-2000 т	25	8
7	Пункт приготовления травяной муки с агрегатом АВМ-1,5	140	1
8	Лесопильный цех с пиломатом : ЛРМ - 79	25	2
9	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью, 500-600т.	25	14
10	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза с электронагревателем ВЭТ-200 на 200 голов	22	22
Освещение посёлка определить по плану, приняв $S_{ул.осв.}=25Вт/м$			

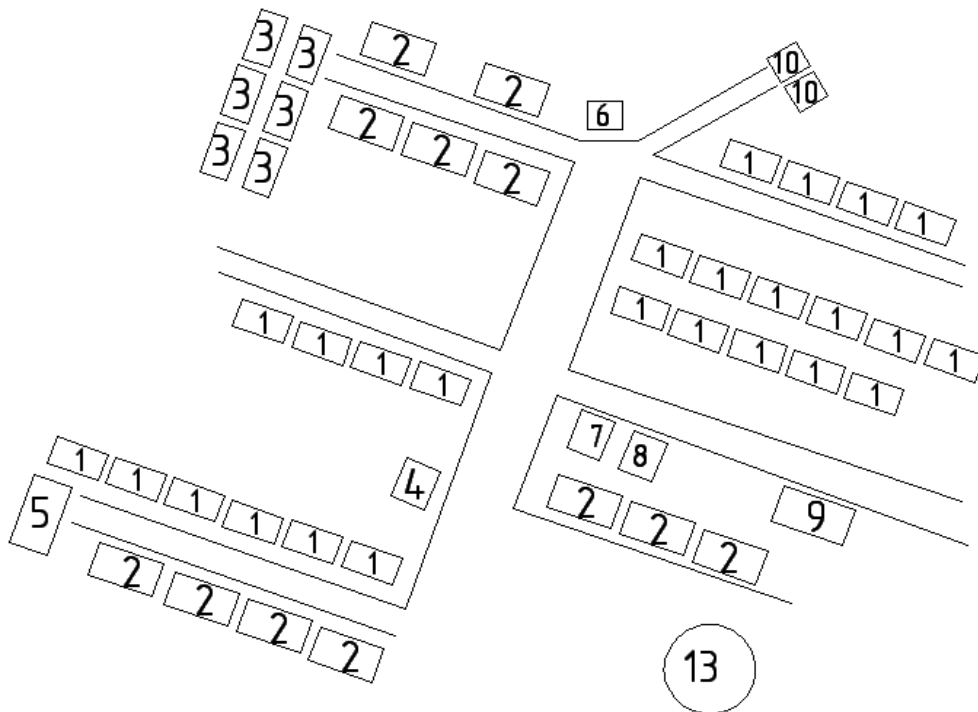


Рис. 13. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №14

1. Генеральный план посёлка – рис. 14.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 14.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 11 км.

**Таблица 14. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Столовая на 75-100 мест	15	5
4	Общеобразовательная школа с мастерской и с электроплитой на кухне на 480-540 учащихся	55	55
5	Стационарный зерноочистительный пункт, производительностью 20 т/час	35	2
6	Птицеводческая ферма: сектор ремонтного молодняка	95	95
7	Хлебопекарня механизированная производительностью 11 т. хлеба в сутки	35	35
8	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
9	Лесопильный цех с пилорамой : ЛРМ - 79	25	2
10	Свиноводческая ферма с законченным производственным циклом (свинарники-маточники, помещения для супоросных маток, поросят-отъемышей, молодняка, кормоцех, котельная, насосная) : на 300 свиноматок	160	80
11	Жерновая мельница с поставом: 8/4	22	1
Освещение посёлка определить по плану, приняв $S_{уд.осв.}=25Вт/м$			

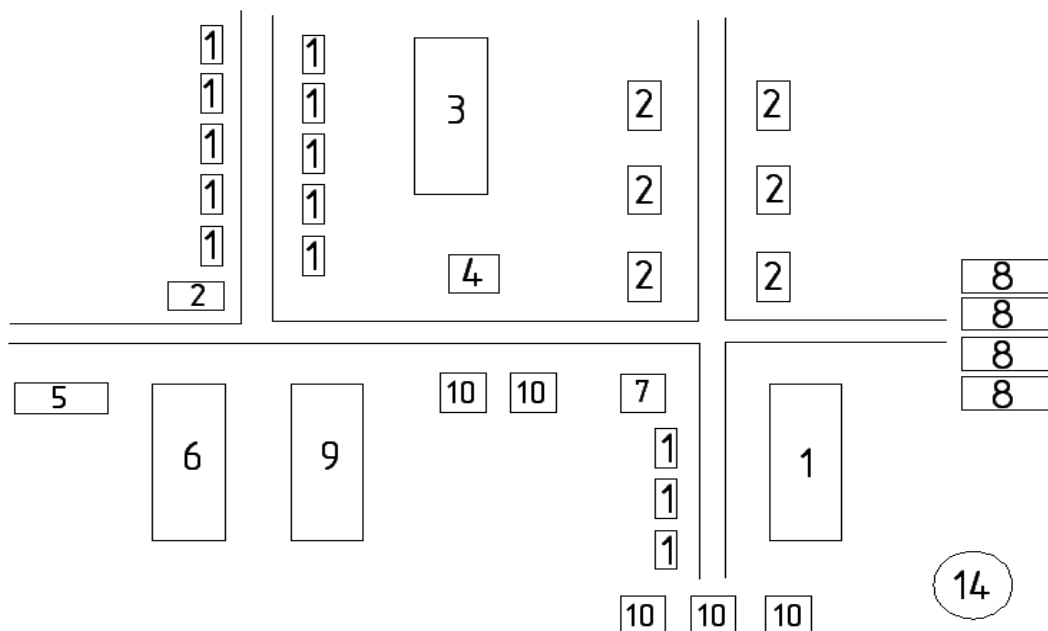


Рис. 14. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №15

1. Генеральный план посёлка – рис. 15.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 15.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 10 км.

**Таблица 15. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Коровник привязного содержания на 100 коров	13	13
4	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
5	Хлебопекарня механизированная производительностью : 3 т.хлеба в сутки	17	17
6	Птичник клеточного содержания : на 20000 кур	37	50
7	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв.м весенняя	0,02	0,1
8	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза на 200 голов	25	25
9	Пункт приготовления травяной муки АВМ- 1,5	140	1
10	Гараж на 50 автомашин с закрытой стоянкой на 14 машин	15	5
11	Дом культуры со зрительным залом на 400 - 600 мест	11	55
12	Хлебопекарня механизированная производительностью 11 т. хлеба в сутки	35	35

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{уд.осв.}=25Вт/м$

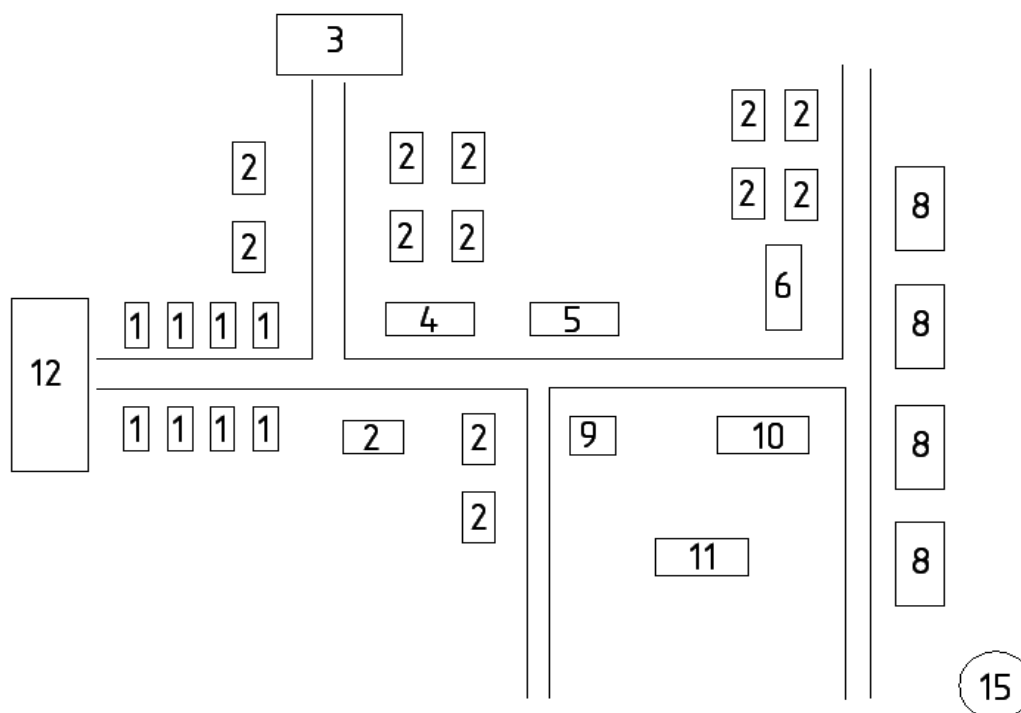


Рис. 15. Генеральный план посёлка



### ЗАДАНИЕ №16

1. Генеральный план посёлка – рис. 16.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 16.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 8 км.

**Таблица 16. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Коровник привязного содержания на 100 коров	13	13
4	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
5	Птичник клеточного содержания : на 20000 кур	37	50
6	Хлебопекарня механизированная производительностью : 3 т. хлеба в сутки	17	17
7	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв. м весенняя	0,05	0,1
8	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза на 200 голов	25	25
9	Пункт приготовления травяной муки АВМ- 1,5	140	1
10	Гараж на 50 автомашин с закрытой стоянкой на 14 машин	15	5
11	Жерновая мельница с поставом: 8/4	22	1

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{ул.осв.}=25Вт/м$

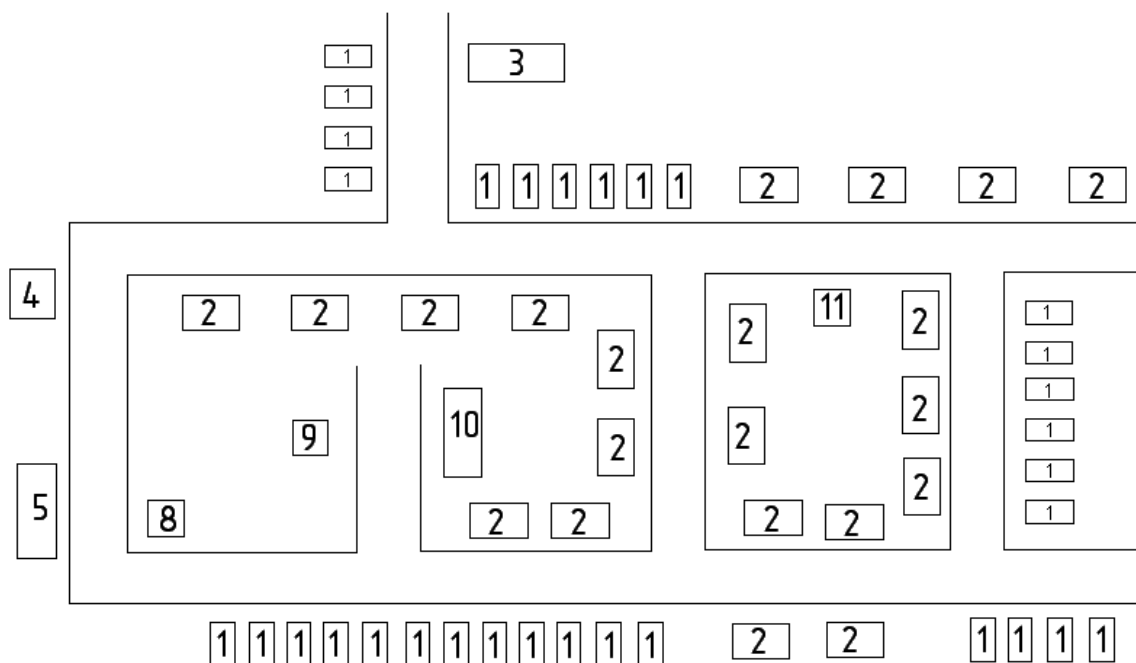


Рис. 16. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №17

1. Генеральный план посёлка – рис. 17.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 17.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 8,5 км.

**Таблица 17. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Овцеводческая ферма мясо - шерстного направления на 15000 голов	10	15
4	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 2000 т	25	8
5	Птичник клеточного содержания : на 20000 кур	37	50
6	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв.м весенняя	0,02	0,1
7	Овцеводческая ферма мясо - шерстного направления на 5000 голов	6	15
8	Кирпичный завод : на 1 -1,5 млн. кирпича	25	8
9	Пункт приготовления травяной муки АВМ- 1,5	140	1
10	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
11	Гараж на 50 автомашин с закрытой стоянкой на 14 машин	15	5

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{уд.осв.}=25Вт/м$

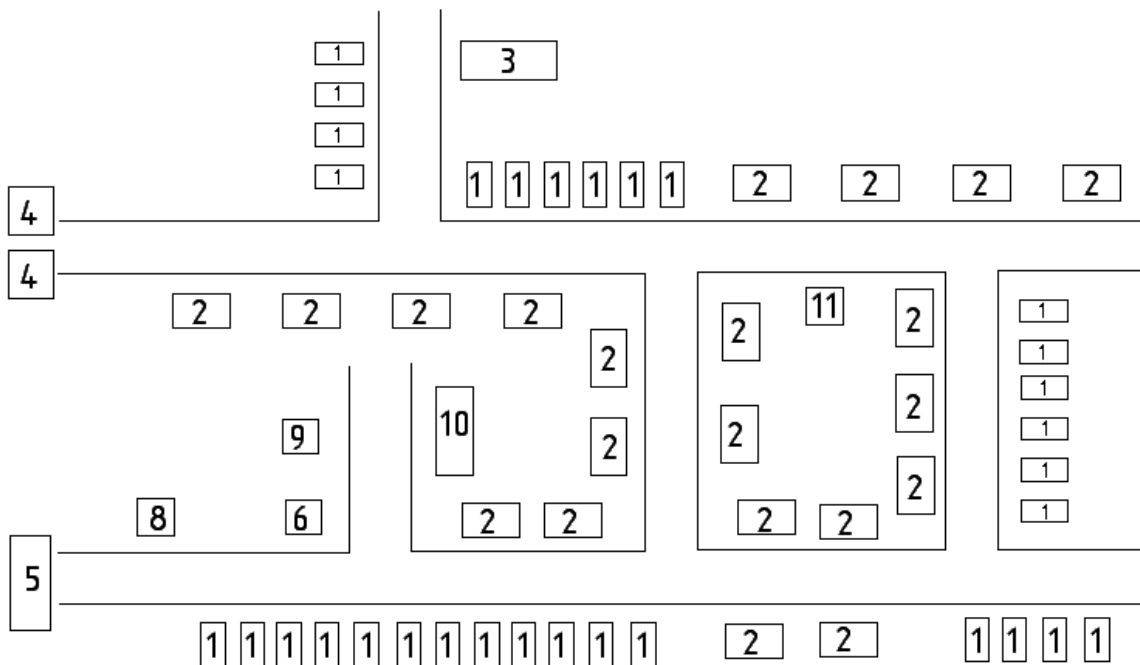


Рис. 17. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №18

1. Генеральный план посёлка – рис. 18.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 18.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 14 км.

**Таблица 18. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Свинооткормочная ферма на 4000 свиней	90	45
4	Свиноводческая репродукторная ферма на 200 основных свиноматок	85	43
5	Сектор промышленного стада на 40000 кур – несушек	105	74
6	Бригадный дом с залом на 100 мест	14	7
7	Хлебопекарня механизированная производительностью : 3 т.хлеба в сутки	17	17
8	Магазин на 4 рабочих места со смешанным ассортиментом	5	8
9	Свиноводческая ферма с законченным производственным циклом (свинарники-маточники,помещения для супоросных маток, поросят-отъемышей, молодняка, кормоцех, котельная,насосная) :на 300 свиноматок	160	80
Освещение посёлка определить по плану, приняв $S_{ул.осв.}=25Вт/м$			

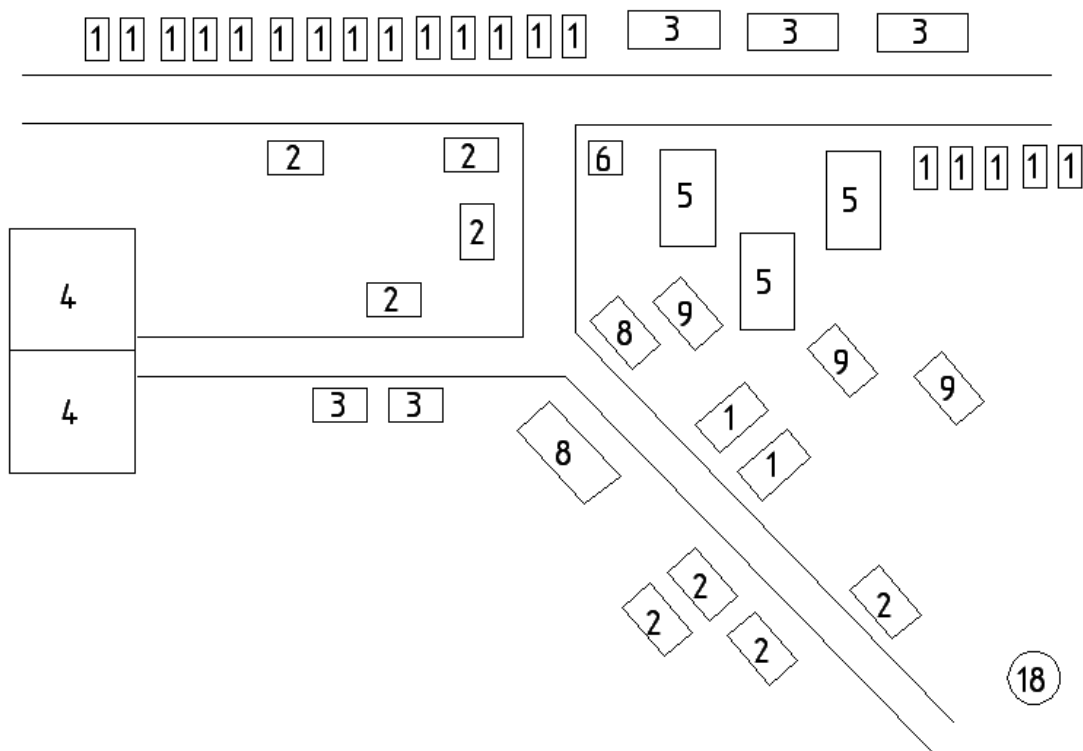


Рис. 18. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №19

1. Генеральный план посёлка – рис. 19.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 19.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 11,8 км.

**Таблица 19. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Парники на электрообогреве, на 1 кв.м	0,05	0,1
4	Птицеводческая ферма. Сектор промышленного стада	130	91
5	Детские ясли-сад на 90 мест	15	8
6	Общеобразовательная школа с мастерской и с электроплитой на кухне на 480-540 учащихся	55	55
7	Баня на 20 мест	10	10
8	Магазин на 4 рабочих места со смешанным ассортиментом	5	8
9	Клуб со зрительным залом на 150 - 200 мест	6	14
10	Пункт приготовления травянной муки с агрегатом : 2ЛСТ - 400	50	1
11	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
12	Коровник привязного содержания на 100 коров	13	13

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{ул.осв.}=25Вт/м$

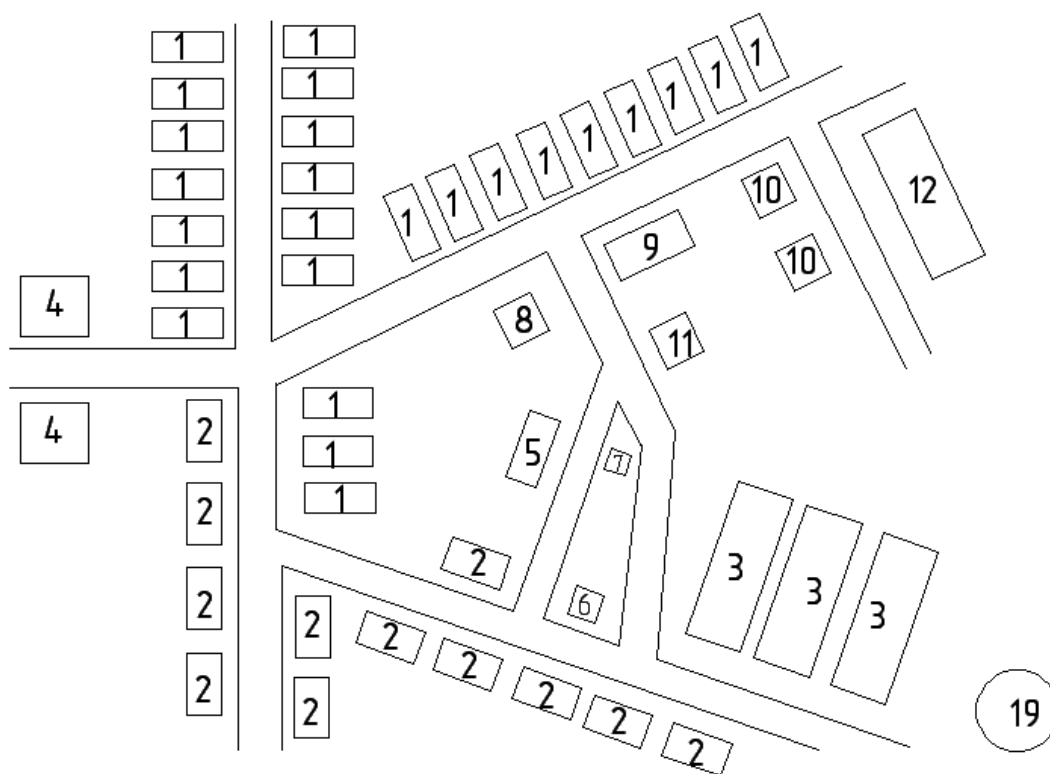


Рис. 19. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №20

1. Генеральный план посёлка – рис. 20.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 20.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 11,8 км.

**Таблица 20. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Птицеводческая ферма: сектор ремонтного молодняка	95	95
4	Гараж на 50 автомашин с закрытой стоянкой на 14 машин	15	5
5	Телятник с родильным отделением на 120 телят	16	16
6	Стационарный зерноочистительный пункт, производительностью 20 т/час	35	2
7	Маслобойка	12	0,5
8	Магазин на 4 рабочих места со смешанным ассортиментом	5	8
9	Лесопильный цех с пилорамой Р-65	35	2
10	Детские ясли-сад на 90 мест	15	8

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{ул.осв.}=25\text{Вт/м}$

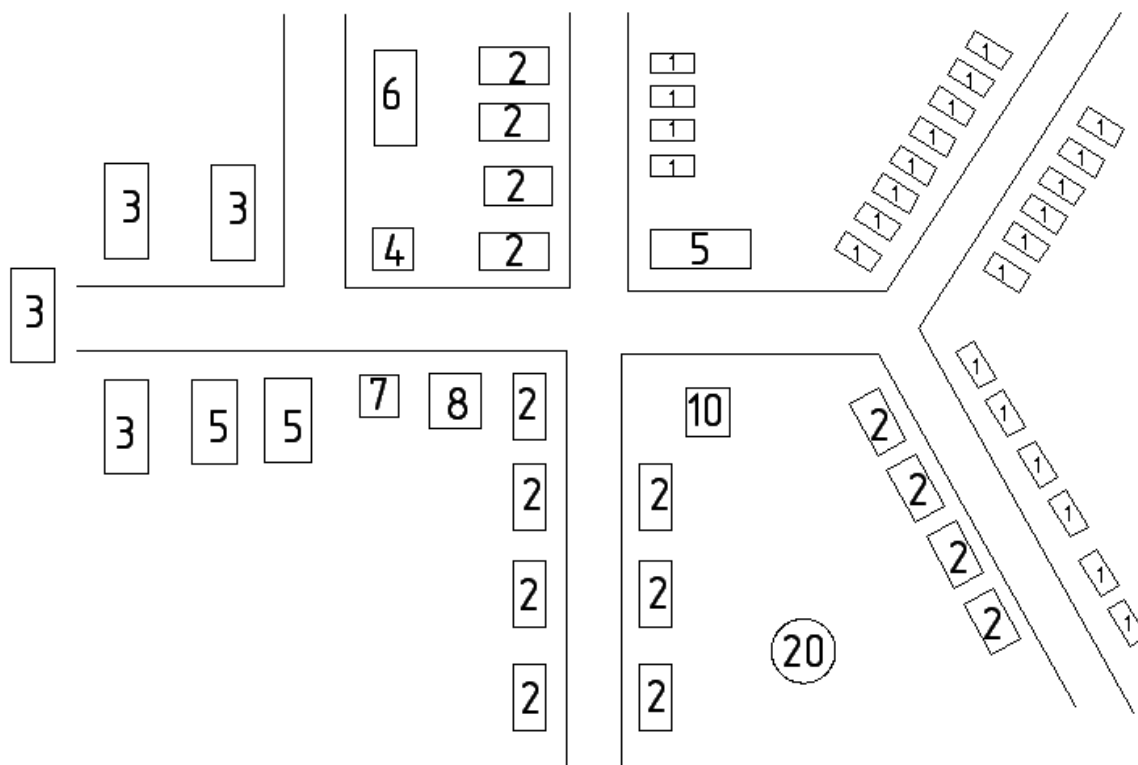


Рис. 20. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №21

1. Генеральный план посёлка – рис. 21.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 21.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 11,8 км.

**Таблица 21. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза с электронагревателем ВЭТ-200 на 200 голов	22	22
4	Столовая на 75-100 мест	15	5
5	Дом культуры со зрительным залом на 400 - 600 мест	11	55
6	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 1000-2000 т	25	8
7	Пункт приготовления травяной муки с агрегатом АВМ-1,5	140	1
8	Лесопильный цех с пилорамой : ЛРМ - 79	25	2
9	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью, 500-600т.	25	14
10	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза с электронагревателем ВЭТ-200 на 200 голов	22	22
11	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв.м весенняя	0,02	0,1
12	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью, т : 500 - 600	25	14
13	Дом культуры со зрительным залом на 400 - 600 мест	11	55

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{ул.осв.}=25\text{Вт/м}$

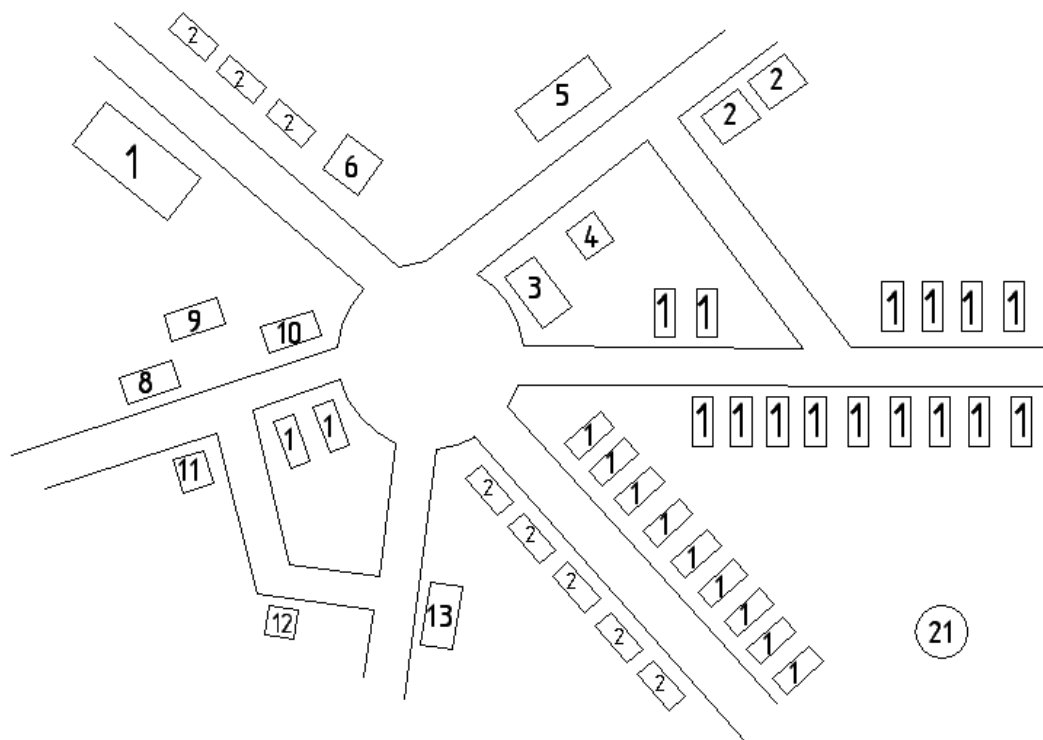


Рис. 21. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №22

1. Генеральный план посёлка – рис. 22.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 22.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 7,2 км.

**Таблица 22. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Птицеводческая ферма: сектор ремонтного молодняка	95	95
4	Общеобразовательная школа с мастерской и с электроплитой на кухне на 480-540 учащихся	55	55
5	Стационарный зерноочистительный пункт, производительностью 20 т/час	35	2
6	Птицеводческая ферма: сектор ремонтного молодняка	95	95
7	Хлебопекарня механизированная производительностью 11 т. хлеба в сутки	35	35
8	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
9	Лесопильный цех с пилорамой : ЛРМ - 79	25	2
10	Свиноводческая ферма с законченным производственным циклом (свинарники-маточники, помещения для супоросных маток, поросят-отъемышей, молодняка, кормоцех, котельная, насосная) :на 300 свиноматок	160	80
Освещение посёлка определить по плану, приняв $S_{уд.осв.} = 25 \text{Вт/м}$			

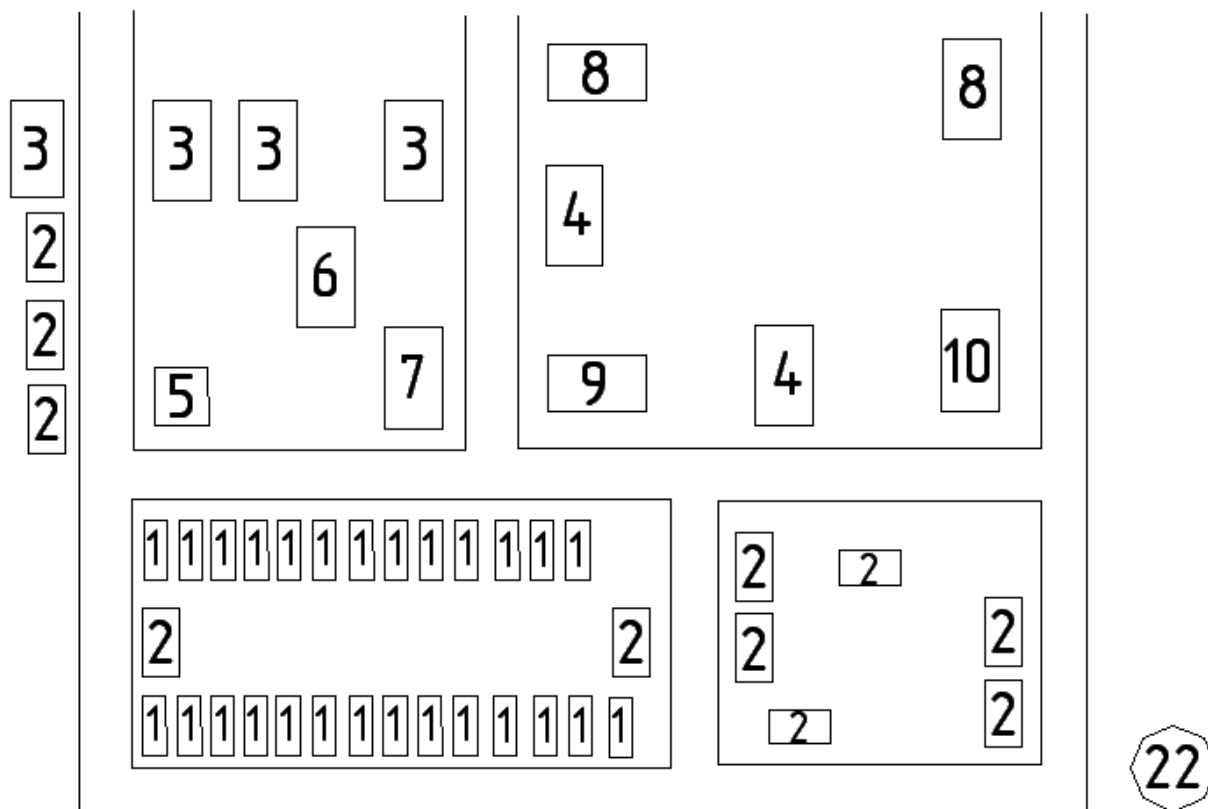


Рис. 22. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №23

1. Генеральный план посёлка – рис. 23.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 23.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 7,2 км.

**Таблица 23. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Коровник привязного содержания на 100 коров	13	13
4	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
5	Хлебопекарня механизированная производительностью : 3 т.хлеба в сутки	17	17
6	Птичник клеточного содержания : на 20000 кур	37	50
7	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв.м весенняя	0,02	0,1
8	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза на 200 голов	25	25
9	Пункт приготовления травяной муки АВМ- 1,5	140	1
10	Птицеводческая ферма: сектор ремонтного молодняка	95	95
11	Дом культуры со зрительным залом на 400 - 600 мест	11	55
12	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 2000 т	25	8

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{уд.осв.}=25Вт/м$

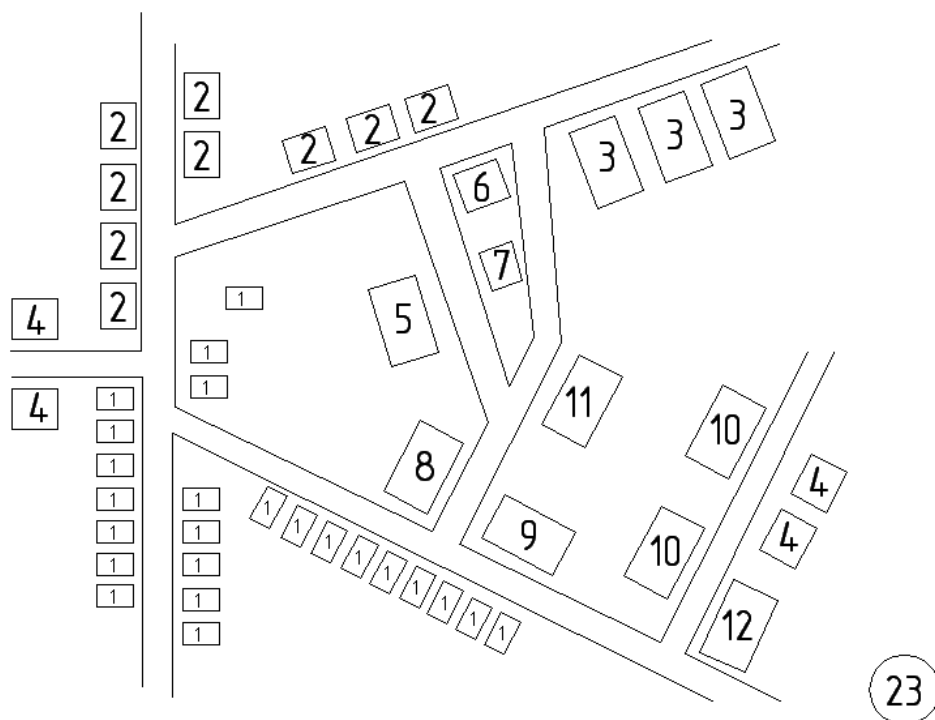


Рис. 23. Генеральный план посёлка



### ЗАДАНИЕ №24

1. Генеральный план посёлка – рис. 24.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 24.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 13,5 км.

**Таблица 24. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{\text{он.}}$ , кВА	$S_{\text{веч.}}$ , кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Коровник привязного содержания на 100 коров	13	13
4	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
5	Птичник клеточного содержания : на 20000 кур	37	50
6	Хлебопекарня механизированная производительностью : 3 т.хлеба в сутки	17	17
7	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв. м весенняя	0,05	0,1
8	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза на 200 голов	25	25
9	Пункт приготовления травяной муки АВМ- 1,5	140	1
10	Гараж на 50 автомашин с закрытой стоянкой на 14 машин	15	5

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{\text{ул.осв.}}=25\text{Вт/м}$

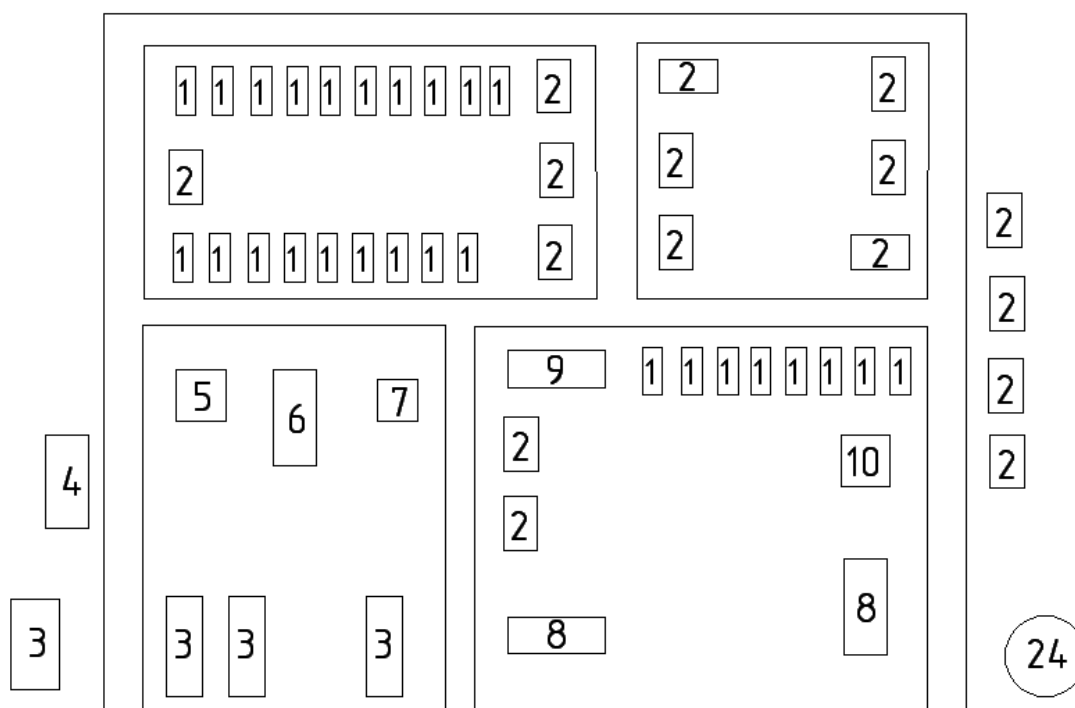


Рис. 24. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №25

1. Генеральный план посёлка – рис. 25.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 25.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 18 км.

**Таблица 25. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Овцеводческая ферма мясо - шерстного направления на 15000 голов	10	15
4	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 2000 т	25	8
5	Птичник клеточного содержания : на 20000 кур	37	50
6	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв.м весенняя	0,02	0,1
7	Овцеводческая ферма мясо - шерстного направления на 5000 голов	6	15
8	Кирпичный завод : на 1 -1,5 млн. кирпича		
9	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза на 200 голов	25	25
10	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
11	Дом культуры со зрительным залом на 400 - 600 мест	11	55
12	Хлебопекарня механизированная производительностью 11 т. хлеба в сутки	35	35

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{уд.осв.} = 25 \text{Вт/м}$

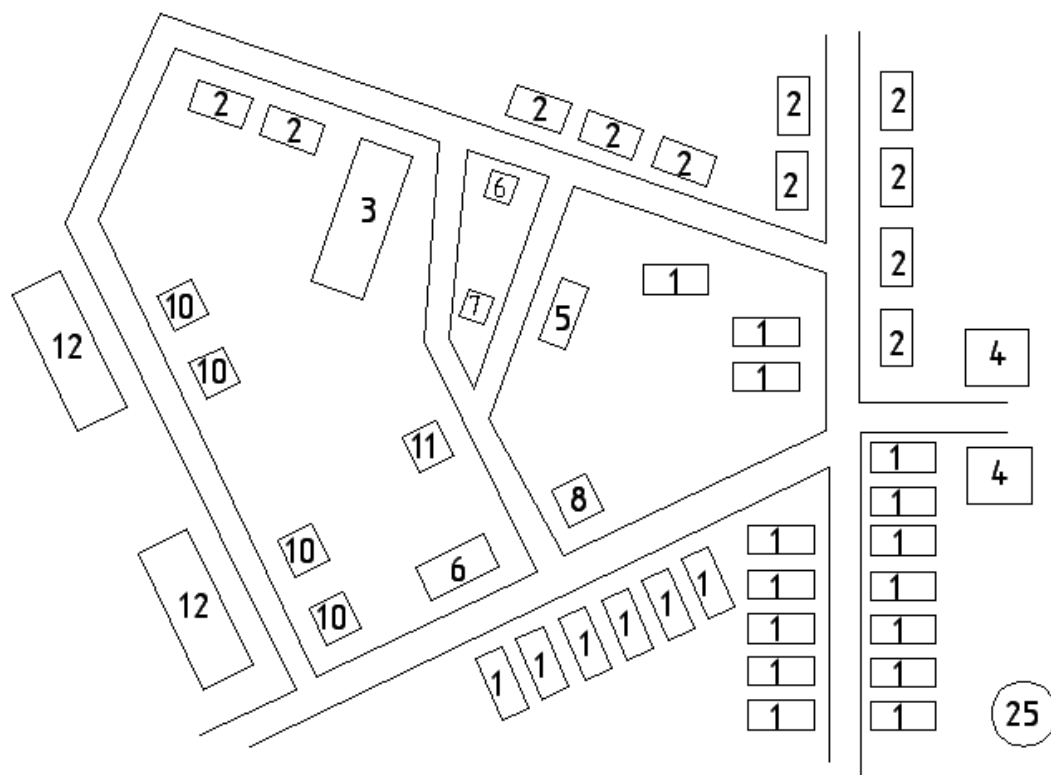


Рис. 25. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №26

1. Генеральный план посёлка – рис. 26.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 26.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 11 км.

**Таблица 26. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Свинооткормочная ферма на 4000 свиней	90	45
4	Свиноводческая репродукторная ферма на 200 основных свиноматок	85	43
5	Сектор промышленного стада на 40000 кур – несушек	105	74
6	Бригадный дом с залом на 100 мест	14	7
7	Хлебопекарня механизированная производительностью : 3 т.хлеба в сутки	17	17
8	Магазин на 4 рабочих места со смешанным ассортиментом	5	8
9	Свиноводческая ферма с законченным производственным циклом (свинарники-маточники,помещения для супоросных маток, поросят-отъемышей, молодняка, кормоцех, котельная,насосная) :на 300 свиноматок	160	80
10	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв.м весенняя	0,02	0,1

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{ул.осв.}=25Вт/м$

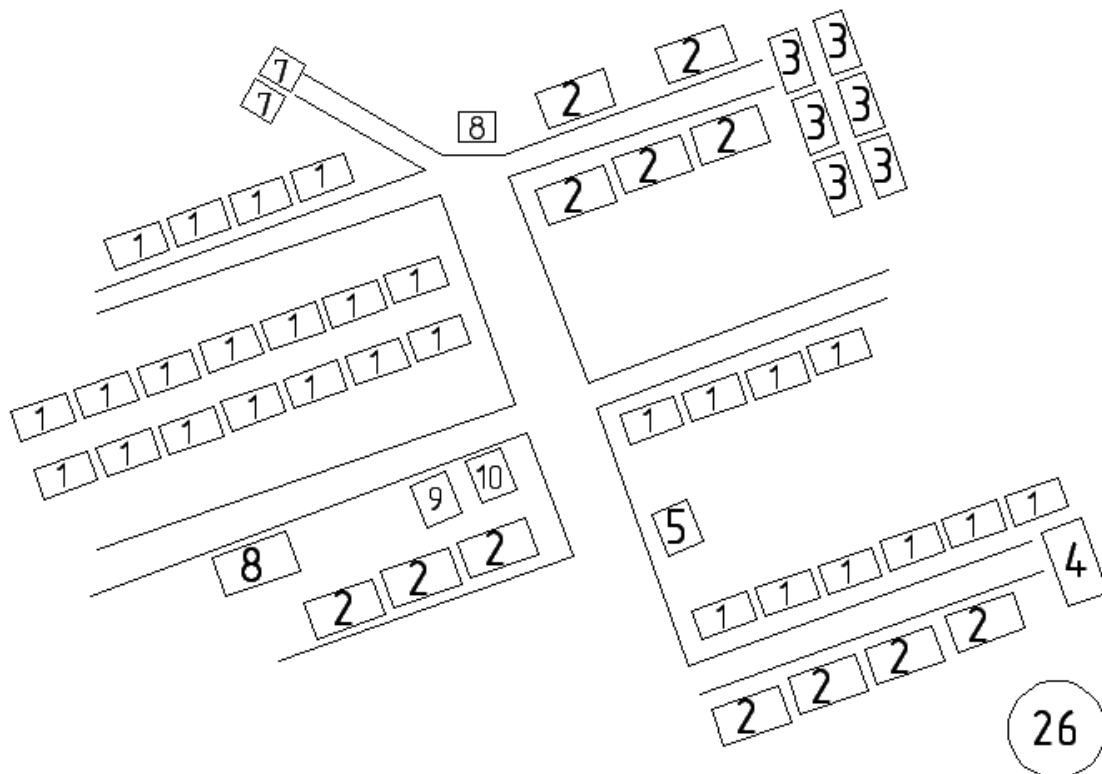


Рис. 26. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №27

1. Генеральный план посёлка – рис. 27.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 27.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 9,6 км.

**Таблица 27. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Парники на электрообогреве, на 1 кв.м	0,05	0,1
4	Общеобразовательная школа с мастерской и с электроплитой на кухне на 480-540 учащихся	55	55
5	Баня на 20 мест	10	10
6	Магазин на 4 рабочих места со смешанным ассортиментом	5	8
7	Клуб со зрительным залом на 150 - 200 мест	6	14
8	Пункт приготовления травянной муки с агрегатом : 2ЛСТ - 400	50	1
9	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
10	Коровник привязного содержания на 100 коров	13	13
11	Лесопильный цех с пилорамой : ЛРМ - 79	25	2
12	Свиноводческая ферма с законченным производственным циклом (свинарники-маточники, помещения для супоросных маток, поросят-отъемышей, молодняка, кормоцех, котельная, насосная) :на 300 свиноматок	160	80
13	Жерновая мельница с поставом: 8/4	22	1

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{уд.осв.}=25Вт/м$

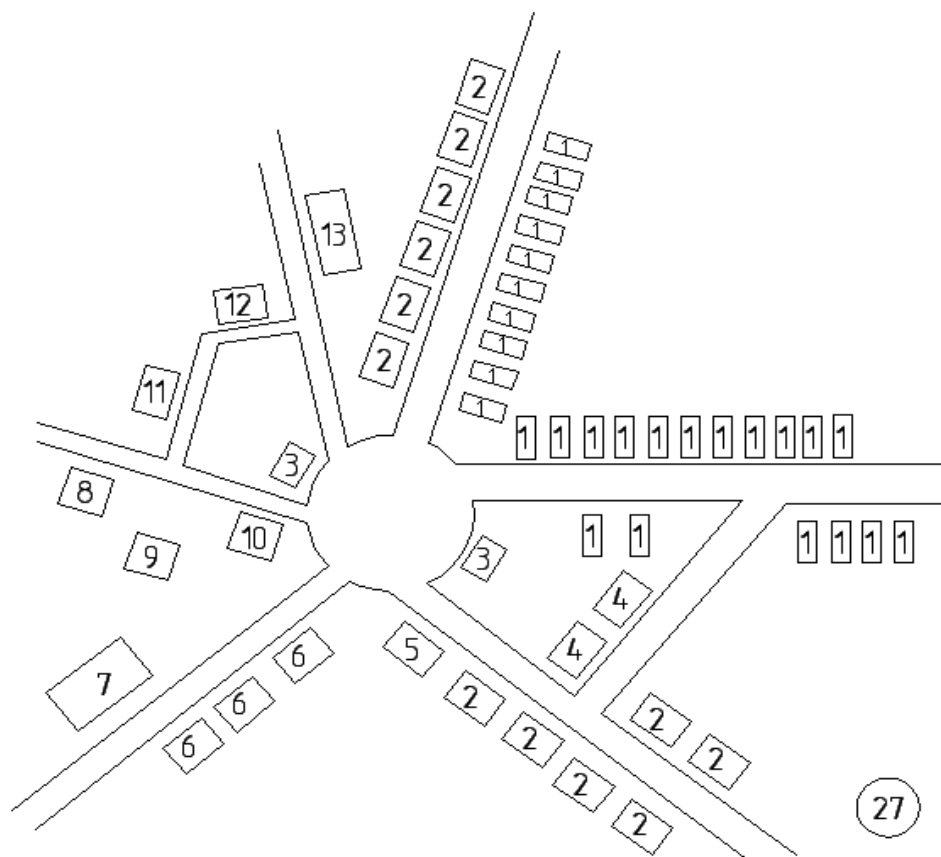


Рис. 27.  
Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №28

1. Генеральный план посёлка – рис. 28.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 28.
3. Стоимость электрической энергии -  $0,6 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$ .
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 7,8 км.

**Таблица 28. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{\text{дн.}}$ , кВА	$S_{\text{веч.}}$ , кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Птицеводческая ферма: сектор ремонтного молодняка	95	95
4	Гараж на 50 автомашин с закрытой стоянкой на 14 машин	15	5
5	Телятник с родильным отделением на 120 телят	16	16
6	Стационарный зерноочистительный пункт, производительностью 20 т/час	35	2
7	Маслобойка	12	0,5
8	Магазин на 4 рабочих места со смешанным ассортиментом	5	8
9	Лесопильный цех с пилорамой Р-65	35	2
10	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв. м весенняя	0,05	0,1

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{\text{ул. осв.}} = 25 \text{ Вт/м}$

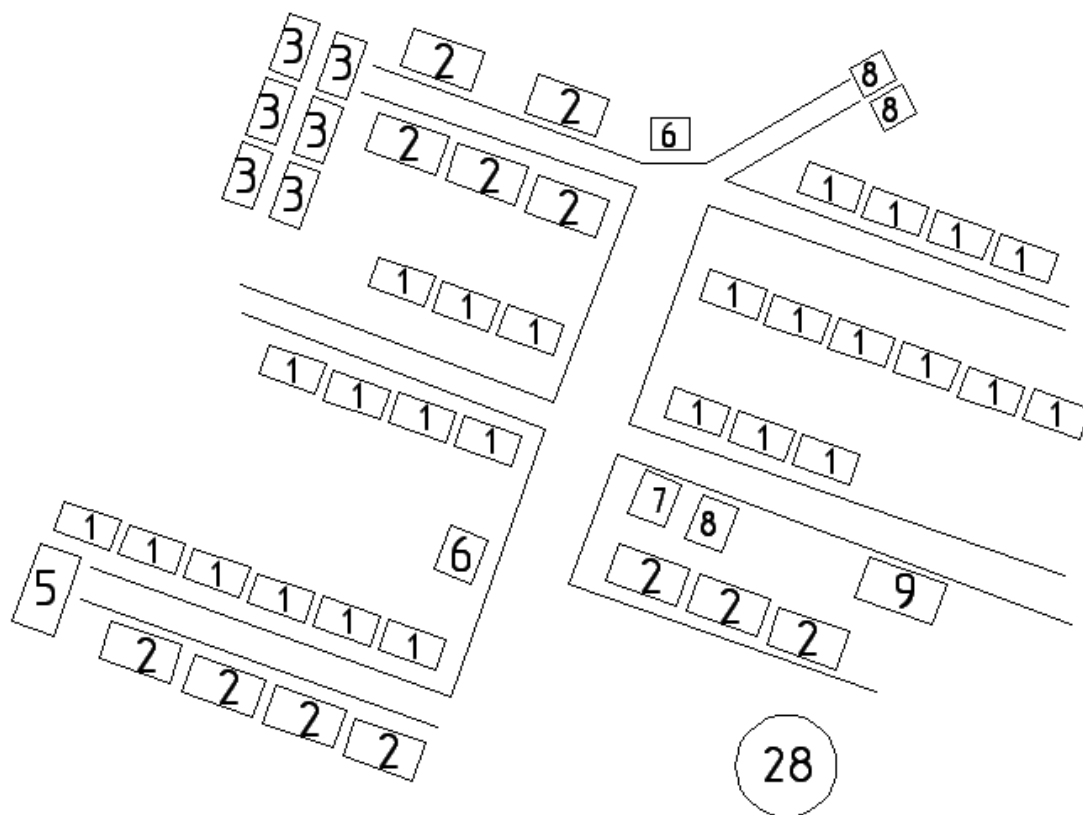


Рис. 28. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №29

1. Генеральный план посёлка – рис. 29.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 29.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 10,2 км.

**Таблица 29. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{дн.},$ кВА	$S_{веч.},$ кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза с электронагревателем ВЭТ-200 на 200 голов	22	22
4	Столовая на 75-100 мест	15	5
5	Дом культуры со зрительным залом на 400 - 600 мест	11	55
6	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 1000-2000 т	25	8
7	Пункт приготовления травяной муки с агрегатом АВМ-1,5	140	1
8	Парники на электрообогреве, на 1 кв.м	0,05	0,1
9	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью, 500-600т.	25	14
10	Коровник привязного содержания с механизированным доением и уборкой навоза с электронагревателем ВЭТ-200 на 200 голов	22	22
11	Теплица овощная с электрообогревом пленочная или остекленная на 1 кв.м весенняя	0,02	0,1

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{уд.осв.}=25Вт/м$

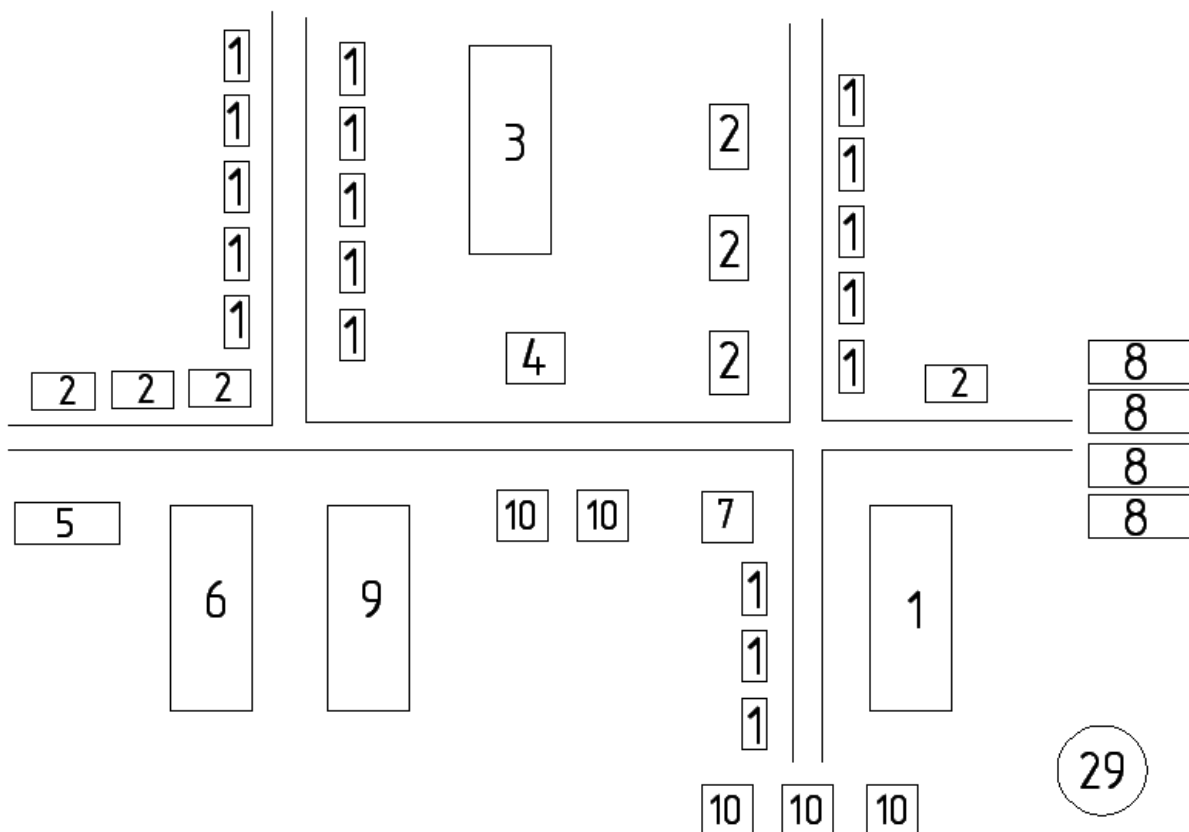


Рис. 29. Генеральный план посёлка

### ЗАДАНИЕ №30

1. Генеральный план посёлка – рис. 30.
2. Сведения об электрических нагрузках – табл. 30.
3. Стоимость электрической энергии - 0,6 руб/кВт\*ч.
4. Расстояние от районной трансформаторной подстанции до посёлка – 15 км.

**Таблица 30. Ведомость электрических нагрузок посёлка**

№ по плану	Наименование потребителя на генеральном плане	Нагрузка потреб.	
		$S_{\text{он.}}$ , кВА	$S_{\text{веч.}}$ , кВА
1	Одноквартирный дом	3,2	5,7
2	Двухквартирный дом	4,3	11,8
3	Птицеводческая ферма: сектор ремонтного молодняка	95	95
4	Общеобразовательная школа с мастерской и с электроплитой на кухне на 480-540 учащихся	55	55
5	Стационарный зерноочистительный пункт, производительностью 20 т/час	35	2
6	Птицеводческая ферма: сектор ремонтного молодняка	95	95
7	Телятник с родильным отделением на 120 телят	16	16
8	Картофеле и овощехранилище с электрокалориферной отопительно - вентиляционной установкой емкостью 1000 т.	45	17
9	Лесопильный цех с пилорамой : ЛРМ - 79	25	2
10	Свиноводческая ферма с законченным производственным циклом (свинарники-маточники, помещения для супоросных маток, поросят-отъемышей, молодняка, кормоцех, котельная, насосная) :на 300 свиноматок	160	80
11	Пункт приготовления травяной муки АВМ- 1,5	140	1
12	Гараж на 50 автомашин с закрытой стоянкой на 14 машин	15	5

Освещение посёлка определить по плану, приняв  $S_{\text{ул.осв.}}=25\text{Вт/м}$

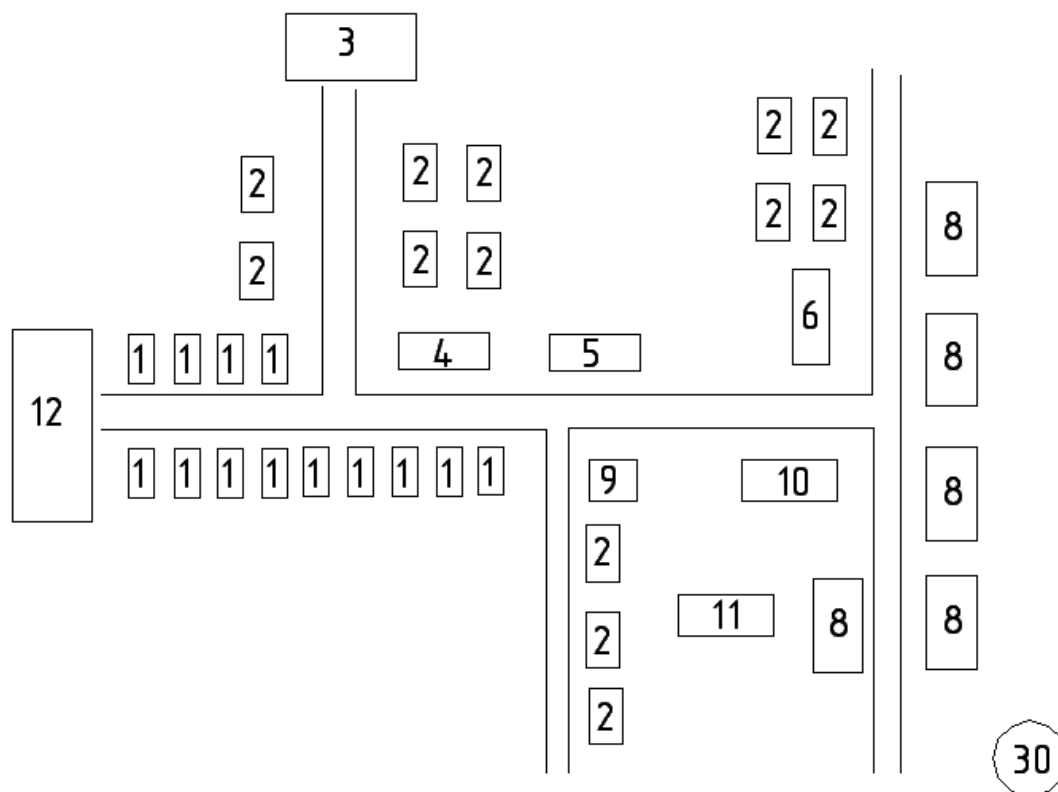


Рис. 30. Генеральный план посёлка

## Приложение 4. Варианты задания на курсовое проектирование для промышленных предприятий

### ЗАДАНИЕ №1

#### Тема. Электроснабжение машиностроительного завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 1.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 1.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 20000 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35, 10 и 6 *кВ*.
4. Мощность системы 950 *Мва*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,7.
5. Стоимость электроэнергии 0,98 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 10 *км*.

Таблица 1

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Главный корпус (пресса)	3020
2	Инструментальный цех	1580
3	Ремонтно-механический цех	730
4	Насосная	460
5	Компрессорная	500
	Компрессорная (6 <i>кВ</i> )	2200
6	Кузнечный цех	1360
7	Термический цех	3500
8	Проходная	20
9	столовая	210
10	ЦЗЛ	240
11	Заводоуправление	190
12	Материальный склад Освещение цехов и территории завода	70 определить по площади

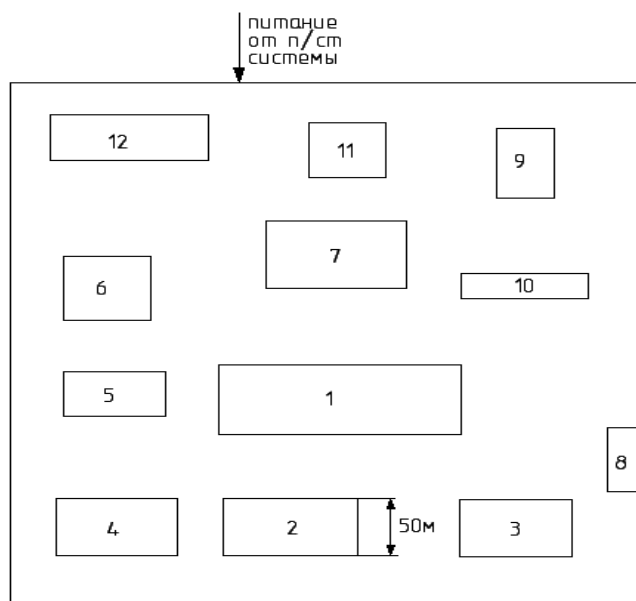


Рис. 1. Генеральный план завода



## ЗАДАНИЕ №2

### Тема. Электроснабжение птицефабрики

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 2.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 20000 кВа каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным — 35, 10 и 6 кВ.
4. Мощность системы 950 Мва; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,7.
5. Стоимость электроэнергии 0,98 руб/кВт\*ч
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 10 км.

Таблица 2

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Убойный цех	400
2	Птичник на 60 тыс кур-несушек	580
3	Птичник на 60 тыс кур-несушек	580
4	Насосная	460
5	Компрессорная	500
	Компрессорная (6 кВ)	2200
6	Птичник на 60 тыс кур-несушек	580
7	Птичник на 60 тыс кур-несушек	580
8	Проходная	20
9	столовая	210
10	Птичник на 60 тыс кур-несушек	580
11	Заводоуправление	190
12	Материальный склад Освещение цехов и территории завода	70 определить по площади

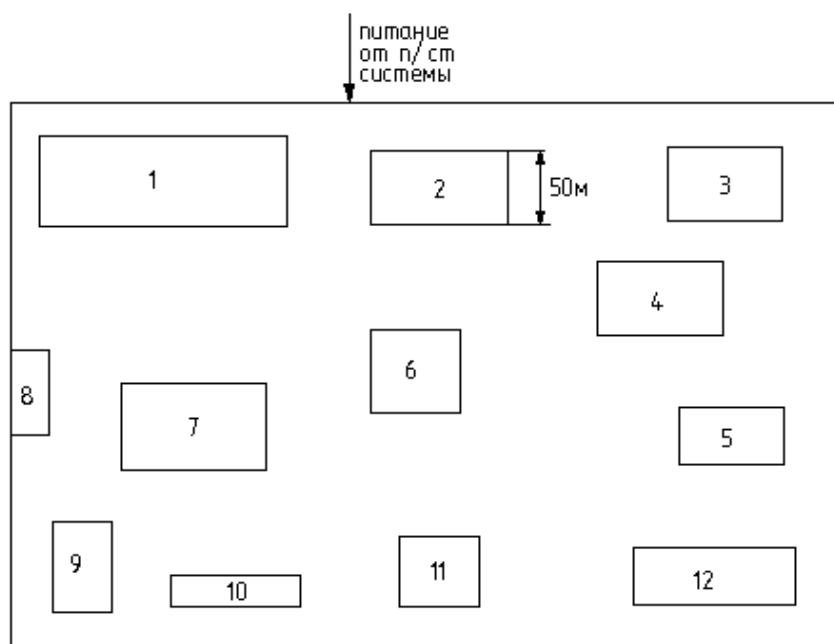


Рис. 2. Генеральный план завода

### ЗАДАНИЕ № 3

#### Тема. Электроснабжение тракторного завода

*Исходные данные на проектирование:*

1. Генеральный план завода — рис. 3.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 3.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 15000 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35, 10 и 6 *кВ*.
4. Мощность системы 900 *Мва*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,8.
5. Стоимость электроэнергии 0,79 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 11 *км*.

Таблица 3

#### Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Проходная	5
2	Механический цех	2900
3	Литейная цветного литья	600
4	Склад готовой продукции	80
5	Заводоуправление	200
6	Столовая	300
7	ЦЗЛ и КБ	420
8	Ремонтно-механический цех	830
9	Гараж	150
10	Литейная черного литья	1900
11	Литейная чёрного литья (6кВ)	1800
12	Цех термической обработки	600
13	Цех термической обработки (6 кВ)	3200
14	Компрессорная	1250
15	Насосная	400
	Освещение территории завода определить по площади	

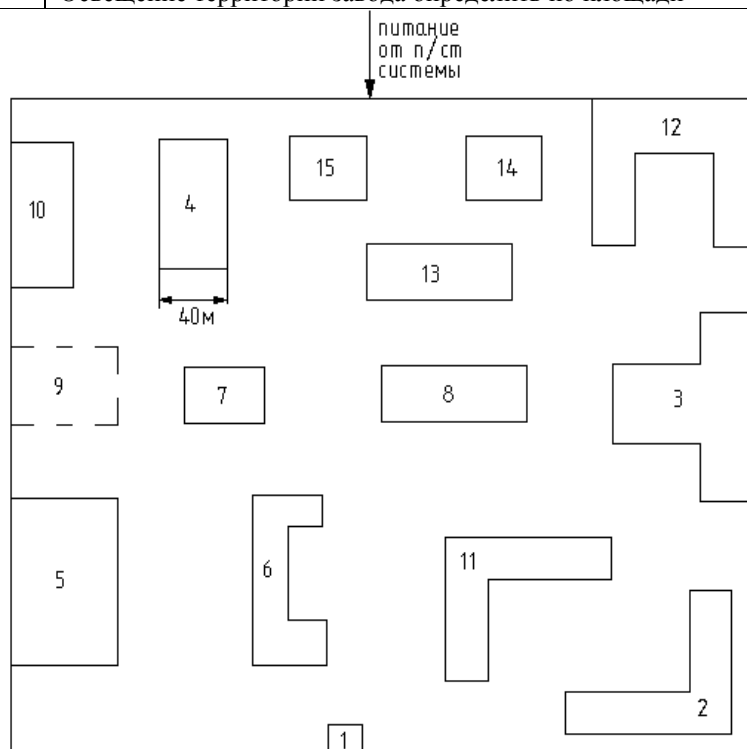


Рис.3. Генеральный план завода

### ЗАДАНИЕ № 4

#### Тема. Электроснабжение сельскохозяйственного комплекса

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план комплекса — рис. 4.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 4.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 15000 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35, 10 и 6 *кВ*.
4. Мощность системы 900 *Мва*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,8.
5. Стоимость электроэнергии 0,79 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 11 *км*.

Таблица 4

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Проходная	5
2	Механический цех	2900
3	Литейная цветного литья	600
4	Склад готовой продукции	80
5	Заводоуправление	200
6	Столовая	300
7	ЦЗЛ и КБ	420
8	Ремонтно-механический цех	830
9	Гараж	150
10	Литейная черного литья	1900
11	Литейная чёрного литья (6кВ)	1800
12	Цех термической обработки	600
13	Цех термической обработки (6 кВ)	3200
14	Компрессорная	1250
15	Насосная	400
	Освещение территории завода определить по площади	

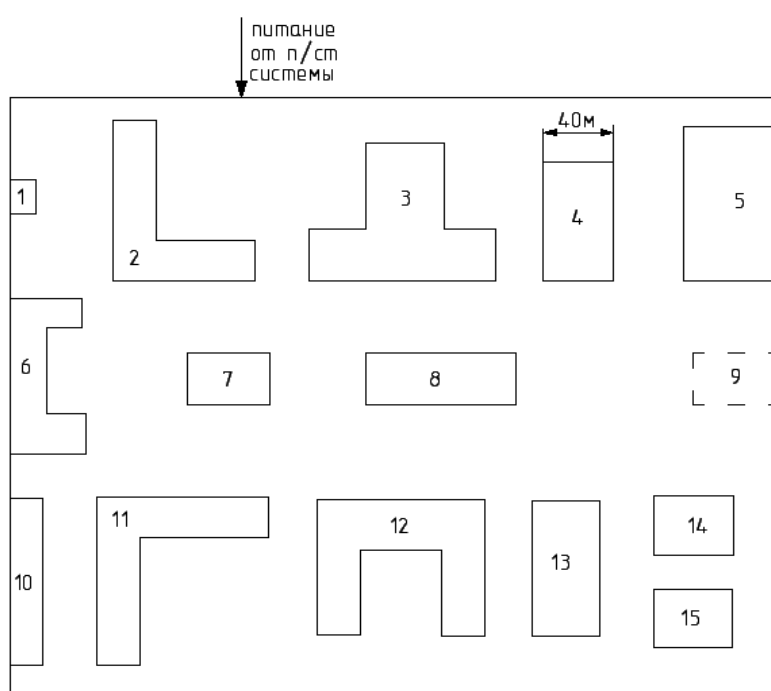


Рис.4. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ №5

### Тема. Электроснабжение станкостроительного завода

*Исходные данные на проектирование:*

1. Генеральный план завода — рис. 5.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 5.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 20000 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35 и 10 *кВ*.
4. Мощность системы 600 *Мва*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,7.
5. Стоимость электроэнергии 0,55 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции до завода 10,1 *км*.

Таблица 5

*Ведомость электрических нагрузок завода*

№ по плану	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1	Склад готовой продукции	420
2	Механический цех	2300
3	Сборочный цех	1650
4	Кузнечный цех	2320
5	Литейный цех	1980
6	Инструментальный цех с термическим отделением	1210
7	Блок ремонтных цехов	500
8	Насосная	720
9	Компрессорная	250
	Компрессорная (10 <i>кВ</i> )	1180
10	Столовая	260
11	Заводоуправление, лаборатории, конструкторское бюро Освещение цехов и территории завода	290 Определить по площади

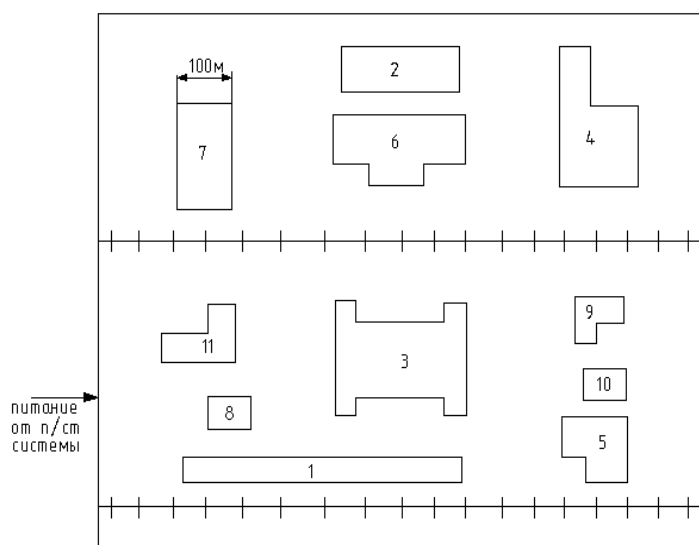


Рис.5. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ №6

### Тема. Электроснабжение станкостроительного завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 6.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 6.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 25000 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35 и 6 *кВ*.
4. Мощность системы 600 *МВа*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,7.
5. Стоимость электроэнергии 1,50 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции до завода 16 *км*.

Таблица 6

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1	Склад готовой продукции	420
2	Механический цех	2300
3	Сборочный цех	1650
4	Кузнечный цех	2320
5	Литейный цех	1980
6	Инструментальный цех с термическим отделением	1210
7	Блок ремонтных цехов	500
8	Насосная	720
9	Компрессорная	250
	Компрессорная (6 <i>кВ</i> )	1180
10	Столовая	260
11	Заводоуправление, лаборатории, конструкторское бюро Освещение цехов и территории завода	300 определить по площади

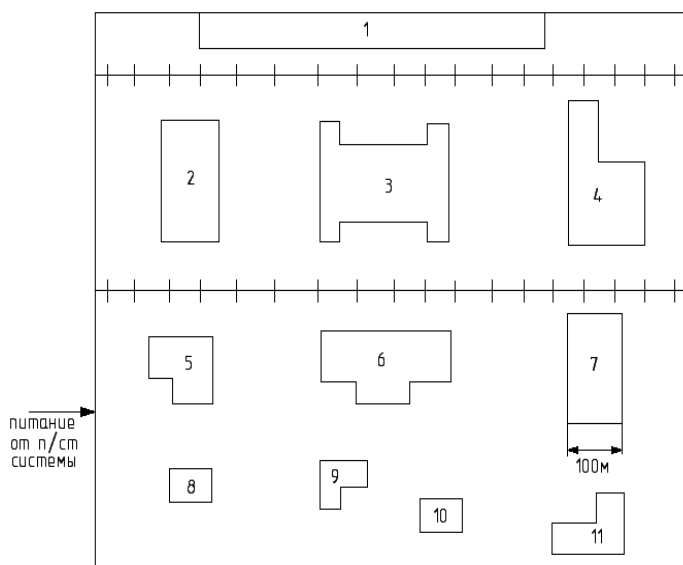


Рис.6. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ № 7

### Тема. Электроснабжение судоремонтного завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 7
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 7
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 15000 кВа каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным — 35 и 6 кВ.
4. Мощность системы 1000 Мва; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,5.
5. Стоимость электроэнергии 1,63 руб/кВт • ч.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 12 км.

Таблица 7

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Малярный, такелажно-парусной и сборочно-установочные цехи	400
2	Компрессорная 2СДх500 кВт 6 кВ	1000
3	Корпусно-котельный цех	1680
4	Ремонтно-механический цех	620
5	Кузнечный цех	1460
6	Литейная Литейная (6 кВ)	1300 840
7	Склад моделей	50
8	Насосная 2АДх310 кВт	610
9	Заводоуправление, столовая, СКБ	590
10	Механический цех	2400
11	Модельный цех	310
12	Склад	40
13	Деревообрабатывающий цех Освещение цехов и территории завода	430 определить по площади

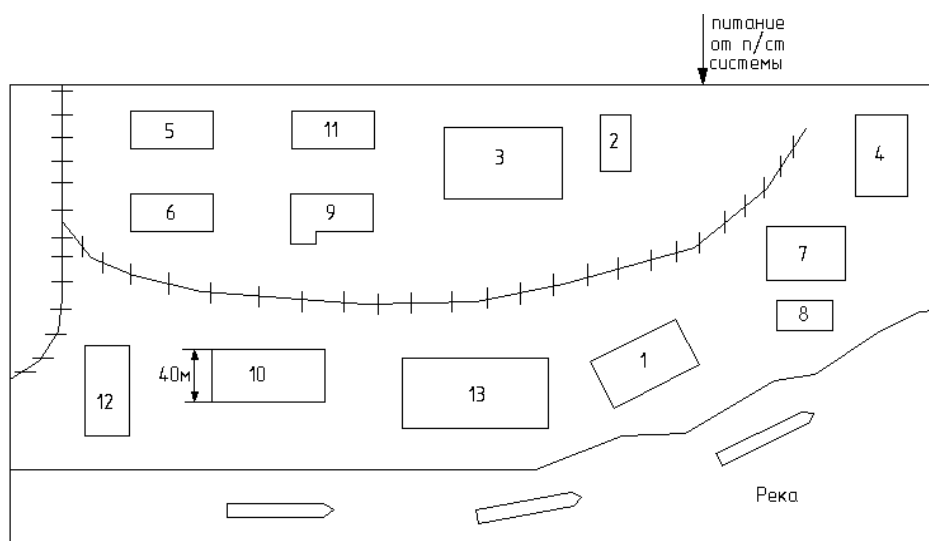


Рис.7. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ № 8

### Тема. Электроснабжение судоремонтного завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 8
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 8
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 25000 *кВА* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35, 20, 10 и 6 *кВ*.
4. Мощность системы 1000 *МВА*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,5.
5. Стоимость электроэнергии 1,63 *руб/кВт • ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 14 *км*.

Таблица 8

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Малярный, такелажно-парусной и сборочно-установочные цехи	800
2	Компрессорная	1200
3	Корпусно-котельный цех	2680
4	Ремонтно-механический цех	640
5	Кузнечный цех	1460
6	Литейная Литейная (6 <i>кВ</i> )	1300 840
7	Склад моделей	50
8	Насосная	610
9	Заводоуправление, столовая, СКБ	590
10	Механический цех	2400
11	Модельный цех	310
12	Склад	40
13	Деревообрабатывающий цех Освещение цехов и территории завода	1200 определить по площади

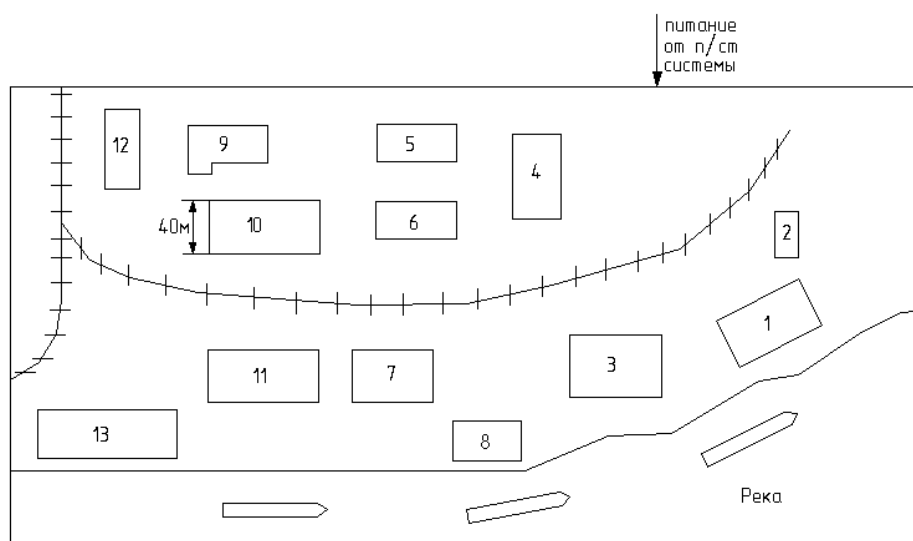


Рис.8. Генеральный план завода

### ЗАДАНИЕ №9

#### Тема. Электроснабжение кабельного завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 9.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 9.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 25000 кВа каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным — 35, 10 кВ.
4. Мощность системы 1000 Мва; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,4.
5. Стоимость электроэнергии 1,4 руб/кВт \* ч.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 11 км.

Таблица 9

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1	Цех эмалирования	2930
2	Цех волочения	950
3	Ремонтно-механический цех	810
4	Цех микрокабеля	4200
5	Корпус №1	4000
6	Корпус № 2	2600
7	Склад готовой продукции	70
8	Склад огнеопасных материалов	60
9	Столовая	700
10	Насосная Освещение цехов и территории завода	760 определить по площади

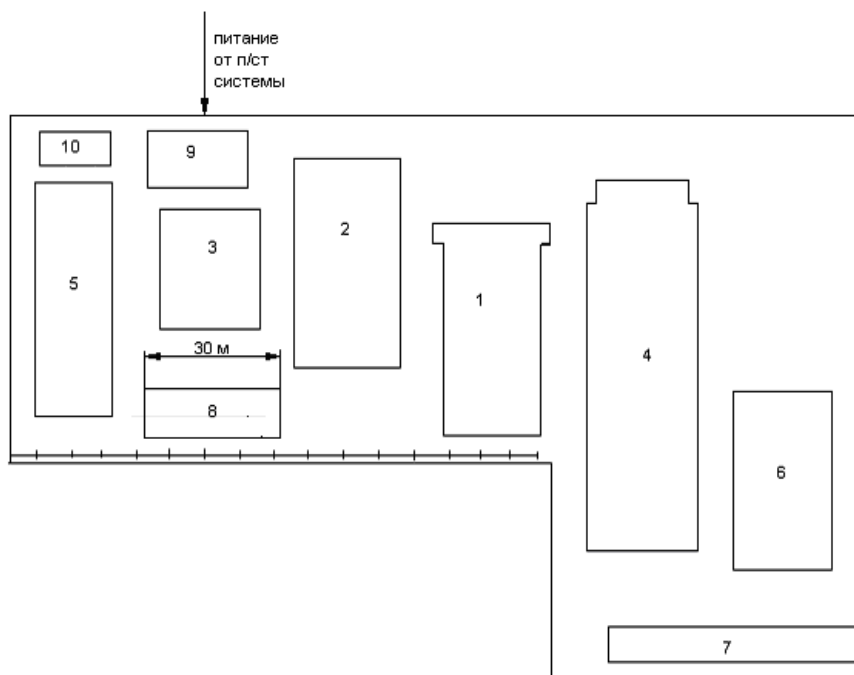


Рис. 9. Генеральный план завода



## ЗАДАНИЕ №10

### Тема. Электроснабжение кабельного завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 10.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 10.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 40000 кВа каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным — 35, 10 кВ.
4. Мощность системы 1200 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,1.
5. Стоимость электроэнергии 0,9 руб/кВт \* ч.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 10,8 км.

Таблица 10

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1	Цех эмалирования	4930
2	Цех волочения	1950
3	Ремонтно-механический цех	610
4	Цех микрокабеля	5200
5	Корпус №1	4000
6	Корпус № 2	5600
7	Склад готовой продукции	70
8	Склад огнеопасных материалов	40
9	Столовая	300
10	Насосная Освещение цехов и территории завода	660 определить по площади

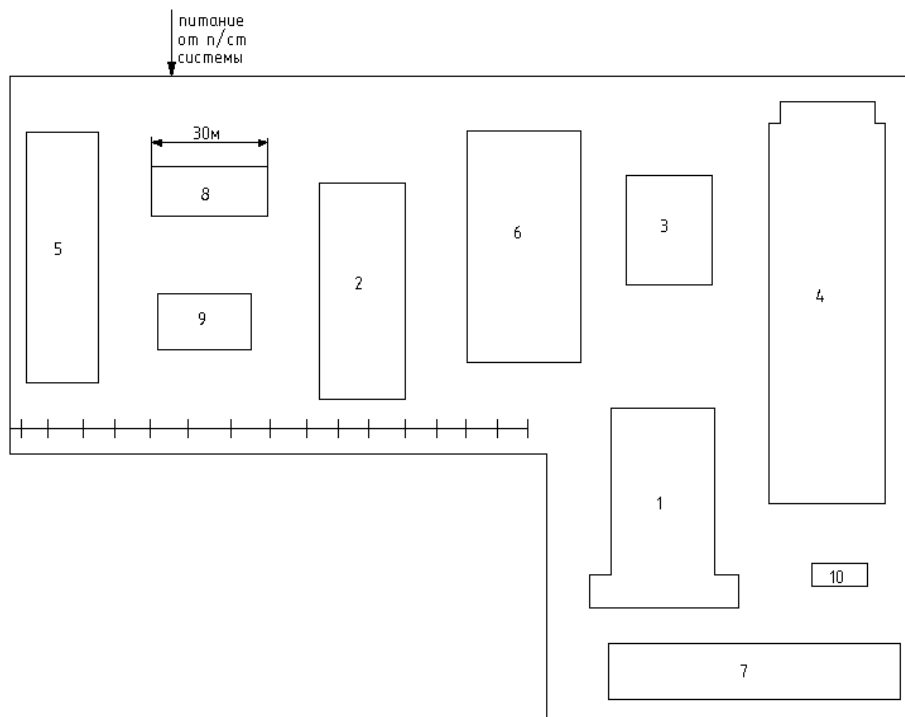


Рис 10. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ №11

### Тема. Электроснабжение кабельного завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 11.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 11.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 63000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным — 35, 10 кВ.
4. Мощность системы 1200 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,1.
5. Стоимость электроэнергии 0,68 руб/кВт \* ч.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 18 км.

Таблица 11

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1	Цех эмалирования	6930
2	Цех волочения	3950
3	Ремонтно-механический цех	2410
4	Цех микрокабеля	7200
5	Корпус №1	3500
6	Корпус №2	3600
7	Склад готовой продукции	70
8	Склад огнеопасных материалов	40
9	Столовая	300
10	Насосная Освещение цехов и территории завода	1260 определить по площади

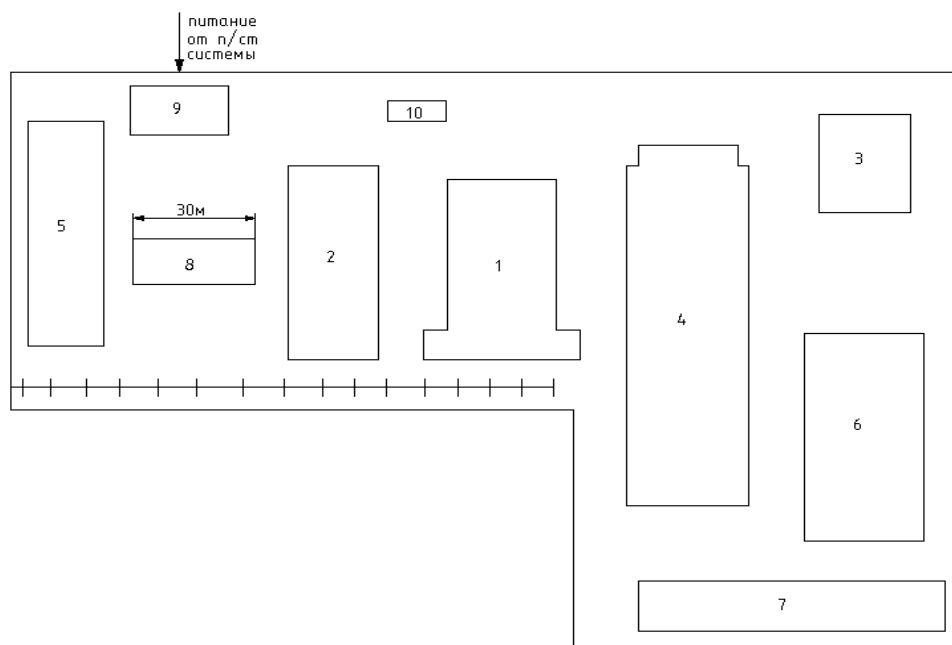


Рис. 11. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ № 12

### Тема. Электроснабжение завода электрических измерительных приборов.

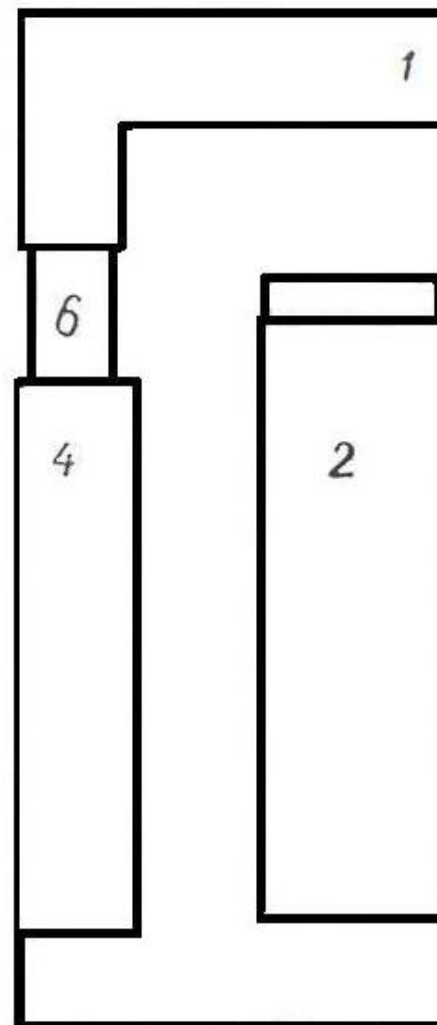
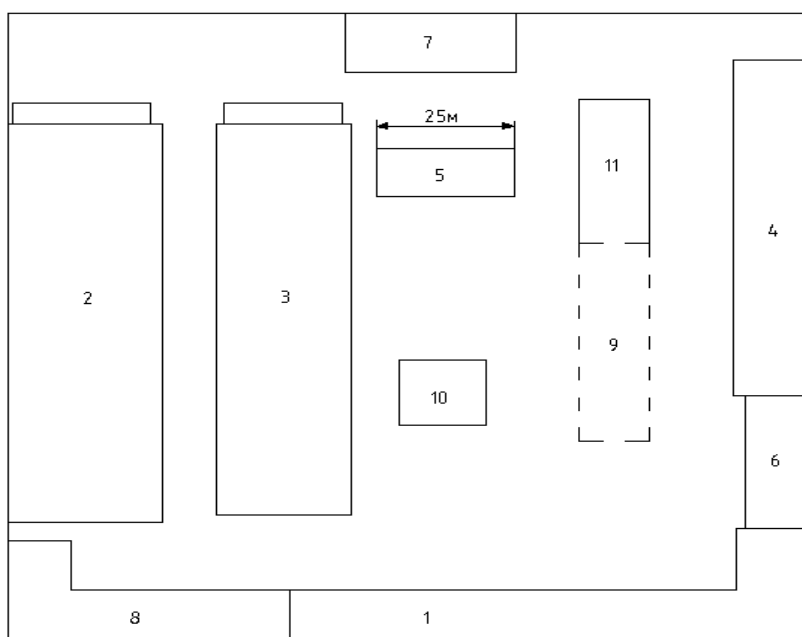
Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 12.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 12.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора и на каждом, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным — 10 кВ.
4. Мощность системы 750 МВА; реактивное сопротивление системы 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,7.
5. Стоимость электроэнергии 0,65 руб/кВт\*ч.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 25 км.

Таблица 12

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цеха
1	Главный корпус (опытный и сборочные цеха, заводоуправление)
2	Вспомогательный корпус (гальванический и инструментальный цеха)
3	Производственный корпус (механический цех и энергоцех)
4	Прессовый цех
5	Склад химикатов
6	Проходная
7	Деревообделочный цех
8	Сборочный цех
9	Ремонтно-механический цех
10	Склад стройматериалов
11	Склад готовой продукции
	Освещение цехов и территории завода



Питание  
от п/ст  
системы

Рис.12. Генеральный план завода

### ЗАДАНИЕ № 13

#### Тема. Электроснабжение завода по производству огнеупоров металлургического комбината

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 13.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 13.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 15000 кВа и первичным напряжением 110 кВ и вторичным — 35, 10 и 6 кВ.
4. Мощность системы 650 Мва; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, от мощности системы, 0,8.
5. Стоимость электроэнергии 0,8 руб/кВт\*ч.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 9,3 км.

Таблица 13

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1	Шамотный цех №1	720
2	Шамотный цех №2	980
3	Динасовый цех	750
4	Смесительно-формовочный цех	1525
5	Цех вращающихся печей	650
6	Компрессорная	420
7	Компрессорная (6 кВ)	800
8	Цех пылеудаления и газоочистки	360
9	Цех помола шамота	930
10	Лабораторно-конторский корпус	80
11	Склад сырья	420
12	Ремонтно-механический цех	340
13	Бытовые помещения	60
14	Стекольный цех	700
15	Столовая	610
16	Склад готовой продукции	200
17	Цех туннельных печей	1000
	Освещение цехов и территории завода	Определить по площади

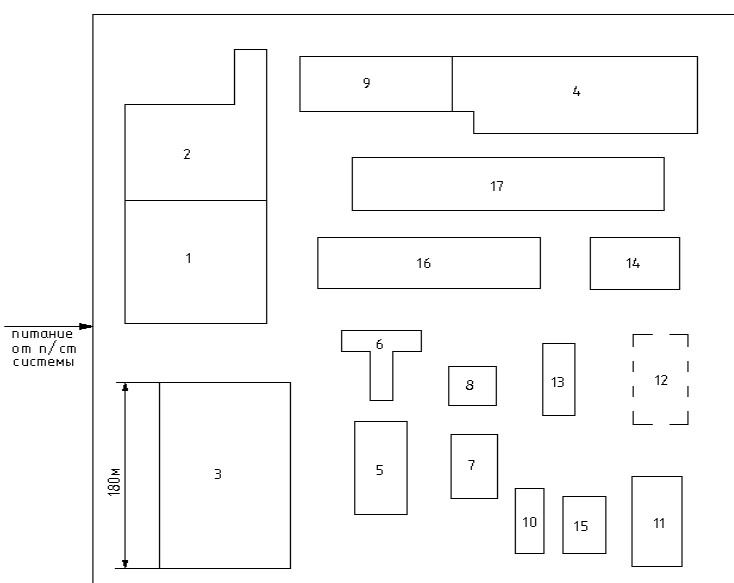


Рис. 13. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ № 14

### Тема. Электроснабжение завода торгового машиностроения

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 14.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 14.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 10000 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35, 10 и 6 *кВ*.
4. Мощность системы 500 *МВа*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,4.
5. Стоимость электроэнергии 1,2 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 12 *км*.

Таблица 14

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цеха	Установленная мощность, <i>кВт</i>
1.	Деревообрабатывающий цех	500
2.	Цех сборки, компрессорная, испытание холодильных машин Малярный и опытный цехи	350
3.	Инструментальный и ремонтный цехи	520
4.	Цех заготовки пакетов	980
5.	Центральный склад	100
6.	Транспортный цех	30
7.	Сборочный, механический, заготовительный и гальванический цехи	120
8.	Цех горячего эмалирования	3200
9.	Центральная котельная	2290
10.	Склад комплектующих изделий	1250
11.	Склад металлов	30
12.	Заводуправление	40
13.	Столовая	70
14.	Участок резки стекла	180
15.	Компрессорная	60
16.	Ремонтно-механический цех	800
17.	Освещение цехов и территории	Определить по площади

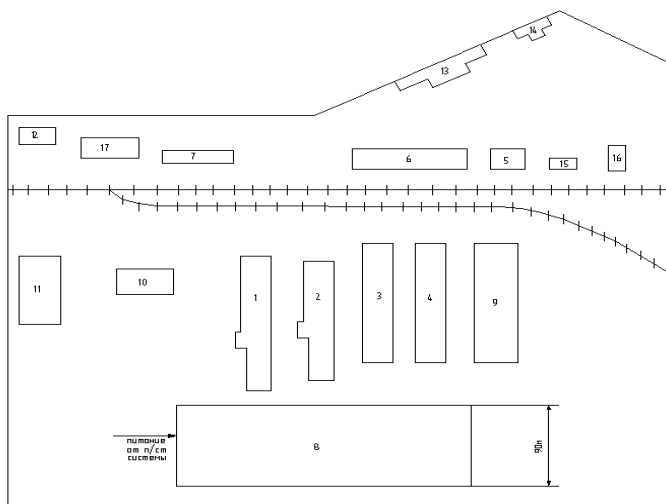


Рис. 14. Генеральный план завода

### ЗАДАНИЕ № 15

#### Тема. Электроснабжение тракторостроительного завода

*Исходные данные на проектирование:*

1. Генеральный план завода — рис. 15.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 15.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 15000 кВа каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным — 35, 10 кВ.
4. Мощность системы 700 Мва; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,8.
7. Стоимость электроэнергии 0,66 руб/кВт\*ч.
8. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 18 км.

Таблица 15

*Ведомость электрических нагрузок завода*

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Проходная	20
2	Механический цех №1	11900
3	Литейная цветного литья	800
4	Кузнечный цех	1200
5	Склад готовой продукции	80
6	Заводоуправление	100
7	Столовая	300
8	ЦЗЛ и КБ	420
9	Ремонтно-механический цех	
10	Гараж	150
11	Механический цех №2	22300
12	Литейная черного литья (10кв)	1000
13	Цех термической обработки	1600
14	Компрессорная (10кв)	2880
15	Насосная	600
	Освещение цехов и территории завода	определить по площади

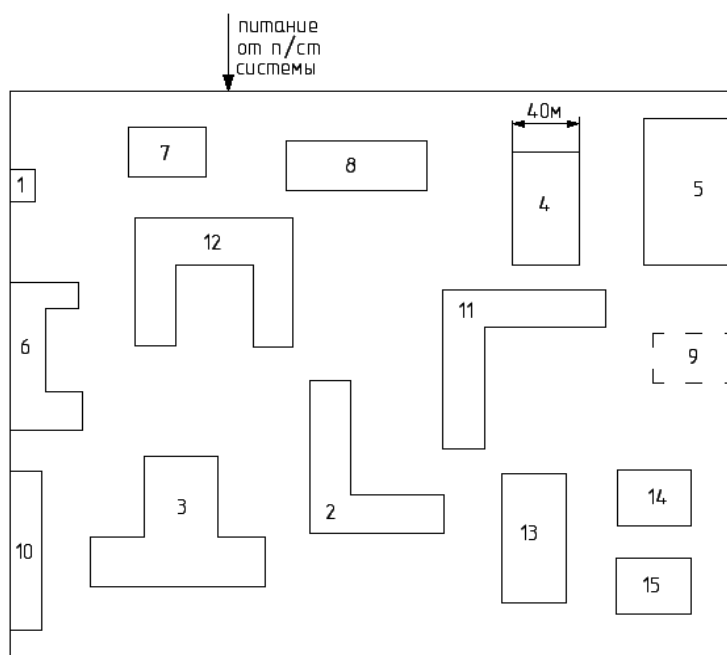


Рис.15. Генеральный план завода

### ЗАДАНИЕ № 16

#### Тема. Электроснабжение дизелестроительного завода

*Исходные данные на проектирование:*

1. Генеральный план завода — рис. 16.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 16.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 7500 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35, 10 *кВ*.
4. Мощность системы 550 *МВа*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,8.
5. Стоимость электроэнергии 1,5 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 12,8 *км*.

Таблица 16

*Ведомость электрических нагрузок завода*

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Материальный склад	150
2	Литейный цех	1300
3	Литейный цех (10кВ)	1100
4	Ремонтно-механический цех	
5	Склад оборудования и запасных частей	120
6	Рессорный цех	900
7	Пакгауз	100
8	Пожарное депо	60
9	Насосная (10кВ)	600
10	Арматурный цех	300
11	Кузнечно-прессовый цех	400
12	Штамповочно-механический цех	1400
13	Гараж	240
14	Лаборатории	70
15	Заводоуправление	220
	Освещение цехов и территории завода	определить по площади

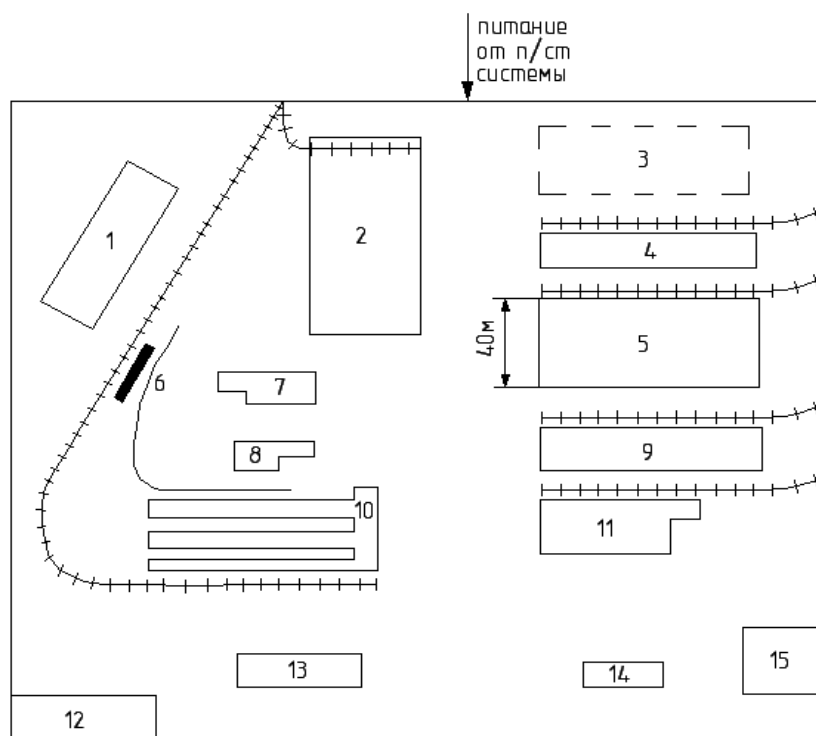


Рис. 16. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ № 17

### Тема. Электроснабжение завода среднего машиностроения

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 17.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 17.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 20000 *кв*а каждый, с первичным напряжением 110 *кв* и вторичным — 35 и 6 *кв*.
4. Мощность системы 450 *Мва*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кв*, отнесенное к мощности системы, 0,9.
5. Стоимость электроэнергии 0,8 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 6,3 *км*.

Таблица 17

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Цех металле конструкций	3100
2	Литейный цех	1200
	Литейный цех (6-кв)	2000
3	Механосборочный цех	1800
4	Кузнечный цех	1400
5	Компрессорная (6 кв)	2880
6	Электроцех	500
7	Деревообделочный цех	480
8	Котельная	720
9	Склад	100
10	Насосная	180
11	Ремонтно-механический цех	
12	ЦЗЛ	260
13	Гараж и пожарное депо	150
14	Заводуправление	100
15	Столовая	290
	Освещение цехов и территории завода	определить по площади

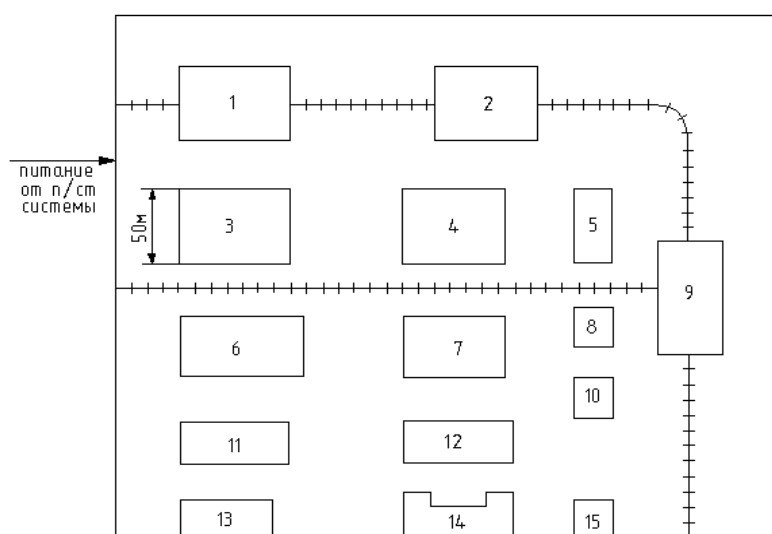


Рис. 17. Генеральный план завода



### ЗАДАНИЕ № 18

#### Тема. Электроснабжение текстильной фабрики

*Исходные данные на проектирование:*

1. Генеральный план завода — рис. 18.
2. Сведения об электрических нагрузках фабрики—табл. 18.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 1100 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35, 10 и 6 *кВ*.
4. Мощность системы 1100 *Мва*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,2.
5. Стоимость электроэнергии 1,17 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 8,9 *км*.

Таблица 18

*Ведомость электрических нагрузок фабрики*

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Гараж	50
2	Насосная	400
3	Прядильный цех	1800
4	Ткацкий цех	2950
5	Красильный цех	870
6	Центральная лаборатория	250
7	Склад готовой продукции	70
8	Управление фабрики и столовая	180
9	Механический цех	600
10	Столярный цех	300
11	Электроремонтный цех	360
12	Склад угля	200
13	Склад оборудования и запасных частей	100
	Освещение цехов и территории фабрики	определить по площади

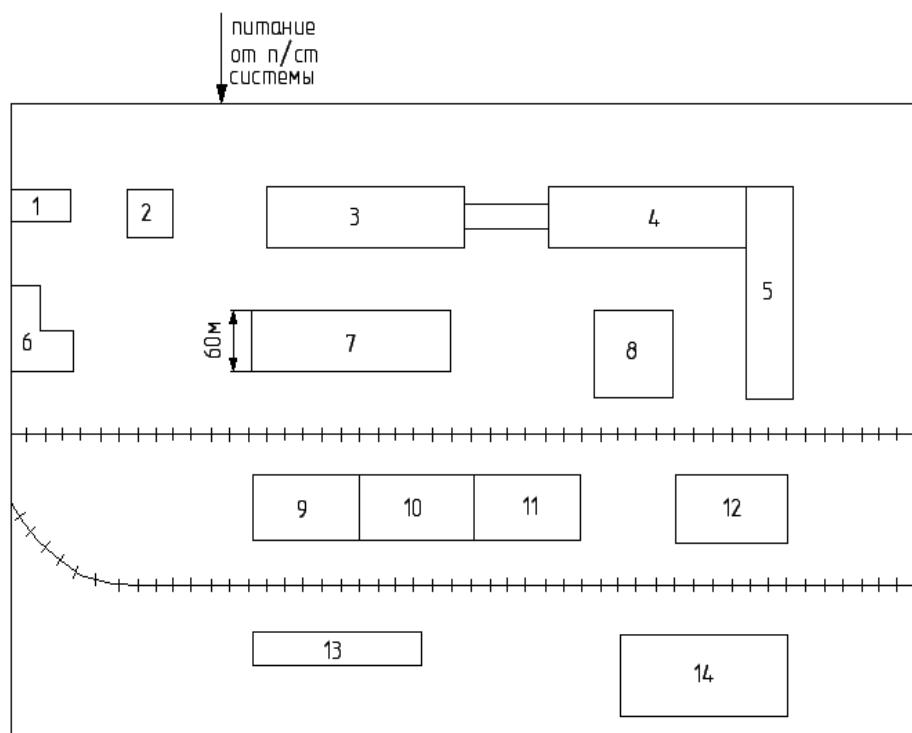


Рис. 18. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ № 19

### Тема. Электроснабжение авторемонтного завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 19.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 19.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 10000 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35 и 6 *кВ*.
4. Мощность системы 500 *МВа*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,7.
5. Стоимость электроэнергии 0,81 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 7,2 *км*.

Таблица 19

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Литейная, печи стального и цветного литья Литейная, печи стального и цветного литья (6 кВ)	700 1050
2	Механический цех	890
3	Ремонтно-механический цех	280
4	Малярный цех (краскопульты)	230
5	Склад оборудования и запасных частей	40
6	Кузовная	400
7	Проходная	10
8	Цех холодной обкатки автодвигателей	520
9	Цех горячей обкатки автодвигателей	700
10	Заводоуправление	50
11	Столовая	200
12	Гараж	80
13	Насосная	250
	Освещение цехов и территории завода	определить по площади

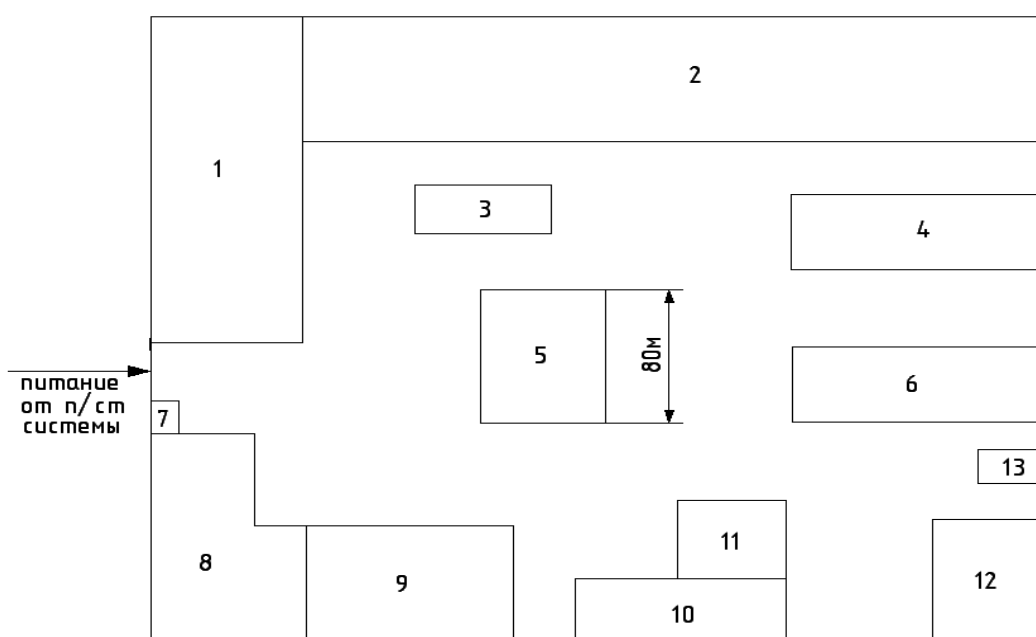


Рис.19.  
Генеральный план  
завода

## ЗАДАНИЕ № 20

### Тема. Электроснабжение обогатительной фабрики

*Исходные данные на проектирование:*

1. Генеральный план фабрики — рис. 20.
2. Сведения об электрических нагрузках фабрики — табл. 20.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 15000 *кВА* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35, 10 и 6 *кВ*.
4. Мощность системы 650 *МВА*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,7.
5. Стоимость электроэнергии 1,6 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 17 *км*.

Таблица 20

*Ведомость электрических нагрузок фабрики*

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Цех подъемников	860
2	Склад руды	320
3	Цех дробления	600
	Цех дробления (6 кВ)	1460
4	Флотационный цех	850
5	Цех шаровых мельниц	500
	Цех шаровых мельниц (6 кВ)	1200
6	Цех сгустителей	600
7	Насосная	200
8	Гараж автомашин	150
9	Компрессорная	190
10	Административный корпус, столовая	300
11	Материальный склад	25
12	Блок ремонтных цехов	760
	Освещение цехов и территории завода	определить по площади

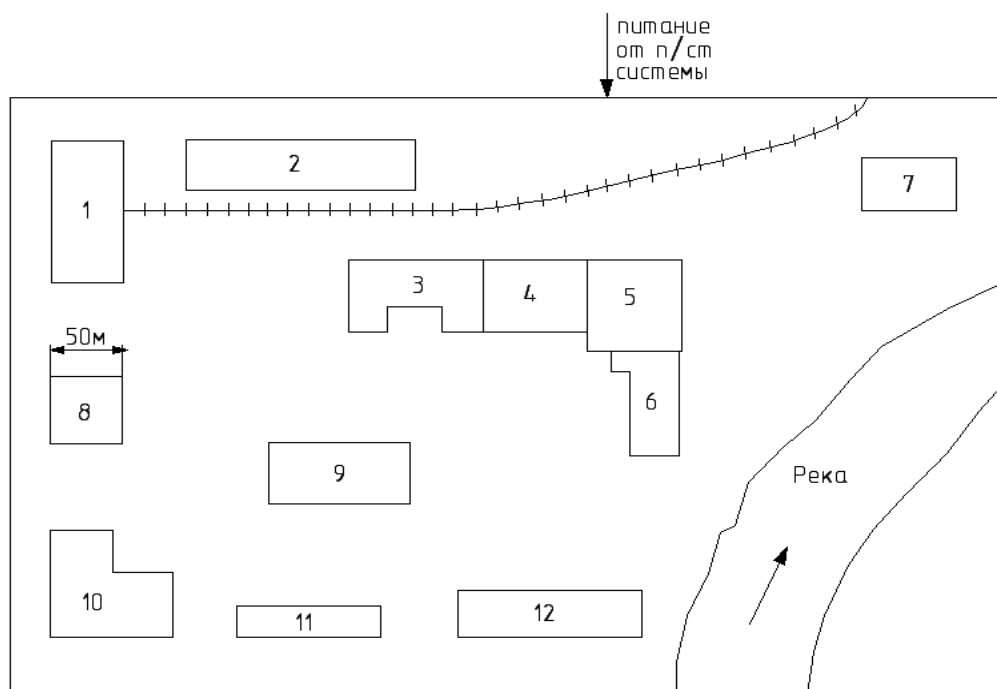


Рис. 20. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ № 21

### Тема. Электроснабжение часового завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 21.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 21.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 7500 кВа каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным — 35, 10 кВ.
4. Мощность системы 300 Мва; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,9.
5. Стоимость электроэнергии 0,97 руб/кВт\*ч.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 4,5 км.

Таблица 21

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Механический цех	1800
2	Штамповочный цех	960
3	Сборочный цех	720
4	Склад готовой продукции	40
5	Склад оборудования и запасных частей	50
6	Инструментальный цех	1180
7	Ремонтно-механический цех	420
8	Центральная лаборатория	300
9	Насосная	380
10	Гараж	150
11	Заводоуправление, СКВ и столовая	290
	Освещение цехов и территории завода	определить по площади

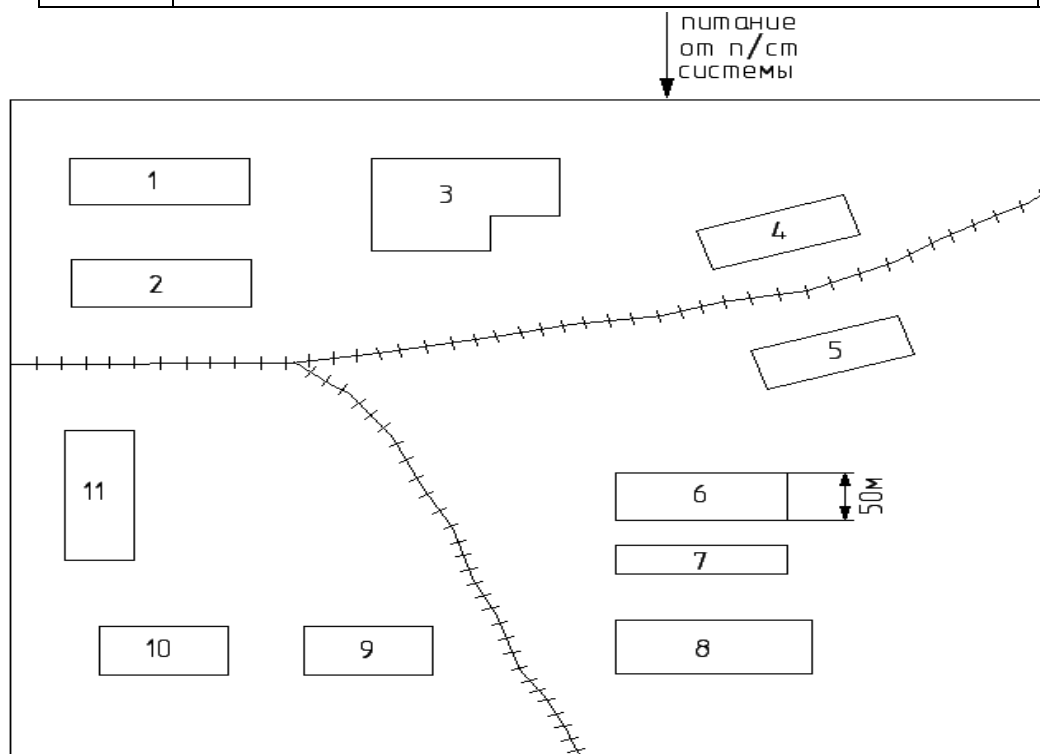


Рис. 21.  
Генеральный  
план завода

## ЗАДАНИЕ № 22

### Тема. Электроснабжение судоремонтного завода

*Исходные данные на проектирование:*

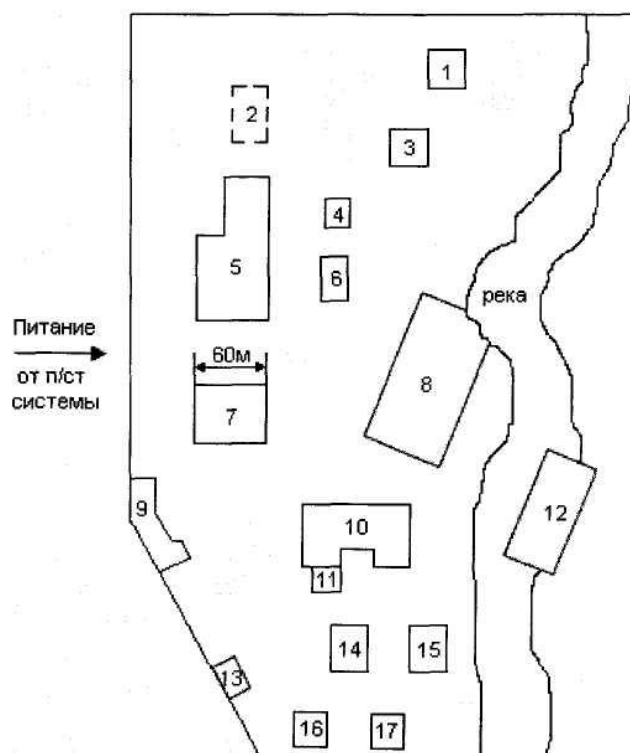
1. Генеральный план завода — рис. 22.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 22.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 20000 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35, 10 и 6 *кВ*.
4. Мощность системы 700 *МВа*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,8.
5. Стоимость электроэнергии 1,1 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5,5 *км*.

Таблица 22

*Ведомость электрических нагрузок завода*

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Литейный цех	2000
2	Ремонтно-механический цех	
3	Кузнечный цех	800
4	Главный корпус	2400
5	Корпусно-котельный цех	2700
6	Компрессорная	360
	Компрессорная (6 кВ)	2880
7	Такелажно-парусный цех	600
8	Сухой док	1200
9	Заводоуправление, лаборатории, СКБ	100
10	Механический док	900
11	Кислородная станция	400
12	Плавающий док	2300
13	Столовая	270
14	Склад жидкого топлива	60
15	Лесосушилка	500
16	Склад кислот	40
17	Склад москательей	50
	Освещение цехов и территории завода	определить по площади

Рис. 22. Генеральный план завода



### ЗАДАНИЕ № 23

#### Тема. Электроснабжение деревообрабатывающего завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 23.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 23.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 10000 *кв*а каждый, с первичным напряжением 110 *кв* и вторичным — 35, 10 и 6 *кв*.
4. Мощность системы 400 *Мва*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кв*, отнесенное к мощности системы, 0,5.
5. Стоимость электроэнергии 1,3 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 8 *км*.

Таблица 23

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Лесопильный цех	1600
2	Сушильный цех	500
3	Ремонтно-механический цех	
4	Биржа сырья	700
5	Столярный цех	900
6	Цех №1	620
7	Мебельный цех	450
8	Насосная	480
9	Сборочный цех	420
10	Склад готовой продукции	60
11	Материальный склад	50
12	Компрессорная Компрессорная (6 кВ)	100 1440
13	Заводоуправление и лаборатории	80
14	Столовая	210
15	Гараж	40
	Освещение цехов и территории завода	определить по площади

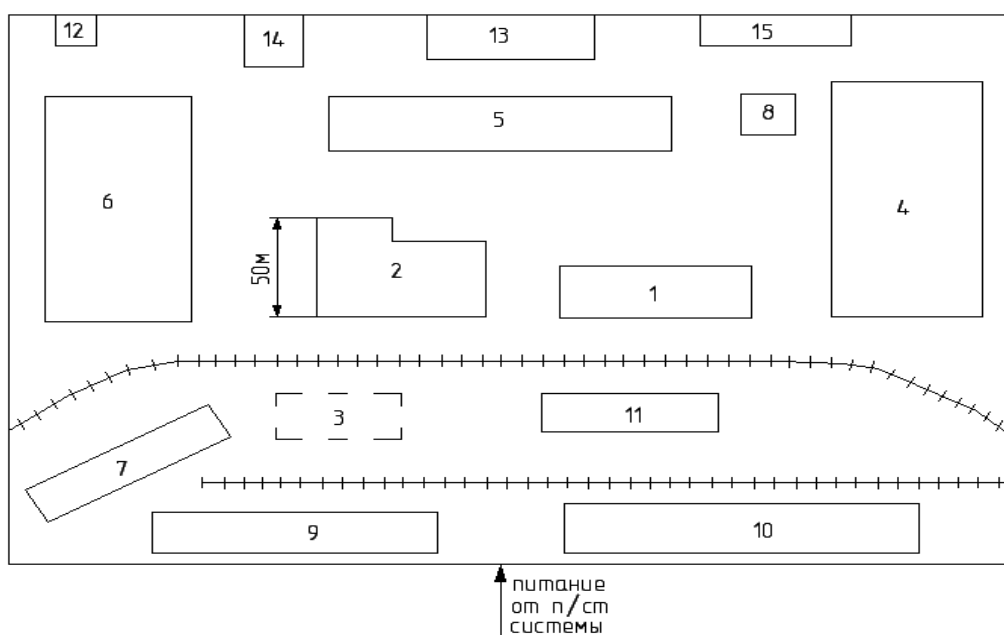


Рис. 23.  
Генеральный план завода

### ЗАДАНИЕ № 24

#### Тема. Электроснабжение деревообрабатывающего завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 24.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 24.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 15000 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35, 10 и 6 *кВ*.
4. Мощность системы 500 *МВа*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,5.
5. Стоимость электроэнергии 1,54 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 12 *км*.

Таблица 24

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Лесопильный цех	1400
2	Сушильный цех	600
3	Ремонтно-механический цех	
4	Биржа сырья	600
5	Столярный цех	1000
6	Цех№1	550
7	Мебельный цех	300
8	Насосная	680
9	Сборочный цех	220
10	Склад готовой продукции	50
11	Материальный склад	200
12	Компрессорная	150
	Компрессорная (6 кВ)	1000
	Освещение цехов и территории завода	определить по площади

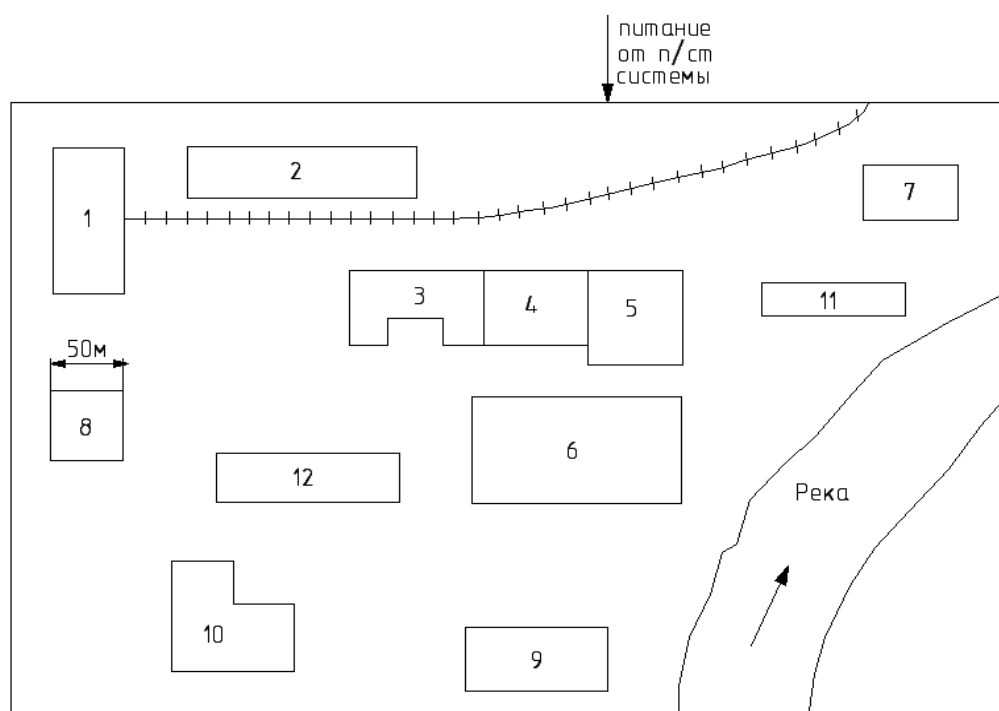


Рис. 24.  
Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ № 25

### Тема. Электроснабжение завода торгового машиностроения

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 25.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 25.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 15000 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35, 10 *кВ*.
4. Мощность системы 600 *МВа*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,5.
5. Стоимость электроэнергии 1,1 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5 *км*.

Таблица 25

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цеха	Установленная мощность, <i>кВт</i>
1.	Деревообрабатывающий цех	600
2.	Цех сборки, компрессорная, испытание холодильных машин	
	Малярный и опытный цехи	250
3.	Инструментальный и ремонтный цехи	420
4.	Цех заготовки пакетов	1080
5.	Центральный склад	150
6.	Транспортный цех	30
7.	Сборочный, механический, заготовительный и гальванический цехи	80
8.	Цех горячего эмалирования	3500
9.	Центральная котельная	2090
10.	Склад комплектующих изделий	1350
11.	Склад металлов	30
12.	Заводуправление	40
13.	Столовая	80
14.	Освещение цехов и территории	90
		Определить по площади

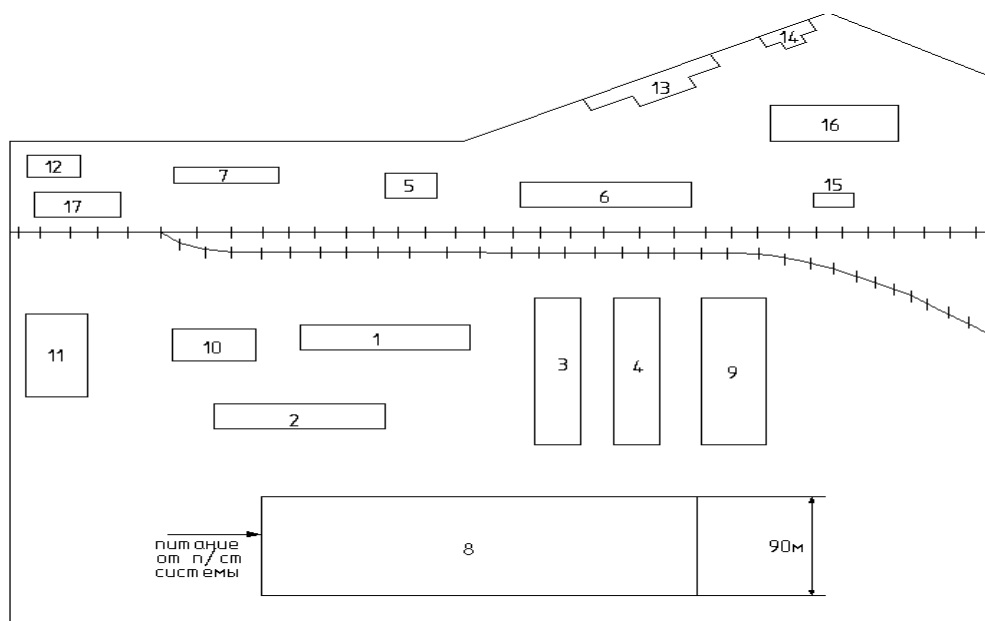


Рис. 25.  
Генеральный план  
завода



## ЗАДАНИЕ № 26

### Тема. Электроснабжение обогатительной фабрики

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план фабрики — рис. 26.
2. Сведения об электрических нагрузках фабрики — табл. 26.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 18000 *кв*а каждый, с первичным напряжением 110 *кв* и вторичным — 35, 10 и 6 *кв*.
4. Мощность системы 550 *Мва*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кв*, отнесенное к мощности системы, 0,7.
5. Стоимость электроэнергии 0,72 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 7 *км*.

Таблица 26

Ведомость электрических нагрузок фабрики

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Цех подъемников	760
2	Склад руды	220
3	Цех дробления	500
	Цех дробления (6 кВ)	1760
4	Флотационный цех	650
5	Цех шаровых мельниц	400
	Цех шаровых мельниц (6 кВ)	1100
6	Цех сгустителей	500
7	Насосная	300
8	Гараж автомашин	50
9	Компрессорная	290
10	Административный корпус, столовая	250
11	Материальный склад	35
12	Блок ремонтных цехов	755
	Освещение цехов и территории завода	определить по площади

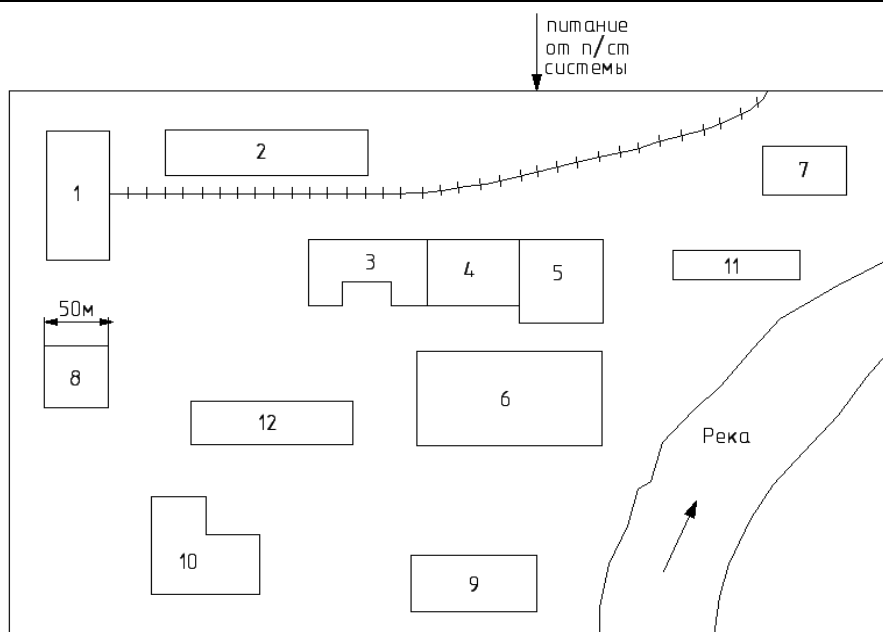


Рис. 26. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ № 27

### Тема. Электроснабжение авторемонтного завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 27.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 27.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 15000 *кВа* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ* и вторичным — 35, 10 и 6 *кВ*.
4. Мощность системы 400 *МВа*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,8.
5. Стоимость электроэнергии 1,1 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 15 *км*.

Таблица

27

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Литейная, печи стального и цветного литья	800
	Литейная, печи стального и цветного литья (6 кВ)	1150
2	Механический цех	790
3	Ремонтно-механический цех	380
4	Малярный цех (краскопульты)	330
5	Склад оборудования и запасных частей	50
6	Кузовная	300
7	Проходная	20
8	Цех холодной обкатки автодвигателей	620
9	Цех горячей обкатки автодвигателей	600
10	Заводоуправление	60
11	Столовая	100
12	Гараж	70
13	Насосная	350
	Освещение цехов и территории завода	определить по площади

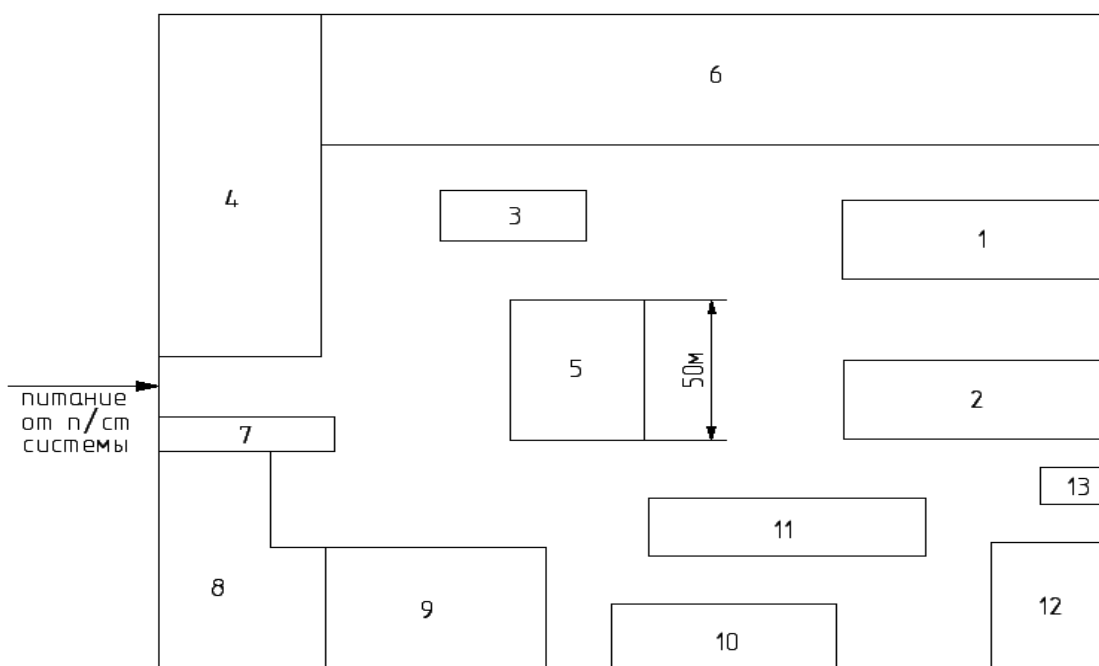


Рис. 27.  
Генеральный  
план завода

### ЗАДАНИЕ № 28

#### Тема. Электроснабжение завода среднего электроснабжения

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода — рис. 28.
2. Сведения об электрических нагрузках завода—табл. 28.
3. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 15000 *кв*а каждый, с первичным напряжением 110 *кв* и вторичным — 35, 10 и 6 *кв*.
4. Мощность системы 650 *Мва*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кв*, отнесенное к мощности системы, 0,8.
5. Стоимость электроэнергии 0,8 *руб/кВт\*ч*.
6. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 9,3 *км*.

Таблица 28

Ведомость электрических нагрузок завода

№ по плану	Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1	Цех металле конструкций	2100
2	Литейный цех Литейный цех (6-кв)	1200 2000
3	Механосборочный цех	800
4	Кузнечный цех	2400
5	Компрессорная (6 кв)	1880
6	Электроцех	600
7	Деревообделочный цех	380
8	Котельная	620
9	Склад	200
10	Насосная	280
11	Ремонтно-механический цех	
12	ЦЗЛ	160
13	Гараж и пожарное депо	50
14	Заводуправление	200
15	Столовая	300
	Освещение цехов и территории завода	определить по площади

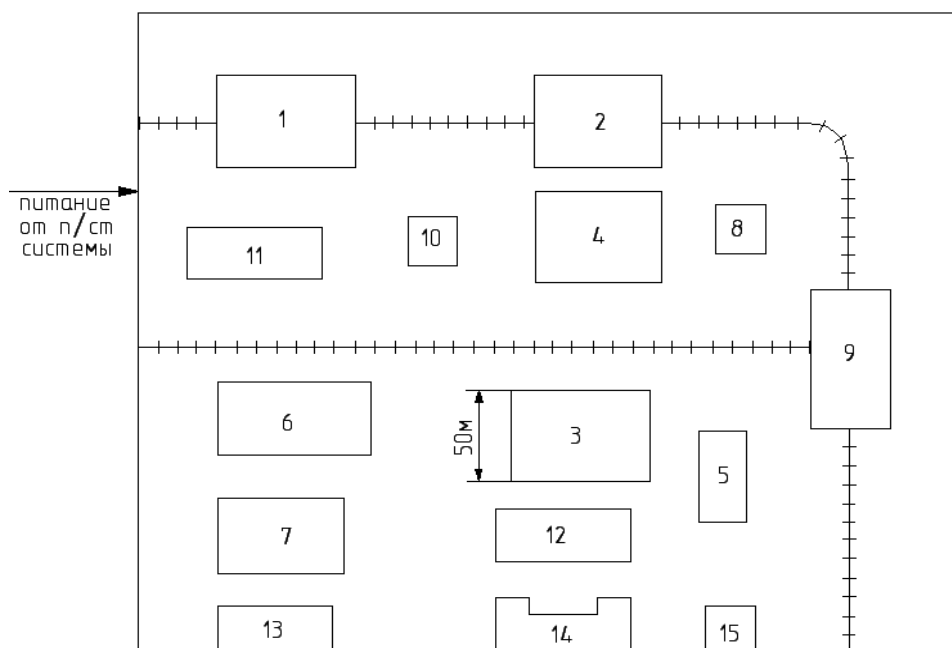


Рис. 28. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ № 29

### Тема. Электроснабжение металлургического завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода – рис. 29.
2. Сведения об электрических нагрузках завода – табл. 29.
3. Ведомость электрических нагрузок ремонтно-механического цеха (вариант задания указывается преподавателем).
4. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 60000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ. и вторичным – 35, 20, 10 и 6 кВ.
5. Мощность системы 1000 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,7.
6. Стоимость электроэнергии 0,8 руб/кВт·ч.
7. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5 км.

Таблица

29

Ведомость электрических нагрузок завода

№п/п	Наименование цеха	Р <sub>уст.</sub> , кВт	№п/п	Наименование цеха	Р <sub>уст.</sub> , кВт
1	Цех холодной прокатки №1	16130	1	Цех холодной прокатки №1 (6кВ)	5400
2	Цех трансформаторной и транспортёрной стали	7850	3	Цех горячей прокатки	4690
3	Цех горячей прокатки (6кВ)	22025	3	Цех горячей прокатки (10кВ)	11740
4	Цех холодной прокатки №2	19540	4	Цех холодной прокатки №2 (6 кВ)	5650
4	Цех холодной прокатки (10 кВ)	5950	5	Листоотделочный цех	9760
5	Листоотделочный цех (10 кВ)	1730	6	Трубоэлектросварочный цех №1	10200
6	Трубоэлектросварочный цех №1(6кВ)	8920	6	Трубоэлектросварочный цех №1 (10 кВ)	1640
7	Трубоэлектросварочный цех №2	7710	7	Трубоэлектросварочный цех №2 (6 кВ)	700
7	Трубоэлектросварочный цех №2 (10 кВ)	8820	8	Цех эмальпосуды	2170
9	Склад склябов	160	10	Блок ремонтных цехов	3110
11	Купоросная	750	12	ЦЗЛ и заводоуправление	800
13	Центральная газозащитная станция	1920	14	Ремонтно-механический цех	1810
15	Насосная	420	16	Градири	120
17	Материальный склад	40	18	Вальцетокарный цех	1280
19	Насосная	80	20	Блок химустановок	250
21	Мазутохранилище	350	22	Электроремонтный цех	480
23	Компрессорная	230	23	Компрессорная (6кВ)	3125

Освещение цехов и территории завода - определить по площади.

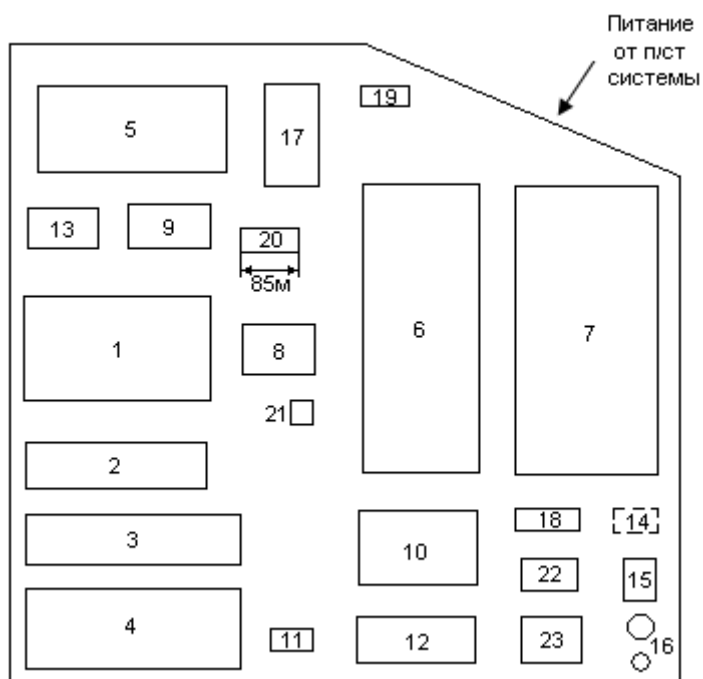


Рис. 29. Генеральный план завода

### ЗАДАНИЕ № 30

#### Тема. Электроснабжение нефтеперерабатывающего завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода – рис. 30.
2. Сведения об электрических нагрузках завода – табл. 30.
3. Ведомость электрических нагрузок ремонтно-механического цеха (вариант задания указывается преподавателем).
4. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 31500 кВа каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным – 35, 10 и 6 кВ.
5. Мощность системы 600 Мва; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,8.
6. Стоимость электроэнергии 1,0 руб/кВт·ч.
7. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 7,5 км.

Таблица 30

Ведомость электрических нагрузок завода

№п/п	Наименование цеха	Р <sub>уст.</sub> , кВт	№п/п	Наименование цеха	Р <sub>уст.</sub> , кВт
1	Нефтебаза	480	2	Котельная №1	700
3	Насосная мазуина	1100	4	Насосная товарного парка № 1	600
5	Насосная товарного парка №2	390	6	Лабораторный корпус	560
7	Электрообессоливающая установка (ЭЛОУ)	250	8	Депарафинизированная установка (ДПУ)	900
9	Водонасосная № 1	500	10	Электрообессоливающая установка (ЭЛОУ)	90
11	Электрообессоливающая установка (ЭЛОУ)	250	12	Теплоцентр	1200
13	Склад	100	14	Электросмесительная установка (ЭТСУ)	300
15	Электрообессоливающая установка (ЭЛОУ)	90	16	Цех №1	420
16	Цех №1 (6 кВ)	1800	17	Цех №2	200
17	Цех №2 (6кВ)	800	18	Цех №3	450
18	Цех №3 (6 кВ)	1000	19	Электроцех	180
20	Компрессорная	320	20	Компрессорная (6 кВ)	2880
21	Котельная №2	580	22	Ремонтно-строительный цех	170
23	Водонасосная №2	300	24	Насосная перекачки нефти	1250
25	Сооружение циркуляционной системы	2000	26	Ремонтно-механический цех	1880
27	Гараж	150	28	Заводоуправление	120

Освещение цехов и территории завода - определить по площади.

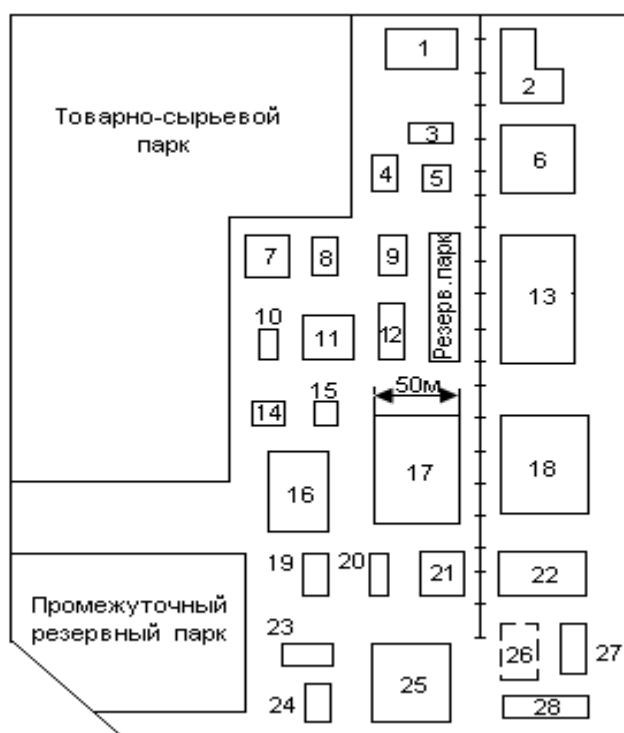


Рис.30. Генеральный план завода

### ЗАДАНИЕ № 31

#### Тема. Электроснабжение завода торгового машиностроения

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода – рис. 31.
2. Сведения об электрических нагрузках завода – табл. 31.
3. Ведомость электрических нагрузок ремонтно-механического цеха (вариант задания указывается преподавателем).
4. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 10000 кВа каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным – 35 и 10 кВ.
5. Мощность системы 500 Мва; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,4.
6. Стоимость электроэнергии 1,2 руб/кВт·ч.
7. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 12 км.

Таблица 4

Ведомость электрических нагрузок завода

№п/п	Наименование цеха	Р <sub>уст.</sub> , кВт	№п/п	Наименование цеха	Р <sub>уст.</sub> , кВт
1	Деревообрабатывающий цех	500	2	Цех сборки, компрессорная, испытание холодильных машин	350
3	Малярный и опытный цехи	520	4	Инструментальный и ремонтный цехи	980
5	Цех заготовки пакетов	100	6	Центральный склад	30
7	Транспортный цех	120	8	Сборочный, механический, заготовительный и гальванический цехи	3200
9	Цех горячего эмалирования	2290	10	Центральная котельная	1250
11	Склад комплектующих изделий	30	12	Склад металлов	40
13	Заводоуправление	70	14	Столовая	180
15	Участок резки стекла	60	16	Компрессорная	800
17	Ремонтно-механический цех	960			

Освещение цехов и территории завода - определить по площади.

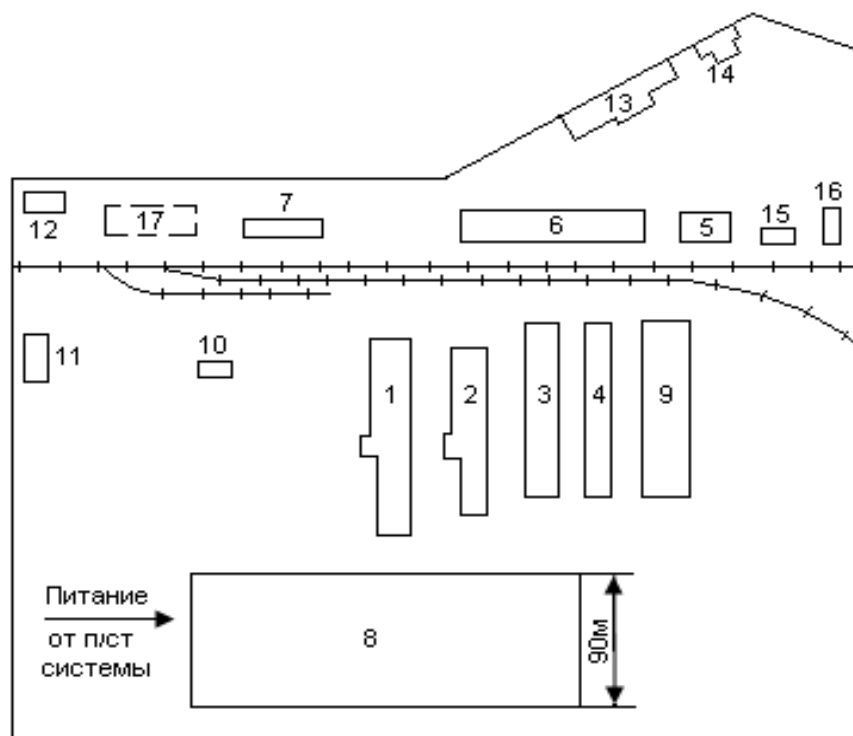


Рис. 31. Генеральный план завода

## ЗАДАНИЕ № 32

### Тема. Электроснабжение комбината стройиндустрии

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план комбината – рис. 32.
2. Сведения об электрических нагрузках комбината – табл. 32.
3. Ведомость электрических нагрузок ремонтно-механического цеха (вариант задания указывается преподавателем).
4. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 15000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным – 35, 20, 10 и 6 кВ.
5. Мощность системы 700 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,8.
6. Стоимость электроэнергии 0,9 коп/кВт·ч.
7. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 6 км.

Таблица

5

#### Ведомость электрических нагрузок завода

№п/п	Наименование цеха	Р <sub>уст.</sub> , кВт	№п/п	Наименование цеха	Р <sub>уст.</sub> , кВт
1	Склад заполнителей	180	2	Склад цемента	320
3	Бетоно-растворный завод	250	4	Дробильно-сортировочная установка	130
5	Открытый полигон железобетонных изделий	180	6	Лаборатории	240
7	Плотнично-опалубочная мастерская	30	8	Известгасительная установка	80
9	Мастерская по ремонту оборудования и металло-опалубки	290	10	Мастерская стройтермоизоляции	100
11	Котельная	580	12	Теплопункт	320
13	Арматурный цех	1530	14	Завод крупнопанельного домостроения	1420
15	Завод железобетонных изделий	580	16	Компрессорная	160
16	Компрессорная (6 кВ)	1200	17	Завод ячеистых бетонов	760
18	Завод гипсошлаковых перекрытий	150	19	Завод минеральных изделий	1360
20	База механизации	760	21	Цех металлоконструкций	900
22	Блок мастерских колерных, лепных и других изделий	80	23	Столовая	350
24	Управление комбината	40	25	Ремонтно-механический цех	870

Освещение цехов и территории завода - определить по площади.

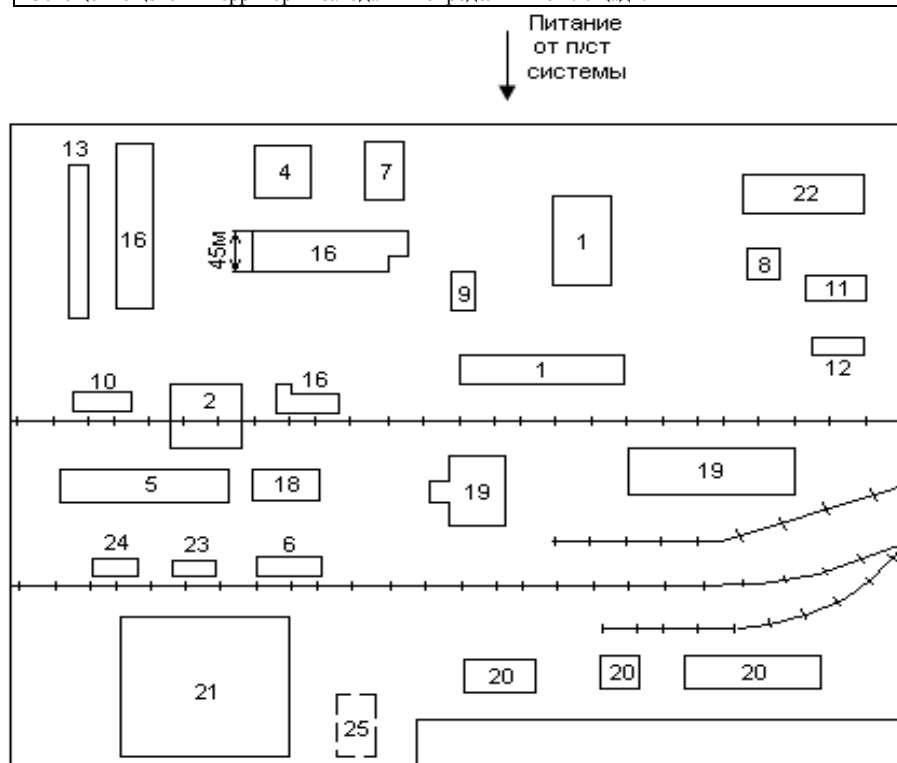


Рис. 32. Генеральный план комбината

### ЗАДАНИЕ № 33

#### Тема. Электроснабжение химического завода по производству прямых и обратных красителей

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода – рис. 33.
2. Сведения об электрических нагрузках завода – табл. 33.
3. Ведомость электрических нагрузок ремонтно-механического цеха (вариант задания указывается преподавателем).
4. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 31500 *кВА* каждый, с первичным напряжением 110 *кВ*. и вторичным – 35, 10 и 6 *кВ*.
5. Мощность системы 900 *МВА*; реактивное сопротивление системы на стороне 110 *кВ*, отнесенное к мощности системы, 0,7.
6. Стоимость электроэнергии 0,8 *руб./кВт·ч*.
7. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 9 *км*.

Таблица

33

Ведомость электрических нагрузок завода

№п/п	Наименование цеха	$P_{уст.}$ , кВт	№п/п	Наименование цеха	$P_{уст.}$ , кВт
1	Цех прямых красителей	4620	2	Цех полупродуктов №1	1800
3	Холодильная установка №1	850	3	Холодильная установка (6 <i>кВ</i> – синхронные двигатели)	8355
4	Административно-бытовой корпус	250	5	Градирня	20
5	Градирня (6 <i>кВ</i> )	1000	6	Компрессорная	580
6	Компрессорная (6 <i>кВ</i> – асинхронные двигатели)	8000	7	Газоспасательная станция	30
8	Подсобный цех	400	9	Столовая	280
10	Цех полупродуктов №2	625	11	Цех активных красителей	1200
12	Холодильная установка №2	600	13	Склад готовой продукции	60
14	Бытовой корпус	70	15	Цех натриевой соли	620
16	Склад ЛВЖ	80	17	Склад кислот	75
18	Ремонтно-механический цех	960			

Освещение цехов и территории завода - определить по площади.

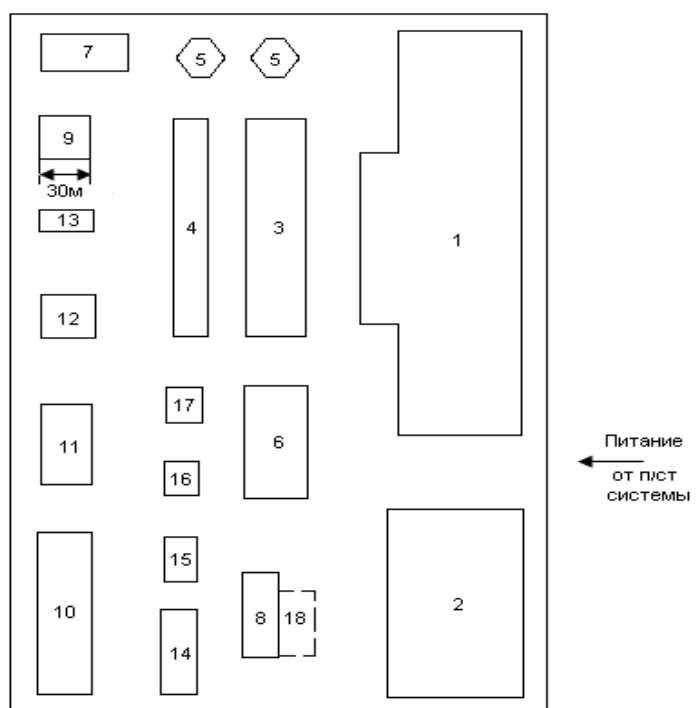


Рис. 33. Генеральный план завода



### ЗАДАНИЕ № 34

#### Тема. Электроснабжение электроаппаратного завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода – рис. 34.
2. Сведения об электрических нагрузках завода – табл. 34.
3. Ведомость электрических нагрузок ремонтно-механического цеха (вариант задания указывается преподавателем).
4. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 40500 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ. и вторичным – 35, 10 кВ.
5. Мощность системы 1000 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,8.
6. Стоимость электроэнергии 1,15 руб./кВт·ч.
7. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 9 км.

Таблица 34

Ведомость электрических нагрузок завода

№п/п	Наименование цеха	$P_{уст.}$ , кВт	№п/п	Наименование цеха	$P_{уст.}$ , кВт
1	Заготовительно-сварочный цех	6150	2	Цех пластмасс	8120
2	Цех пластмасс (10 кВ)	1840	3	Аппаратный цех	1600
4	Цех нормалей	2380	5	Штамповочный цех	1920
6	Цех асбоцементных плит	3160	7	Склад готовой продукции	830
8	Склад металлических отходов	85	9	Гальванический цех	110
10	Ремонтно-механический цех	1520	11	Станция нейтрализации	120
12	Очистка кислотной канализации	100	13	Компрессорная №1	30
14	Компрессорная №1 (10 кВ)	1200	15	Столовая	265
16	Насосная	280	17	Градирия	30
18	Лабораторно-административный корпус	1190	19	Склад кислот	70
20	Компрессорная №2	195	20	Компрессорная №2 (10 кВ)	1875

Освещение цехов и территории завода - определить по площади.

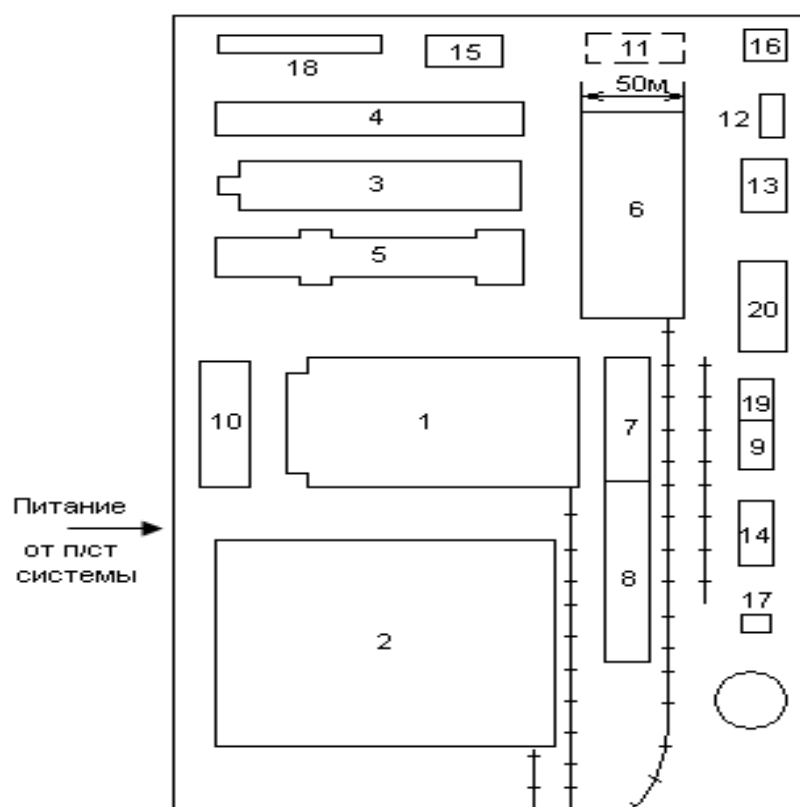


Рис. 34. Генеральный план завода

### ЗАДАНИЕ № 35

#### Тема. Электроснабжение завода горношахтного оборудования

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода – рис. 35.
2. Сведения об электрических нагрузках завода – табл. 35.
3. Ведомость электрических нагрузок ремонтно-механического цеха (вариант задания указывается преподавателем).
4. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 60000 кВА каждый, с первичным напряжением 110 кВ и вторичным – 35, 10 и 6 кВ.
5. Мощность системы 1000 МВА; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,7.
6. Стоимость электроэнергии 0,8 руб./кВт·ч.
7. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 13 км.

Таблица 35

Ведомость электрических нагрузок завода

№п/п	Наименование цеха	Р <sub>уст.</sub> , кВт	№п/п	Наименование цеха	Р <sub>уст.</sub> , кВт
1	Пожарное депо	39	2	Столовая	120
3	Инженерный корпус	250	4	Бытовые помещения	80
5	Канторка №2	50	6	Бытовое помещение №1	30
7	Блок №2	4200	8	Блок №1	5200
8	Блок №1 (6 кв)	2600	9	Кузнечный цех	2300
10	Термообрубной цех	990	11	Блок №3	4600
12	ЦЗЛ	180	13	Сталелитейный цех	1400
13	Сталелитейный цех (6 кв)	5600	14	Главный магазин	60
15	Блок складов	230	16	Деревообрабатывающий блок	530
17	Чугунно-литейный цех	1700	17	Чугунно-литейный цех (6 кв)	800
18	Компрессорная станция	220	18	Компрессорная станция (6 кв)	1880
19	Кислородная станция	280	20	Экипировочная тепловозов	110
21	Гараж	90	22	Ремонтно-механический цех	1120
23	Скrapоразделочное отделение	260	24	Копровое отделение	70

Освещение цехов и территории завода - определить по площади.

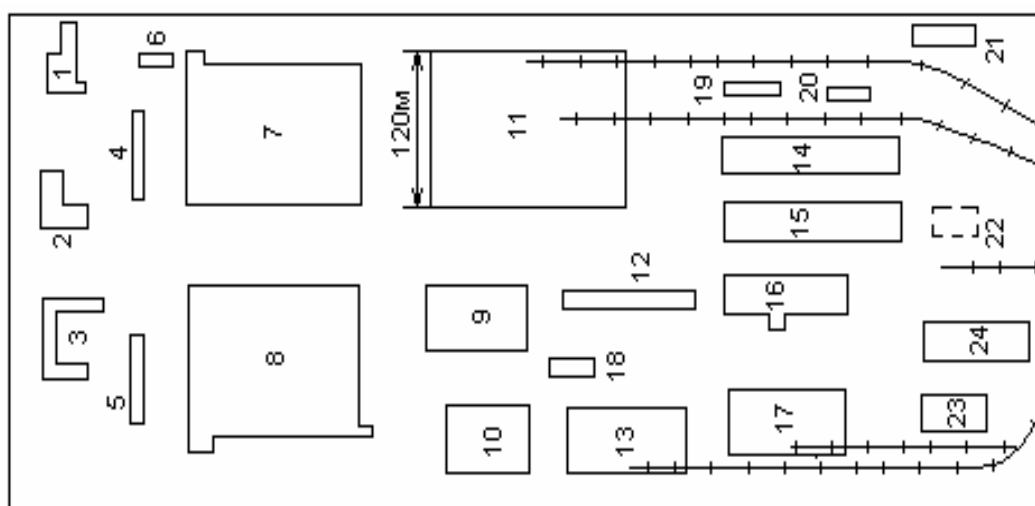


Рис. 35.  
Генеральный план завода

### ЗАДАНИЕ № 36

#### Тема. Электроснабжение деревообрабатывающего завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода – рис. 36.
2. Сведения об электрических нагрузках завода – табл. 36.
3. Ведомость электрических нагрузок ремонтно-механического цеха (вариант задания указывается преподавателем).
4. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 10000 кВа каждый, с первичным напряжением 110 кВ. и вторичным – 35, 20, 10 и 6 кВ.
5. Мощность системы 400 Мва; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,5.
6. Стоимость электроэнергии 1,3 коп/кВт·ч.
7. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 8 км.

Таблица

36

Ведомость электрических нагрузок завода

№п/п	Наименование цеха	Р <sub>уст.</sub> , кВт	№п/п	Наименование цеха	Р <sub>уст.</sub> , кВт
1	Лесопильный цех	1600	2	Сушильный цех	500
3	Ремонтно-механический цех	820	4	Биржа сырья	700
5	Столярный цех	900	6	Цех №1	620
7	Мебельный цех	450	8	Насосная	480
9	Сборочный цех	420	10	Склад готовой продукции	60
11	Материальный склад	50	12	Компрессорная	100
12	Компрессорная (6 кв – синхронные двигатели)	1440	13	Заводоуправление и лаборатории	80
14	Столовая	210	15	Гараж	40

Освещение цехов и территории завода - определить по площади.

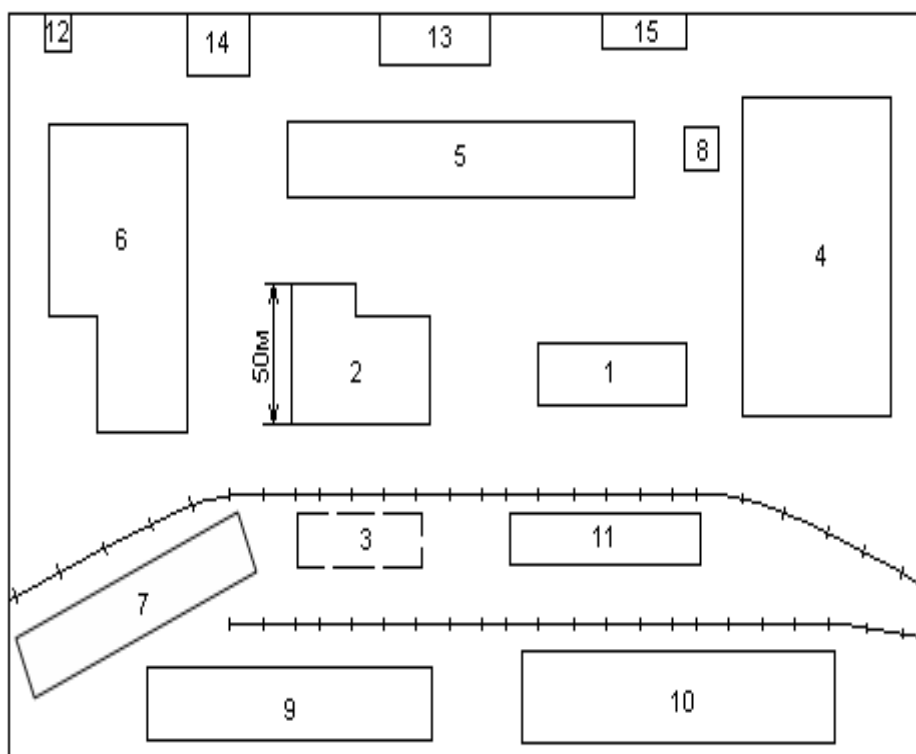


Рис. 36.  
Генеральный план  
завода

↑  
Питание  
от ПУСТ  
СИСТЕМЫ

### ЗАДАНИЕ № 37

#### Тема. Электроснабжение текстильного комбината

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода – рис. 37.
2. Сведения об электрических нагрузках комбината – табл. 37.
3. Ведомость электрических нагрузок ремонтно-механического цеха (вариант задания указывается преподавателем).
4. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 63000 кВа каждый, с первичным напряжением 110 кВ. и вторичным - 35, 10 и 6 кВ.
5. Мощность системы 800 Мва; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,6.
6. Стоимость электроэнергии 0,95 руб./кВт·ч.
7. Расстояние от подстанции энергосистемы до комбината 10 км.

Таблица 37

Ведомость электрических нагрузок завода

№п/п	Наименование цеха	$P_{уст.}$ , кВт	№п/п	Наименование цеха	$P_{уст.}$ , кВт
1	Административный корпус	100	2	Прядильно-кордная фабрика №1	7010
3	Ткацкая фабрика №1	3200	4	Ткацкая фабрика №2	2150
5	Отбельно-красильный корпус отделочной фабрики	1770	6	Печатно-аппретурный корпус отделочной фабрики	4600
7	Станция водоподготовки	1100	8	Склад масел	20
9	Склад реагентов	15	10	Склад готовой продукции	30
11	Склад вспомогательных материалов	120	12	Ремонтно-механический цех	670
13	Склад хлопка	20	14	Депо электрокар	250
15	Блок подсобных цехов	70	16	Хлопковая база	30
17	Компрессорная	1170	18	Склад декоративных тканей	15
19	Холодильная станция	2210	19	Холодильная станция (6 кв - 4×1500квт)	6000
20	Насосная	380	21	Ремонтно-строительный цех	120
22	Прядильно-ниточная фабрика	8810	23	Прядильно-гребенная фабрика №1	8190
24	Прядильно-гребенная фабрика №2	10300	25	Ткацкая фабрика №3	8350

Освещение цехов и территории завода - определить по площади.

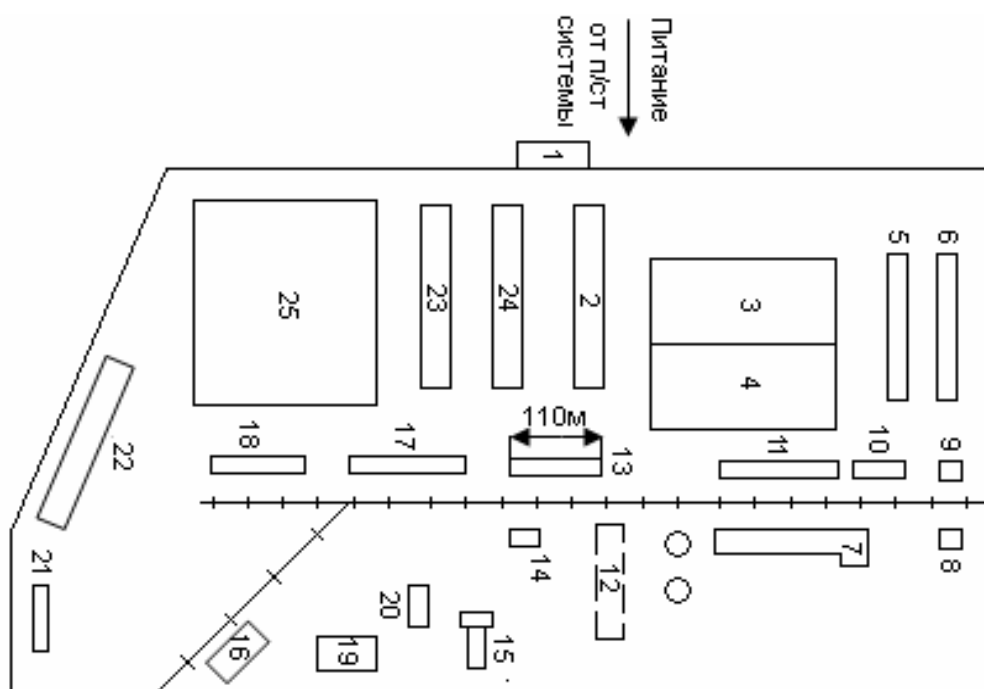


Рис. 37.  
Генеральный план завода

### ЗАДАНИЕ № 38

#### Тема. Электроснабжение судоремонтного завода

Исходные данные на проектирование:

1. Генеральный план завода – рис. 38.
2. Сведения об электрических нагрузках завода – табл. 38.
3. Ведомость электрических нагрузок ремонтно-механического цеха (вариант задания указывается преподавателем).
4. Питание возможно осуществить от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью 20000 кВа каждый, с первичным напряжением 110 кВ. и вторичным - 35, 10 и 6 кВ.
5. Мощность системы 700 Мва; реактивное сопротивление системы на стороне 110 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,8.
6. Стоимость электроэнергии 1,1 руб./кВт·ч.
7. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5,5 км.

Таблица 11

Ведомость электрических нагрузок завода

№п/п	Наименование цеха	$P_{уст.},$ кВт	№п/п	Наименование цеха	$P_{уст.},$ кВт
1	Литейный цех	2000	2	Ремонтно-механический цех	1460
2	Кузнечный цех	800	4	Главный корпус	2400
4	Главный корпус (6 кв)	1200	5	Корпусно-котельный цех	2700
6	Компрессорная	360	6	Компрессорная (6 кв)	2880
7	Такелажно-парусный цех	600	8	Сухой док	1200
9	Заводоуправление, лаборатории, СКБ	100	10	Механический док	900
11	Кислородная станция	400	11	Кислородная станция (6 кв)	400
12	Плавающий док	2300	13	Столовая	270
14	Склад жидкого топлива	60	15	Лесосушилка	500
16	Склад кислот	40	17	Склад москательей	50

Освещение цехов и территории завода - определить по площади.

Продолжение таблицы 11

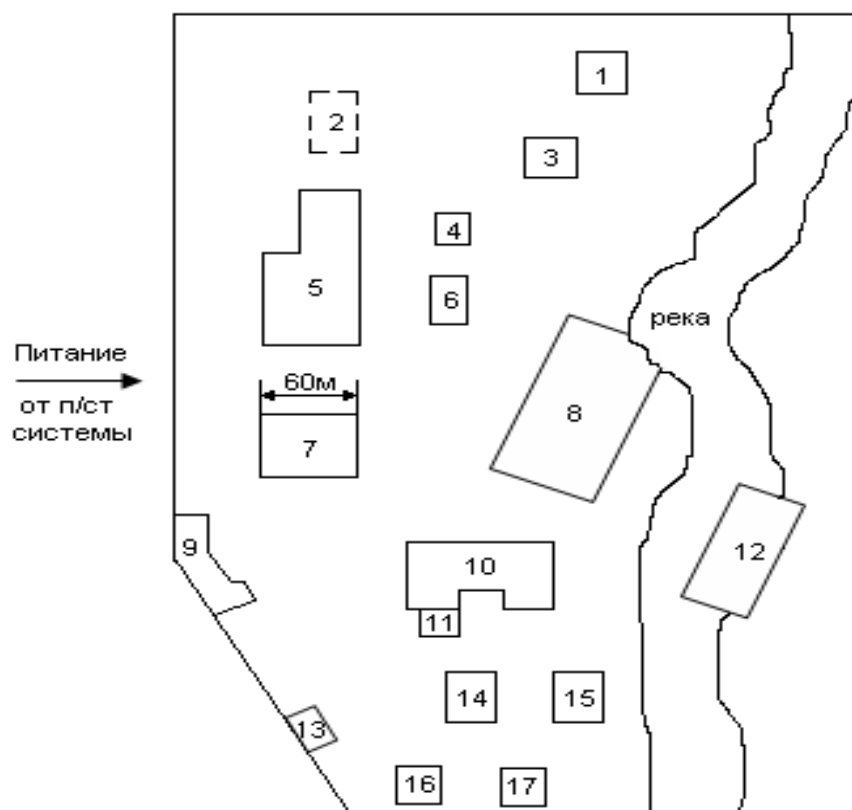


Рис. 38. Генеральный план завода