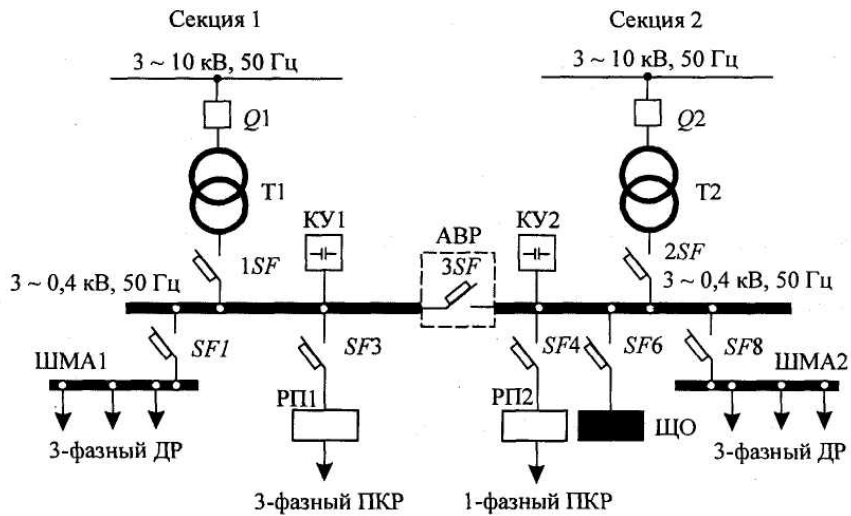


Н. Ю. Шевченко

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ

РАБОТА

по дисциплине
«Электроснабжение»



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАМЫШИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Н. Ю. Шевченко

Расчетно-графическая работа

*по дисциплине
«Электроснабжение»*

Учебное пособие

*Допущено учебно-методическим объединением Совета директоров
средних специальных учебных заведений Волгоградской области
в качестве учебного пособия для образовательных учреждений
среднего профессионального образования Волгоградской области*

РПК «Политехник»
Волгоград
2006

УДК 621.31.001.2: 744] (075.3)
Ш 37

Рецензенты: к. т. н., Н. П. Хромов, А. В. Мельситов.

Шевченко Н. Ю. Расчетно-графическая работа по дисциплине «Электроснабжение»: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. – 76 с.

ISBN 5–230–04828–X

Приведены методика расчета и пример выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Электроснабжение», а также представлен справочный материал, позволяющий проводить расчеты без использования дополнительной литературы.

Написано в соответствии с Государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования и предназначено для студентов техникумов и колледжей специальности 140212.51 «Электроснабжение» по отраслям.

Ил. 12. Табл. 41. Библиогр.: 10 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

ISBN 5–230–04828–X

© Волгоградский
государственный
технический
университет, 2006

Наталья Юрьевна Шевченко

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА
по дисциплине «Электроснабжение»

Учебное пособие

Редактор М. И. Просондеев

Темплан 2006 г., поз. № 18.

Подписано в печать 11. 10. 2006 г. Формат 60×84 ¹/₁₆.

Бумага листовая. Гарнитура "Times".

Усл. печ. л. 4,75. Усл. авт. л. 4,56.

Тираж 100 экз. Заказ №

Волгоградский государственный технический университет

400131 Волгоград, просп. им. В. И. Ленина, 28.

РПК «Политехник»

Волгоградского государственного технического университета

400131 Волгоград, ул. Советская, 35.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие предназначено для студентов среднего профессионального образования по специальности 1004 «Электроснабжение». Оно позволяет студентам самостоятельно и за короткое время разобраться в решаемых вопросах без помощи преподавателя, не прибегая к дополнительным источникам. Такой подход к расчетно-графической работе (РГР) по предмету «Электроснабжение» повышает уровень оперативности преподавателей и самостоятельности студентов.

Пособие включает четыре основные части:

1. Рекомендации по организации РГР.
2. Методику расчета.
3. Общие положения графического выполнения чертежей.
4. Пример выполнения РГР.

Справочный материал представлен в Приложении.

РГР является формой контроля учебной работы студентов, в ходе которой производится обучение применению полученных знаний и умений при решении комплексных задач, связанных со сферой профессиональной деятельности будущих специалистов. Она может стать составной частью курсового проекта или выпускной работы. На время выполнения расчетно-графической работы планируются консультации за счет объема времени, отведенного в рабочем учебном плане на консультации.

Пособие может быть использовано в образовательных учреждениях среднего профессионального образования Волгоградской области на любых отделениях (дневном, вечернем, заочном) и при дистанционном обучении не только по специальности 1004, но и по другим (в части их касающейся).

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РГР

1. 1. ЦЕЛИ И СТРУКТУРА РГР

Цели выполнения РГР включают: систематизацию и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений по специальным дисциплинам; углубление теоретических знаний в соответствии с заданной темой; формирование умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов; формирование умений использовать справочную литературу и нормативную документацию; развитие творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; подготовка к итоговой государственной аттестации.

Разработка тематики расчетно-графической работы производится преподавателями учреждения. РГР может стать составной частью курсового проекта или выпускной работы.

Исходными данными для расчетно-графической работы является план цеха с расположенным в нем оборудованием и ведомость нагрузок.

По структуре она состоит из пояснительной записки (ПЗ) и графической части.

Пояснительная записка включает:

- введение, в котором раскрывается актуальность и значение темы, формируется цель;
- расчетную часть с расчетами по профилю специальности;
- описательную часть, в которой излагается принцип действия, конструкция, технологические особенности и другие обоснования принятых решений;
- заключение, в котором содержатся выводы и рекомендации относительно возможностей использования материалов РГР;
- список литературы;
- приложения (таблицы, схемы, графики, диаграммы, картинки).

Объем пояснительной записки должен быть не менее 25 страниц печатного текста формата А 4.

Графическая часть РГР представлена двумя чертежами, выполненными на листах формата А 1 (594×840 мм).

1. План размещения электрооборудования и план электрических сетей цеха (код схемы – Э 7).

2. Принципиальная однолинейная электрическая схема электропитания электрооборудования цеха (ЭЗ).

Чертежи должны быть наглядными и занимать не менее 70 % листа. Они выполняются тушью или карандашом черного цвета. Допускается выполнять чертежи на ЭВМ с помощью графопостроителей с соблюде-

нием стандартов. Запрещается применение комбинированной графики в пределах одного чертежа, например, карандашом и на ЭВМ.

Расчетно-графическая работа оформляется и разрабатывается в соответствии с требованиями ЕСТД и ЕСКД.

1.2. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

В соответствии с заданием расчетно-пояснительная записка имеет следующий порядок расположения материала: титульный лист; задание на выполнение РГР; содержание; введение; общая часть; расчетно-конструкторская часть; заключение; список используемой литературы и справочных материалов.

Титульный лист является первым листом пояснительной записки (но не нумеруется). Он предназначен для размещения подписей лиц, имеющих отношение к проектированию.

Задание на РГР

Его помещают непосредственно за титульным листом и нумерацию листов не имеет. Перечень и номинальные данные электроприемников выдаются вместе с заданием.

В *содержании* приводятся заголовки всех структурных элементов, начиная с введения. Основная часть раскрывается по разделам, а при большом объеме материала – по подразделам. Содержание помещается после бланка задания и нумеруется вторым листом пояснительной записки.

Введение

Отражаются основные направления развития энергетики на данный момент времени. От материала общего назначения необходимо перейти к значимости темы расчетно-графической работы. По объему введение занимает примерно 1 страницу.

Общая часть

- На основе данных темы создается представление о проектируемом объекте, о его назначении и характере технологического процесса. Дается краткая характеристика электроприемников, обеспечивающих технологический процесс; по режиму работы, роду тока, питающему напряжению.

- Руководствуясь «Классификатором помещений по взрыво-, пожаро- и электробезопасности» (Прил. 1), выбирается и обосновывается нужный вариант. Данные учитываются при выборе элементов электрооборудования цеховой сети.

Расчетно-конструкторская часть

- Руководствуясь категорией надежности электроснабжения объекта [2], дается определение этой категории.

- В соответствии с категорией надежности выбирается количество трансформаторов, нагрузка распределяется по распределительным устройствам (РУ), обеспечивая достаточную надежность технологического процесса. Крупные потребители, резко отличающиеся по мощности и

режиму работы, целесообразно присоединить непосредственно к шинам низкого напряжения трансформаторной подстанции.

- Руководствуясь вариантами (прил. 2), составляется структурная схема проектируемого объекта.

- Применяв метод расчетных нагрузок (метод коэффициента максимума), в соответствии с распределением по распределительным устройствам (РУ), рассчитываются нагрузки цеха.

- В текстовой части показывается расчет только различающихся нагрузок (однофазных, трехфазных длительного режима работы, повторно-кратковременного режима работы и так далее), а остальные рассчитываются аналогично, результаты расчетов сводятся в табл. 2 «Сводная ведомость нагрузок».

- Рассчитываются и выбираются компенсирующие установки, которые присоединяются к шинам низкого напряжения трансформаторной подстанции (РУ-0,4 кВ), т. е. осуществляется централизованная компенсация реактивной мощности. С учетом компенсации реактивной мощности выбираются силовые трансформаторы.

- Выбираются марки аппаратов защиты всех линий электроснабжения.

- Формируются марки всех распределительных пунктов РП. При необходимости разрабатывается составной распределительный пункт.

- Выбираются и формируются марки всех линий электроснабжения с учетом соответствия аппарату защиты.

- Выбранные линии электроснабжения проверяются по потере напряжения.

Заключение

В нем излагаются выводы по результатам выполнения работы и рекомендации по дальнейшему использованию расчетно-графической работы.

Список используемой литературы

Список должен содержать перечень литературы, использованной при выполнении работы. Литература должна располагаться в порядке появления ссылок в тексте.

Текст основной части расчетно-пояснительной записки содержит сплошной текст, формулы, расчеты, таблицы, иллюстрационный материал (рисунки, схемы, диаграммы). Каждый раздел начинают с нового листа. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы и подразделы должны иметь заголовки, которые следует писать с прописной буквы. Листы записки имеют сквозную нумерацию. Номер страницы проставляют арабскими цифрами в правом верхнем углу без точки. Текст оформляют с соблюдением следующих размеров полей: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм.

Границы рамки на листе располагаются от верхнего, нижнего и правого срезов листа на 5 мм, от левого – 20 мм. Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15–17 мм. Расстояние между заголовком и текстом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 8 мм

Формулы и уравнения следует выделять из текста в отдельную строку и располагать по центру страницы. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия.

Например. «Определяется номинальный ток трансформатора $I_{\text{ном}}$

$$I_{\text{ном}} = S_{\text{н.т.}} \times \sqrt{3} \times U_{\text{ном}},$$

где $S_{\text{н.т.}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА; $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, В.»

Формулы нумеруются сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записываются на уровне формулы справа в круглых скобках. В тексте ссылки на порядковые номера формул дают в скобках, *например*, «... в формуле (1)». Допускается нумерация формулы в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, *например*: «(3.1)».

Для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей применяют таблицы. Название следует помещать над таблицей слева и нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой, *например*, «Таблица 3.1 – Сводная ведомость нагрузок». На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте, при ссылке следует писать слово «табл.» с указанием её номера. Таблицу помещают под текстом, в котором впервые дана на неё ссылка, или на следующей странице.

Рисунки должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются, или на следующей странице. Рисунки нумеруют арабскими цифрами сквозной нумерацией и именуется, *например*:

«Рис. 3 – Схема электроснабжения».

Ссылки на используемую литературу дают по тексту в квадратных скобках, внутри которых ставится номер по «Списку используемой литературы», приводимой на последнем листе пояснительной записки.

Например. «По [1] выбирается провод типа АС-10/1,8; $I_{\text{доп}} = 84 \text{ А.}$ »

Литература записывается по системе: номер, автор, название, место издания, издательство, год.

Например

1. Коновалова Л. Л., Рожкова Л. Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

2.1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Электроприемником называется аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

Электроприемники классифицируются по следующим признакам: напряжению (до 1000 В и свыше 1000 В), роду тока (переменного тока промышленной частоты, постоянного и переменного тока частотой, отличной от 50 Гц), его частоте (промышленная 50 Гц, повышенная и пониженная), единичной мощности, надежности электроснабжения, режиму работы (продолжительный, кратковременный, повторно-кратковременный), технологическому назначению (общепромышленные установки, производственные механизмы, подъемно-транспортное оборудование, преобразовательные установки, электросварочное оборудование, электронагревательные и электролизные установки), производственным связям, территориальному размещению [4].

Характеристика потребителей электрической энергии по режиму работы приведена в табл. 1.

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУПП ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Потребители электрической энергии	Производственные механизмы	Режим работы
Электродвигатели	Насосы, вентиляторы, компрессоры, трансмиссии	Непрерывный, нормальная нагрузка
Электродвигатели	Подъемники, краны, кран-балки	Повторно-кратковременный
Электродвигатели индивидуального привода	Станки: строгальные, сверлильные, фрезерные, карусельные, долбежные	Нормальный
Электродвигатели индивидуального привода	Станки: револьверные, обдирочные, зубофрезерные, штамповочные, эксцентриковые прессы, молоты	Тяжелый
Электродвигатели индивидуального привода	Шаровые мельницы, очистные барабаны, ковочные машины, прессы кривошипные	Весьма тяжелый
Электродвигатели	Подъемники, краны	Повторно-кратковременный
Электродвигатели	Элеваторы, конвейеры	Нормальный
Печи сопротивления, ванны, сушильные шкафы, нагревательные аппараты	Нагреватели	Нормальный
Индукционные печи низкой частоты	Нагреватели	Нормальный
Индукционные печи высокой частоты	Нагреватели	Нормальный

2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Согласно правилам устройств электроустановок (ПУЭ) [6] производственные помещения по условиям окружающей среды делятся на группы: сухие (нормальные); влажные; сырые; особо сырые; жаркие; пыльные; с химически активной или органической средами.

К *нормальным помещениям* относятся производственные помещения, окружающая среда которых не оказывает вредного воздействия на электрические сети и оборудование. Это бытовые помещения сборочных цехов, административные помещения, инструментальные, кладовые и прочие.

К *жарким* – относятся помещения с сушилками, обжигательными печами, котельные.

В помещениях с *химически активной средой* содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образующие отложения или плесень, разрушающие изоляцию или токоведущие части оборудования.

Производственные помещения и установки по условиям электробезопасности делятся на группы [7]:

- *взрывоопасные помещения*. К ним относятся помещения, наличие электропроводки или электрооборудования в среде которых представляет опасность для взрыва. В зависимости от опасности взрыва в соответствии с правилами устройства электроустановок взрывоопасные помещения и установки делятся на категории В-I и В-II. Категория В-I включает в себя взрывоопасные помещения с горючими газами и парами, а категория В-II – с горючими волокнами или пылью. Классификация взрывоопасных помещений и требуемая степень защиты электроустановок дана в прил. 1. Камеры вытяжных вентиляторов, обслуживающие взрывоопасные помещения и изолированные от них, относятся к взрывоопасным помещениям на один класс ниже. Камеры приточных вентиляторов относятся к невзрывоопасным помещениям. Электрические сети во взрывоопасных зонах всех классов выполняются изолированными проводами с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией или с бумажной, резиновой и поливинилхлоридной изоляцией в свинцовой и поливинилхлоридной оболочке. В зонах классов В-I применяют провода с медными жилами. Шинопроводы во взрывоопасных зонах применять запрещается. Токопроводы к электрическим кранам, тельферам и другим передвижным механизмам, расположенным во взрывоопасных зонах, выполняют переносным гибким кабелем с медными жилами с резиновой изоляцией, в резиновой маслостойкой оболочке, не распространяющей горение. Питающие линии и присоединенные к ним электроприемники защищают от перегрузок и коротких замыканий;

- *пожароопасными* называются помещения, в которых применяются или хранятся горючие вещества. Они делятся на четыре класса: П-I, П-II, П-IIa, П-III. Зона класса П-I – зона, расположенная в помещениях, в которых

обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше $61\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зона класса П-II – зона, расположенная в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламеняемости более 65 г/м^3 горючие жидкости с температурой вспышки выше $61\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зона класса П-IIа – зона, расположенная в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества. Зона класса П-III – зона, расположенная вне помещений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше $61\text{ }^{\circ}\text{C}$ или твердые горючие вещества.

Установка распределительных устройств напряжением до 1 кВ и выше в пожароопасных зонах любого класса не рекомендуется [7]. Допускается на участках, огражденных сетками открытая установка комплектных трансформаторных подстанций (КТП) с трансформаторами сухими или с негорючим заполнением, а также комплектных конденсаторных установок (ККУ) с негорючим заполнением конденсаторов. Кабели и провода в пожароопасных зонах любого класса должны иметь покров и оболочку из материалов, не распространяющих горение. Прокладка незащищенных изолированных проводов с алюминиевыми жилами в пожароопасных зонах любого класса должна производиться в трубах и коробах. Шинопроводы допускается применять в пожароопасных зонах классов П-I, П-II, П-IIа напряжением не выше 1 кВ. В пожароопасных зонах П-I, П-II все шины должны быть изолированными. В шинопроводах со степенью защиты IP54 и выше шины допускается не изолировать. В соответствии с противопожарными нормами строительного проектирования промышленных предприятий категории помещений Г, Д относятся к неопасным по взрыву и пожару. К категории Г относятся: литейные и плавильные цехи металлов, сварочные цехи, кузницы, цехи термической обработки металлов, котельные. К категории Д относятся: цехи инструментальные, холодной штамповки и холодного проката металлов, насосные станции для перекачки негорючих жидкостей, цехи текстильной и бумажной промышленности с мокрыми процессами производства, цехи переработки мясных, рыбных и молочных продуктов.

По степени опасности поражения человека электрическим током помещения делятся на три класса [6]: без повышенной опасности (БПО) – это те, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особо повышенную опасность; с повышенной опасностью (ПО), которые характеризуются наличием в них одного из условий, создающих повышенную опасность: сырости или токопроводящей пыли; токопроводящих полов; высокой температуры; возможности одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям, технологическим аппаратам, имеющим соединение с землей с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой; особо опасные (ОО), которые характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих осо-

бую опасность: особой сырости; химически активной или органической среды; одновременно двух и более условий повышенной опасности.

Характеристика этих помещений приводится в прил. 1.

В *химической* промышленности к помещениям особо опасным относятся цехи по производству полиэтилена, соляной, серной и азотной кислот; к помещениям с повышенной опасностью – аппаратные цехи.

В *стеклольно-керамической* промышленности помещениями с повышенной опасностью являются те, в которых размещены печи плавки стекла и обжига; особо опасными – фасетные цехи.

В *целлюлозно-бумажной* промышленности цехи варки целлюлозы, рольные цеха являются особо опасными.

В *пищевой* промышленности печные цехи хлебозаводов, производственные помещения зерновых элеваторов, печные и обжарочные цехи кондитерских фабрик, аппаратные цехи спиртозаводов относятся к помещениям с повышенной опасностью, а бродильные и моечные цехи пивоваренных, винодельческих производств – к особо опасным помещениям.

2.3. КАТЕГОРИИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ВЫБОР СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

От правильного выбора категорий приёмников электроэнергии по степени бесперебойного питания для конкретного технологического производства во многом зависит выбор надёжной схемы электроснабжения, обеспечивающей в условиях эксплуатации минимальные затраты.

В отношении обеспечения надёжности электроснабжения электроприемники разделяются на следующие три категории [5].

Электроприемники I категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный материальный ущерб народному хозяйству; повреждение основного оборудования, массовый брак продукции. Они должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания (насосы, вентиляторы, компрессоры, воздуходувки, технологическое оборудование предприятий нефтехимической промышленности, некоторые уникальные металлообрабатывающие станки, дуговые печи). Из приемников первой категории выделяется «особая» группа, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования (насосы, компрессоры, вентиляторы для химической промышленности, вакуумные электрические печи для выплавки высококачественных сталей, подъемно-транс-

портное оборудование). Для электроснабжения особой группы должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

Электроприемники II категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому невыпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта. Для них допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады. Электроприемники II категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. При наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены повредившегося трансформатора за время не более 1 суток допускается питание электроприемников II категории от одного трансформатора. Допускается питание электроприемников II категории по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей. К электроприемникам II категории надежности относится электропривод технологических механизмов, электролизные установки, электросварочное оборудование, печи сопротивления, индукционные печи, подъемно-транспортное оборудование, электроосветительные установки.

Электроприемники III категории – все остальные электроприемники, не подходящие под определение I и II категорий. Перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента систем электроснабжения не превышают одних суток.

Распределив электроприемники цеха по категориям надежности электроснабжения необходимо выбрать схему электроснабжения цеха [9]. По структуре схемы внутрицеховых электрических сетей могут быть радиальными, магистральными и смешанными. Примеры радиальных схем приведены в прил. 2. Они применяются при наличии групп сосредоточенных нагрузок с неравномерным распределением их по площади цеха, во взрыво- и пожароопасных цехах, в цехах с химически активной средой. Радиальные схемы нашли широкое применение в насосных и компрессорных станциях, на предприятиях нефтехимической промышленности, в литейных и других цехах. Радиальные схемы внутрицеховых сетей выполняют кабелями или изолированными проводами. Они могут быть применены для нагрузок любой категории надежности.

Магистральные схемы целесообразно применять для питания силовых и осветительных нагрузок, распределенных относительно равномерно по площади цеха, а также для питания группы электроприемников, принадлежащих одной технологической линии. При магистральных схемах одна питающая магистраль обслуживает несколько распределительных шкафов и крупные электроприемники цеха. Для питания цеховых сетей механических цехов машиностроительных предприятий с поточным производством

широкое применение нашла схема БТМ блок трансформатор-магистраль. Магистральный шинопровод присоединяется непосредственно к выводам низкого напряжения трансформатора. Длина магистральных шинопроводов при их номинальной нагрузке и $\cos\varphi = 0,7-0,8$ не должна превышать: 220 м при номинальном токе 1600 А и 180 м при номинальном токе 2500 А. При питании от магистральных шинопроводов силовых и осветительных нагрузок одновременно, указанная их предельная длина снижается примерно в 2 раза [3]. Наибольшее применение имеют смешанные схемы, сочетающие в себе элементы радиальных и магистральных схем и пригодные для любой категории надежности электроснабжения. Такие схемы применяются в прокатных и мартеновских цехах металлургической промышленности, в кузнечных, котельных и механосборочных цехах. От главных питающих магистралей и их ответвлений электроприемники питаются через распределительные шкафы или шинопроводы [8].

2.4. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРОВ

Правильное определение электрических нагрузок является основой рационального построения и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий. Электрические нагрузки рассчитываются в связи с необходимостью выбора количества и мощности трансформаторов, проверки токоведущих элементов по нагреву и потере напряжения, правильного выбора защитных устройств и компенсирующих установок. Для определения расчетных нагрузок групп приемников необходимо знать установленную мощность всех электроприемников P_y и характер технологического процесса.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Под номинальной (установленной) мощностью P_n электроприемника с длительным режимом работы понимается мощность, указанная в его паспорте [3].

$$P_n = P_n. \quad (1)$$

Поскольку мощность трансформатора задается полной мощностью S_n , то номинальная мощность определяется по формуле:

$$P_n = S_n \cdot \cos\varphi. \quad (2)$$

Для электроприемников с повторно-кратковременным режимом работы ПКР в паспорте обычно указывается мощность при определенной относительной продолжительности включения ПВ. Поэтому в расчет нагрузки вводят номинальную мощность, приведенную к $PВ = 1$.

$$P_n = P_n \cdot \sqrt{PВ}, \quad (3)$$

где $PВ$ – продолжительность включения, относительные единицы.

Для сварочных трансформаторов повторно-кратковременного режима работы номинальная мощность определяется по выражению:

$$P_n = S_n \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (4)$$

где S_n – полная паспортная мощность, кВА;

К трехфазной электрической сети могут быть подключены и однофазные электроприемники. К ним относятся сварочные аппараты, некоторые типы нагревательных печей, пылесосы и так далее.

При определении нагрузок на распределительные пункты, питающие линии и трансформаторные подстанции допускается суммировать однофазные нагрузки с трехфазными, если их общая установленная мощность, не распределяется равномерно по фазам, но не превышает 15 % от установленной мощности трехфазных и однофазных электроприемников.

Порядок приведения однофазных нагрузок к условной трехфазной мощности

Нагрузки распределяются по фазам с наибольшей равномерностью и определяется величина неравномерности (Н)

$$H = \frac{P_{\text{ф. нб.}} - P_{\text{ф. нм.}}}{P_{\text{ф. нм.}}} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где $P_{\text{ф. нб.}}$, $P_{\text{ф. нм.}}$ – мощность наиболее и наименее загруженной фазы, кВт.

При $H > 15 \%$ и включении на фазное напряжение:

$$P_y^{(3)} = 3 P_{\text{м.ф.}}^{(1)}, \quad (6)$$

где $P_y^{(3)}$ — условная приведенная трехфазная мощность, кВт; $P_{\text{м.ф.}}^{(1)}$ – однофазная нагрузка наиболее загруженной фазы, кВт.

При $H > 15 \%$ и включении на линейное напряжение:

- для одного электроприемника:

$$P_y^{(3)} = \sqrt{3} P_{\text{м.ф.}}^{(1)}, \quad (7)$$

- для нескольких электроприемников:

$$P_y^{(3)} = 3 P_{\text{м.ф.}}^{(1)}. \quad (8)$$

При $H \leq 15 \%$ расчет ведется как для трехфазных нагрузок (сумма всех однофазных нагрузок).

Примечание. Расчет электроприемников повторно-кратковременного режима производится после приведения к длительному режиму.

При включении на линейное напряжение нагрузки отдельных фаз однофазных электроприемников определяются как полусуммы двух плеч, прилегающих к данной фазе (рис. 1).

$$P_A = \frac{P_{AC} + P_{AB}}{2}; \quad (9)$$

$$P_B = \frac{P_{AB} + P_{BC}}{2}; \quad (10)$$

$$P_C = \frac{P_{BC} + P_{AC}}{2}. \quad (11)$$

Из полученных результатов выбирается наибольшее значение.

При включении однофазных нагрузок на фазное напряжение нагрузка каждой фазы определяется суммой всех подключенных нагрузок на эту фазу (рис. 2).

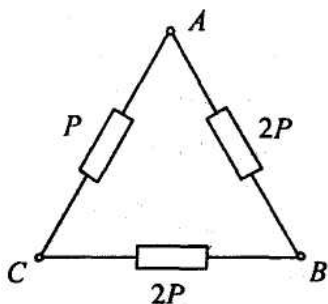


Рис. 1. Схема включения однофазных нагрузок на линейное напряжение

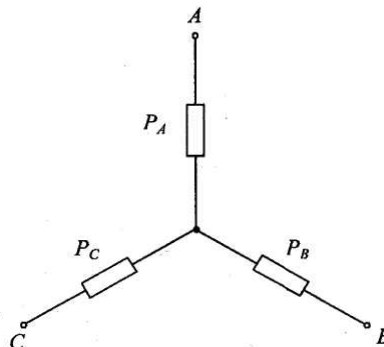


Рис. 2. Схема включения однофазных нагрузок на фазное напряжение

Расчет электрических нагрузок цеха производится методом коэффициента расчетной активной мощности (методом упорядоченных диаграмм или методом коэффициента максимума). Расчетный максимум нагрузки P_M групп электроприемников до 1 кВ, подключенных к силовым распределительным пунктам, щитам станций управления, распределительным шинпроводам определяется по коэффициенту максимума K_M :

$$P_M = K_M \times P_{см}, \quad (12)$$

где K_M – коэффициент максимума активной нагрузки (коэффициент расчетной активной мощности).

Коэффициент максимума является функцией коэффициента использования и эффективного числа приемников $K_M = F(K_{и.ср.}; n_{э})$, определяется по прил. 3 табл. 3.1.

Групповой коэффициент использования можно рассчитать по формуле:

$$K_{и.ср.} = \frac{P_{см. \Sigma}}{P_{н \Sigma}}, \quad (13)$$

где $K_{и.ср.}$ – средний коэффициент использования группы электроприемников; $P_{см. \Sigma}$, $P_{н \Sigma}$ – суммы активных мощностей за смену и номинальных группы электроприемников, кВт.

$P_{см}$ – средняя активная мощность за наиболее нагруженную смену кВт:

$$P_{см.} = K_{и.} \times P_{н.}, \quad (14)$$

где $K_{и.}$ – коэффициент использования электроприемников, определяется на основании опыта эксплуатации по прил. 3 табл. 3.2; $P_{н.}$ – номинальная активная групповая мощность, приведенная к длительному режиму, без учета резервных электроприемников, кВт.

Поскольку силовая нагрузка предприятия или отдельной магистрали состоит из различных по мощности и разнохарактерных по режиму работы

электроприемников (n), то можно заменить различных по режиму и мощности электроприемников эквивалентным числом приемников ($n_{\text{Э}}$), однородных по режиму работы, одинаковой мощности и имеющих тот же расчетный максимум нагрузки. Величина $n_{\text{Э}}$ носит название эффективного или приведенного числа электроприемников.

Эффективное число электроприемников $n_{\text{Э}}$ является функцией:

$$n_{\text{Э}} = F(n, K_{\text{и. ср.}}, P_{\text{н}}, m)$$

(может быть определено по упрощенным вариантам прил. 3 табл. 3.3), где n – фактическое число электроприемников в группе; $K_{\text{и. ср.}}$ – средний коэффициент использования; $P_{\text{н}}$ – номинальная мощность электроприемников, кВт; m – показатель силовой сборки в группе.

$$m = P_{\text{н. нб}} / P_{\text{н. нм}}, \quad (15)$$

где $P_{\text{н. нб}}$, $P_{\text{н. нм}}$ – номинальные приведенные к длительному режиму активные мощности электроприемников наибольшего и наименьшего в группе, кВт.

При числе электроприемников больше пяти и коэффициенте использования меньше 0,2 применяют следующий метод определения эффективного числа электроприемников $n_{\text{Э}}$:

$$n_{\text{Э}} = n_{\text{Э}}^* n, \quad (16)$$

где $n_{\text{Э}}^*$ – относительное число эффективных электроприемников, является функцией $n_{\text{Э}}^* = F(n^*, p^*)$ и определяется прил. 3 по табл. 3.4.

n^* – относительное число наибольших по мощности электроприемников определяется по формуле:

$$n^* = n_1 / n, \quad (17)$$

где n_1 – число электроприемников с единичной мощностью не менее половины наибольшего по мощности электроприемника данной группы $P_{\text{н. нб}}$.

P^* относительная мощность наибольших по мощности электроприемников:

$$P^* = P_{\text{н1}} / P_{\text{н. нб}}, \quad (18)$$

где $P_{\text{н1}}$ суммарная номинальная мощность электроприемников, имеющих мощность не менее половины наибольшего по мощности электроприемника.

Расчетная максимальная реактивная нагрузка находится следующим образом:

$$Q_{\text{м}} = K'_{\text{м}} \times P_{\text{см}}, \quad (19)$$

где $K'_{\text{м}}$ – коэффициент максимума реактивной нагрузки, в соответствии с практикой проектирования принимается: $K'_{\text{м}} = 1,1$ при $n_{\text{Э}} < 10$, $K'_{\text{м}} = 1$ при $n_{\text{Э}} > 10$.

$Q_{\text{см}}$ – средняя реактивная мощность за наиболее нагруженную смену, квар:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (20)$$

где $\text{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности, соответствующий характерному для приемника данной группы средневзвешенному значению коэффициента мощности, определяется по табл. 3.2. прил. 3.

Полная расчетная мощность силовой нагрузки низшего напряжения:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} \quad (21)$$

РАСЧЕТ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В качестве источников электрического света на промышленном предприятии используются газоразрядные лампы и лампы накаливания. Лампы накаливания на предприятиях в основном используются в качестве аварийного освещения. Активная расчетная нагрузка осветительных приемников цеха $P_{o.y.}$ определяется методом удельной мощности.

$$P_{o.y.} = P_{уд.} \cdot S \quad (22)$$

где $P_{уд.} = 9-11$ Вт / м², удельная мощность; S – площадь цеха, м².

Реактивная мощность осветительных установок определяется:

$$Q_{o.y.} = P_{o.y.} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{o.y.} \quad (23)$$

$\operatorname{tg}\varphi = 0.33$ – для газоразрядных ламп; $\operatorname{tg}\varphi = 0$ – для ламп накаливания.

Выбор распределительных устройств

- Определяется тип распределительного устройства: РП – распределительный пункт; ЩО – щит освещения; ШМА – магистральный шинопровод; ШРА – шинопровод распределительный.

- Рассчитывается максимальный расчетный ток распределительного устройства:

$$I_{py} = \frac{S_{M,py}}{\sqrt{3} V_{n,py}},$$

где $S_{M,py}$ – максимальная расчетная мощность РУ, кВА; $V_{n,py}$ – номинальное напряжение РУ, кВ. Принимается $V_{n,py} = 0,38$ кВ.

- По прил. 4 выбираются технические данные распределительных пунктов РП. Если необходимо сформировать составной РП, то пользуются прил. 5.

- Шинопроводы выбираются по прил. 6.

Расчетные данные помещаются в табл. 2.

Таблица 2

Сводная ведомость нагрузок по цеху

Наименование и РУ электроприемников	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену						Нагрузка максимальная			
	P_{Σ} , кВт	n	P_{Σ} , кВт	K_{Σ}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	m	P_{Σ} , кВт	Q_{Σ} , квар	S_{Σ} , кВА	n_3	K_{Σ}	K_{Σ}^*	P_{Σ} , кВт	Q_{Σ} , квар	S_{Σ} , кВА	I_{Σ} , А

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ТРАНСФОРМАТОРЕ

Приближенно потеря мощности в трансформаторе учитываются в соответствии с соотношениями [9]:

- потери активной мощности в трансформаторе составляют примерно 2 % от полной мощности:

$$\Delta P = 0,02 \cdot S_M; \quad (24)$$

- потери реактивной мощности в трансформаторе составляют около 10 %:

$$\Delta Q = 0,1 \cdot S_M; \quad (25)$$

- полные потери мощности в трансформаторе составят:

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P^2_T + \Delta Q^2_T}; \quad (26)$$

- полная расчетная мощность на стороне высокого напряжения:

$$S_{M. \text{ вн.}} = S_{\text{нн.}} + \Delta S; \quad (27)$$

Определяется расчетная мощность трансформатора с учетом потерь:

$$S_{\text{ном. т}} \geq 0,7 \cdot S_{M. \text{ вн.}} \quad (28)$$

По шкале стандартных мощностей трансформатора выбирается мощность трансформатора, технические данные трансформатора выписываются из прил. 7.

При установке двух трансформаторов, выбранную мощность необходимо проверить в аварийном режиме по условию:

$$1,4 \cdot S_{\text{ном. т}} \geq S_{M. \text{ вн.}} \quad (29)$$

2.5. ВЫБОР КОМПЕНСИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Согласно заданию на РГР необходимо провести централизованную компенсацию на стороне вторичного напряжения трансформаторной подстанции. Это предусматривает присоединение конденсаторной батареи к шинам подстанции, что приводит к разгрузке от реактивной мощности только трансформаторов подстанции и питающей ее линии. При этом сети вторичного напряжения не разгружаются от реактивной мощности. Для выбора компенсирующего устройства (КУ) необходимо знать: напряжение, расчетную реактивную мощность $Q_{\text{кр}}$; тип компенсирующего устройства.

Расчетную реактивную мощность КУ можно определить из соотношения:

$$Q_{\text{к.р.}} = \alpha \cdot P_M \cdot (\text{tg}\varphi - \text{tg}\varphi_{\text{к}}), \quad (30)$$

где $Q_{\text{к.р.}}$ – расчетная мощность компенсирующего устройства, квар; α – коэффициент, учитывающий повышение коэффициента мощности $\cos\varphi$ естественным способом, принимается $\alpha = 0,9$; $\text{tg}\varphi$, $\text{tg}\varphi_{\text{к}}$ – коэффициенты реактивной мощности до и после компенсации.

Компенсацию реактивной мощности по опыту эксплуатации производят до получения значения $\cos\varphi_{\text{к}} = 0,92-0,95$. Задавшись $\cos\varphi_{\text{к}}$ из этого промежутка, определяют $\text{tg}\varphi_{\text{к}}$. Значения P_M , $\text{tg}\varphi$ выбираются по результату расчета нагрузок из «Сводной ведомости нагрузок» табл. 2. Задавшись типом КУ, зная $Q_{\text{к.р.}}$ и напряжение, выбирают стандартную компенсирующую установку, близкую по мощности (прил. 8).

Применяются комплектные конденсаторные установки (ККУ) или конденсаторы, предназначенные для этой цели.

Фактический коэффициент реактивной мощности составит:

$$\text{tg}\varphi_{\text{ф}} = \text{tg}\varphi - Q_{\text{к.ст.}} / \alpha \cdot P_M, \quad (31)$$

где $Q_{к.ст.}$ – стандартное значение мощности выбранного компенсирующего устройства КУ, квар.

По фактическому коэффициенту реактивной мощности $tg\varphi_{ф}$ определяется фактический коэффициент мощности $cos\varphi_{ф}$:

$$cos\varphi_{ф} = cos\varphi(arctg\varphi_{ф}). \quad (32)$$

Структура условного обозначения компенсирующих устройств представлена на рис. 3.



Рис. 3. Структура условного обозначения компенсирующего устройства

В комплектных конденсаторных установках применяют конденсаторы из бумаги, пропитанные маслом (типа КМ) или соволом (типа КС). Конденсаторы напряжением до 1000 В изготавливают мощностью 4,5–50 квар. Номинальная мощность косинусных конденсаторов напряжением 380 В представлена в прил. 8 табл. 8.1. Комплектные конденсаторные установки ККУ мощностью до 100 квар выполняют в виде одного комбинированного шкафа, в верхней части которого устанавливается автомат, а в нижней части размещаются конденсаторы первого или второго габарита. ККУ мощностью выше 100 квар комплектуются из отдельного шкафа ввода и нескольких шкафов с конденсаторами. В шкафу ввода размещается вся вспомогательная аппаратура: предохранители с контакторами или автоматами, трансформаторы тока, разрядные сопротивления, измерительные устройства автоматического регулирования. Номинальные данные конденсаторных установок напряжением 380 В представлены в прил. 8. табл. 8.2.

2.6. РАСЧЕТ И ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

При эксплуатации электросетей длительные перегрузки проводов и кабелей, короткие замыкания вызывают повышение температуры токопроводящих жил больше допустимой. Это приводит к преждевременному износу их изоляции, следствием чего может быть пожар, взрыв во взрывоопасных помещениях, поражение персонала. Для предотвращения этого линия электроснабжения имеет аппарат защиты, отключающий поврежденный участок.

К аппаратам защиты относятся плавкие предохранители, автоматические выключатели и тепловые реле. Варианты присоединения линий электроснабжения к шинам цеховых сетей представлены в прил. 9. Наиболее современными являются автоматы серии ВА и АЕ, предохранители серии ПР и ПН, тепловые реле серии РТЛ, встраиваемые в магнитные пускатели.

Автоматические выключатели являются наиболее совершенными аппаратами защиты, надежными, срабатывающими при перегрузках и коротких замыканиях в защищаемой линии. Чувствительными элементами автоматов являются расцепители: тепловые ТР, электромагнитные ЭМР и полупроводниковые ППР. Тепловые расцепители срабатывают при перегрузках, электромагнитные – при коротком замыкании, полупроводниковые – как при перегрузках, так и при коротких замыканиях.

Защита от коротких замыканий выполняется для всех силовых электроприемников. Для электродвигателей, работающих в повторно-кратковременном режиме, защита от перегрузок не выполняется. Силовые электроприемники, устанавливаемые во взрывоопасных помещениях, защищаются от перегрузок во всех случаях. Общие сведения об автоматических выключателях серии ВА представлены в прил. 10. Защитные аппараты должны выбираться так, чтобы номинальный ток каждого защитного аппарата был не менее максимального расчетного тока электроприемника.

$$I_{н.заш.} \geq I_p. \quad (33)$$

Кроме этого должна быть обеспечена селективность защиты.

Расчетные зависимости для выбора аппаратов защиты в силовых сетях низкого напряжения и кратности допустимых токов защитных аппаратов представлены в прил. 11.

Выбор автоматических выключателей

Для выбора автомата [9] нужно знать ток в линии, где он установлен, тип автомата и число фаз. При защите сетей *автоматами* необходимо выбрать их ток уставки $I_{н.р.}$. Автоматы выбираются согласно условиям:

$$I_{н.а.} > I_{н.р.}, \quad (34)$$

где $I_{н.а.}$ – номинальный ток автомата, А; $I_{н.р.}$ – номинальный ток расцепителя, А.

$$V_{н.а.} > V_{сети}, \quad (35)$$

где $V_{н.а.}$ – номинальное напряжение автомата, В; $V_{сети}$ – напряжение сети.

- для линии без электродвигателя:

$$I_{н.р.} > I_{дл.}, \quad (36)$$

где $I_{дл.}$ – длительный ток в линии, А;

- для линии с одним электродвигателем:

$$I_{н.р.} > 1,25 I_{дл.}; \quad (37)$$

- для групповой линии с несколькими электродвигателями:

$$I_{н.р.} > 1,1 I_m, \quad (38)$$

где I_m – максимальный ток в линии, А;

K_o – кратность отсечки определяется по формуле:

$$K_o > I_o / I_{н.р.} \quad (39)$$

где I_o — ток отсечки, А;

- для линии без электродвигателя: $I_o > I_{дл.}$;
- для линии с одним электродвигателем:

$$I_o > 1,2 I_p; \quad (40)$$

где I_p — пусковой ток А;

- для групповой линии с несколькими электродвигателями:

$$I_o > 1,2 I_{пик.}, \quad (41)$$

где $I_{пик.}$ – пиковый ток, А.

Это наибольший ток, возникающий в линии, длительностью 1–2 с:

- в группе до 5 электродвигателей включительно:

$$I_{пик.} = I_{п. нб.} + I_m - I_{н. нб.}; \quad (42)$$

- в группе более 5 электродвигателей:

$$I_{пик.} = I_{пуск. нб.} + I_{м.гр} - I_{н.нб} K_{и}, \quad (43)$$

где $I_{п. нб.}$ – пусковой ток наибольшего по мощности электродвигателя, А;
 I_m – максимальный ток на группу А; $I_{н. нб.}$ – номинальный ток наибольшего в группе электродвигателя, А.

При выборе аппаратов защиты в линии с компенсирующими установками КУ должно выполняться условие:

$$I_o \geq 1,3 \frac{Q_{ку}}{\sqrt{3}U_{л}}, \quad (44)$$

Зная тип, номинальный ток автомата и число полюсов автомата, выписываются все каталожные данные автомата прил. 10. табл. 10.1.

- Тепловые реле выбираются согласно условию:

$$I_{т.р.} > 1,25 I_{н.д.}, \quad (45)$$

где $I_{т.р.}$ – ток теплового реле, номинальный, А; $I_{н.д.}$ – номинальный ток двигателя, А.

Зная тип, номинальный ток автомата и число полюсов автомата, выписываются все каталожные данные автомата прил. 10. табл. 10.1.

- Тепловые реле выбираются согласно условию:

$$I_{т.р.} > 1,25 I_{н.д.}, \quad (45)$$

где $I_{т.р.}$ – ток теплового реле, номинальный, А. $I_{н.д.}$ – номинальный ток двигателя, А.

Расчетные зависимости для выбор аппаратов защиты в силовых сетях низкого напряжения и кратности допустимых токов защитных аппарата представлены в прил. 11.

ВЫБОР ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

1. Выбирают плавкую вставку предохранителя:

- для линии без электрического двигателя;

$$I_{вс} \geq I_p, \quad (46)$$

где $I_{вс}$ – ток плавкой вставки, А; I_p – расчетный ток линии, А.

Это условие означает, что предохранитель не должен перегореть при нормальном режиме работы сети:

- для линии к сварочному трансформатору:

$$I_{вс} \geq 1,2 I_{св} \sqrt{PB}, \quad (47)$$

где $I_{св}$ – ток сварочного аппарата, А;

• при выборе аппаратов защиты в линии с компенсирующими установками КУ должно выполняться условие:

$$I_{вс} \geq 1,6 \frac{Q_{ку}}{\sqrt{3} U_n}, \quad (48)$$

где $Q_{ку}$ – мощность конденсаторной установки, квар.

- для линий к распределительному устройству:

$$I_{вс} \geq (I_p + I_{дл}) / 2, 5, \quad (49)$$

где I_p – пусковой ток двигателя, определяется из соотношений:

$$I_p = K_p I_{д}, \quad (50)$$

где K_p – кратность пускового тока; для асинхронного двигателя $K_p = 6-7,5$, для синхронного двигателя и машин постоянного тока $K_p = 2-3$; $I_{д}$ – номинальный ток электродвигателя А.

Определяют величину тока плавкой вставки предохранителя, защищающего линию электроснабжения двигателей, которая не должна перегорать во время их пуска.

$$I_{вс} \geq I_p / \beta, \quad (51)$$

где β – коэффициент кратковременной перегрузки плавкой вставки предохранителя: для двигателя, пускаемого без нагрузки он равен 2,5; для двигателей с тяжелыми условиями пуска – 1,6 (например, крановых) и для линий к сварочным трансформаторам.

2. Предохранитель выбирают со стандартной плавкой вставкой по условию:

$$I_{нп} \geq I_{вс}, \quad (52)$$

где $I_{нп}$ – номинальный ток предохранителя, А.

Данные предохранителей представлены в прил. 11 табл. 11.3.

3. Проверяют соответствие тока плавкой вставки условию защиты линии данного сечения от токов короткого замыкания

$$I_{вс} < 3 I_{дл},$$

где $I_{дл}$ – длительно допустимый ток для данного сечения провода (кабеля). Если это условие не выполняется, то выбирают следующее стандартное сечение провода (кабеля) по прил. 12.

2.7. ВЫБОР МАРКИ И СЕЧЕНИЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В цеховых электрических сетях применяют для прокладки провода марок: АПВ, АПРВ, АТПРВ – непосредственно по несгораемым поверх-

ностям; АПР – на роликах и изоляторах; АПВ, АПРТО, АПРВ, АПР – в пластмассовых трубах и в стальных трубах и металлорукавах; АПВ, АПР, АПРВ – в коробах и на лотках. Тросовые прокладки выполняют проводами АРТ.

Кабели в неметаллической (П – полиэтиленовой, В – поливинилхлоридной) и металлической (А – алюминиевой, С – свинцовой) оболочках применяются в наружных установках и помещениях всех видов и прокладываются по поверхности стен, потолков, на лотках, в коробах, на тросах. Кабели в неметаллической оболочке применяются в помещениях всех видов в гибких металлических рукавах, в стальных трубах (за исключением сырых помещений) и в неметаллических трубах и коробах, в замкнутых каналах строительных конструкций. Выбор сечений проводов, кабелей и шин производится по наибольшему длительно допустимому току нагрузки по условиям нагрева и проверяется на соответствие выбранному аппарату защиты и по потере напряжения. Сечения электрических линий электропитания цеха рассчитывают в определенной последовательности:

1. Составляют схему электроснабжения цеха и по ней вычисляют длину электрической линии;

2. Выбирают тип линии (кабель, провод, шинопровод), материал токоведущих жил проводов или кабелей, вид изоляции и брони, тип прокладки;

3. Вычисляют расчетный ток линии по формулам:

• сразу после трансформатора:

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} V_{н.Т}}, \quad (53)$$

где S_T номинальная мощность трансформатора, кВА; $V_{н.Т}$ – номинальное напряжение трансформатора, кВ.

Принимается $V_{н.Т} = 0,4$ кВ

• линия к распределительному устройству РУ (распределительному пункту, шинопроводу),

$$I_{ру} = \frac{S_{м.ру}}{\sqrt{3} V_{н.ру}}, \quad (54)$$

где $S_{м.ру}$ – максимальная расчетная мощность РУ, кВА; $V_{н.ру}$ – номинальное напряжение РУ, кВ.

Принимается $V_{н.ру} = 0,38$ кВ.

• линия к электродвигателю переменного тока:

$$I_d = \frac{P_d}{\sqrt{3} V_{н.д} \eta_d \cos \varphi_d}, \quad (55)$$

где P_d – мощность электродвигателя переменного тока, кВт; $V_{н.д}$ – номинальное напряжение РУ, кВ; η_d – коэффициент полезного действия двигателя, относительные единицы.

Примечание. Если электродвигатель повторно-кратковременного режима, то

$$P_d = P_n \cdot \sqrt{ПВ}; \quad (56)$$

- линия к сварочному трансформатору:

$$I_{св} = \frac{S_{св} \sqrt{ПВ}}{\sqrt{3} V_n}, \quad (57)$$

где $S_{св}$ – полная мощность сварочного трехфазного трансформатора кВ; ПВ – продолжительность включения, относительные единицы.

4. По величине расчетного тока определяют сечение проводов или жил кабеля по таблицам, приведенным в ПУЭ или прил. 12 табл. 12.2–12.3. Сечение проводов и жил кабеля выбирают так, чтобы выполнялось условие:

$$I_{доп} \geq I_p / k_{пр}, \quad (58)$$

где $k_{пр}$ – поправочный коэффициент на условия прокладки проводов и кабелей. Таблицы поправок приведены в ПУЭ.

5. Выбранное сечение проводов необходимо согласовать с коммутационными возможностями аппаратов защиты.

$$I_{доп} > K_{зщ} \cdot I_{зщ}, \quad (59)$$

где $K_{зщ}$ – коэффициент кратности допустимых токов защитных аппаратов. Данные представлены в прил. 11 табл. 11.1.

Если это неравенство для выбранного сечения не соблюдается, то берут следующее стандартное сечение кабеля (провода).

2.8. ПРОВЕРКА ПО ПОТЕРЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Правильность выбора сечения проводов проверяют по условию допускаемой потере напряжения.

Поскольку на зажимах электродвигателей разрешается отклонение напряжения в пределах (-5)–(+10) % от $V_{ном.}$, то в подводящих проводах или жилах кабелей допускается потеря напряжения:

$$\Delta V < 10 \% V_{ном.} \quad (60)$$

Проверка производится для характерной линии электроснабжения. Обычно это линия с наиболее мощным электродвигателем или наиболее удаленным потребителем. Характерной линией является та, у которой K_n ; I_n ; L – наибольшая величина, где K_n – кратность пускового тока (для линии с электродвигателем) или тока перегрузки (для линии без электродвигателя); I_n – номинальный ток потребителя, А; L – расстояние от начала линии до потребителя, м. Для выполнения проверки составляется расчетная схема. В зависимости от способа задания нагрузки применяется один из трех вариантов:

- а) по токам участков

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^2}{V_n} iL (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi), \quad (61)$$

где ΔV – потеря напряжения %; $V_{н.}$ – номинальное напряжение В; i – ток участка, А; L – длина участка, км; γ_0, x_0 – удельные активное и индуктивное сопротивления, Ом/км.

Данную формулу следует применить для всех участков с различным сечением, а затем сложить результаты. Если соотношение (58) не выполняются, то необходимо выбрать ближайшее сечение проводов или жил кабеля и повторить расчет.

Заполнить сводную ведомость оборудования, представленную в прил. 12 табл. 12.1.

2.9. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

Код схемы определяется ее видом и типом (буква и цифра). Виды схем определяются в зависимости от элементов и связей, входящих в нее, и обозначаются буквами русского алфавита. Различают 10 видов схем:

Э – электрическая	В – вакуумная
Г – гидравлическая	Л – оптическая
П – пневматическая	Р – энергетическая
Х – газовая	Е – деления на составные части
К – кинематическая	С – комбинированная

Типы схем определяются их назначением и обозначаются арабскими цифрами. Различают 8 типов схем:

1 – структурная	5 – подключений
2 – функциональная	6 – общая
3 – принципиальная (полная)	7 – расположения
4 – соединений (монтажная)	0 – объединенная

Например

Э 3 – схема электрическая принципиальная.

Э 7 – схема электрическая расположения.

Толщина линий согласно ГОСТ выбирается в пределах от 0,2 до 1 мм и выдерживается во всем комплекте чертежей.

Графические обозначения элементов и линий взаимосвязи выполняются линиями одинаковой толщины. Допускается утолщение линий при необходимости выделить отдельные электрические цепи, например силовые цепи. На одной схеме рекомендуется применять не более трех типовых размеров линий по толщине. Условные графические обозначения в схемах электроснабжения представлены в прил. 14.

РАЗМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПЛАНЕ

Производственные здания возводятся одно- и многоэтажными. В одноэтажных зданиях организуется производство крупных, тяжелых деталей. Ширину пролета принимают равную 6, 12, 18, 24, 36 м, а шаг колонн $t = 12$ м. В многоэтажных зданиях принимают равную 4,6 м или 8 м, а $t = 6$ м. Наиболее распространенная ширина помещения равную 18 и 24 м.

При планировке предварительно на листе миллиметровой бумаги наносят сетку колонн в масштабе 1: 100, реже 1: 50 или 1: 200. Контуры оборудования (темплеты) вырезают из картона или плотной бумаги в том же масштабе, что и план. Например: место рабочего у станка обозначают кружком в соответственном масштабе ($d = 500$ мм), половина которого затушевывается (рис. 4). Светлая часть кружка – лицо рабочего обращено к станку. Темплетная планировка позволяет наглядно представить занятую и свободную площади и расстояние между оборудованием. Около каждого станка предусматривается площадка (стеллаж) для складирования и хранения заготовок (деталей).

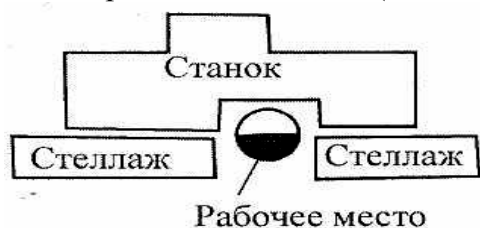


Рис. 4. Темплетная планировка рабочего места

Темплеты станков располагаются в короткую технологическую линию, чтобы изделия транспортировались по кратчайшему пути. При размещении темплетов учитывается расположение строительных колонн, элементов зданий, пу-

тей транспортировки, проходов и т. п. Кроме того, учитывается возможность использования подъемно-транспортных механизмов, перспектива развития. Наиболее удобно размещать станки вдоль пролета, а поперечное расположение применяют для лучшего использования площадей.

Под углом располагают станки револьверные (работа с прутками), протяжные, продольно-строгальные и т. п. Рабочее место – со стороны прохода. У наружных стен (там больше уровень естественного освещения) располагают рабочие места слесарей-лекальщиков, резьбошлифовальные станки и т. п. Транспортировка изделий возможна следующими способами: наземными электрическими тележками, автокарами с подъемными платформами, передвижными подъемными кранами. Их грузоподъемность 0,73; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 т; скорость хода 6–15 км/час; электроталью с монорельсом, грузоподъемностью от 0, 25 до 5 т; конвейерами с шириной ленты от 200 до 600 мм и скоростью перемещения от 6 до 30 м/мин; мостовыми кранами для тяжелых изделий грузоподъемностью 5; 10; 15; 20 т; кран-балками (стрелами) с ручными и электрическими таями грузоподъемностью от 1,0 до 3,0 т; вылет стрелы – для обслуживания двух соседних станков манипуляторами (промышленными роботами). Примерный вариант однолинейной схемы электроснабжения промышленного предприятия представлен на рис. 5.

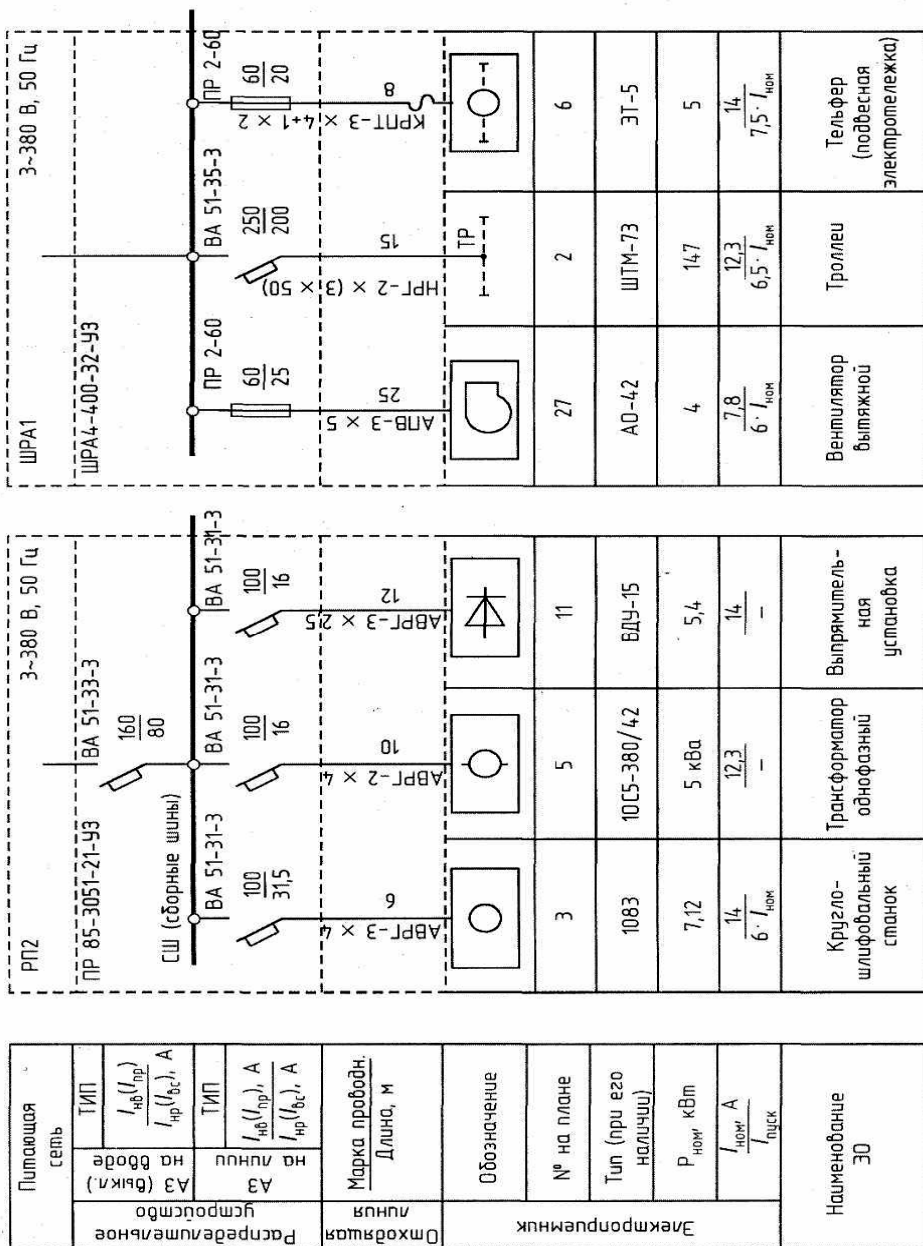


Рис. 5. Пример выполнения однолинейной схемы электроснабжения промышленного предприятия

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данном разделе приводится пример оформления РГР и порядок расчета на примере механического цеха завода тяжелого машиностроения. В прил. 15 содержится образец титульного листа, в прил. 16 – образец содержания.

Цель РГР – в достаточной мере ознакомиться с системой электропитания, конструкцией распределительных устройств силового и защитного электрооборудования. Научиться рассчитывать суммарную активную, реактивную и полную мощность электроприемников. Обеспечить организационно-технические мероприятия по снижению потребляемой реактивной энергии, произвести расчет мощности и выбор компенсирующих устройств. Произвести выбор силового трансформатора, составить схему электропитания цеха с учетом его категории по бесперебойности электропитания

ЗАДАНИЕ НА РГР

Исходными данными для проектирования системы электропитания механического цеха завода тяжелого машиностроения является план цеха и ведомость нагрузок, представленная в табл. 3

Таблица 3

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

№ на лане	Наименование электроприемников	$P_{\text{уст}}$, кВт	n, шт
	Трехфазный, длительного режима		
6–10	Компрессорная установка	28	5
11–12	Станок карусельный	40	2
24–29	Печь сопротивления	35	6
13–15	Транспортер роликовый	10	3
	Трехфазный повторно-кратковременного режима		
16–23	Тельфер транспортный ПВ = 60 %	10	3
	Однофазный повторно-кратковременного режима		
1–5	Трансформатор сварочный, ПВ = 40 %	28 кВА	5
	Осветительная установка		
	Газоразрядные лампы	9–11 Вт/м ²	

ТРЕБУЕТСЯ

1. Разработать схему электропитания механического цеха.
2. Рассчитать нагрузки методом коэффициента максимума.
3. Выбрать силовой трансформатор напряжением 10 / 0,4 кВ.

4. Выбрать компенсирующие устройства.
5. Выбрать аппараты защиты и распределительные устройства.
6. Выбрать сечение электрических линий электроснабжения.
7. Проверить правильность выбора сечения проводов по потере напряжения.

На листе 1 графической части изобразить план цеха с электрическими сетями.

На листе 2 графической части изобразить однолинейную схему электроснабжения цеха.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время промышленные предприятия потребляют значительное количество электроэнергии. Внедрение новых энергоемких технологических процессов и повышение общего технологического уровня производства вызывает необходимость значительного повышения уровня надежности электрооборудования и экономического использования электроэнергии.

3.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Механический цех предназначен для серийного выпуска продукции завода тяжелого машиностроения. Цех имеет статочное отделение, производственные, вспомогательные, бытовые и служебные помещения. Размеры цеха 15×25×8 м. Каркас здания цеха смонтирован из блоков секций длиной 5 м каждый. Электроснабжение завода осуществляется от главной понизительной подстанции ГПП напряжением 10кВ, расположенной на территории завода на расстоянии 1,2 км от цеха. По категориям надежности электроснабжения потребители цеха относятся к I и II категориям. В цехе имеются следующие виды электроприемников [4].

Общепромышленные установки: компрессорная установка. Двигатели компрессоров – трехфазные асинхронные с короткозамкнутым ротором, работают в длительном режиме, не требуют регулирования частоты вращения. Мощность двигателя – 28 кВт, напряжение статорной обмотки – 380 В. Питание двигателей производится переменным током промышленной частоты 50 Гц. Перерыв в электроснабжении недопустим, т. к. может повлечь за собой опасность для жизни людей и серьезное нарушение технологического процесса. Прекращение подачи сжатого воздуха на режущий инструмент может вызвать ранение обслуживающего персонала. Этот потребитель относится к I категории электроснабжения. Компрессорная установка создает равномерную и симметричную по всем

трем фазам нагрузку. Коэффициент мощности $\cos\varphi = 0,8$. Коэффициент использования равен $K_{и} = 0,5$.

Транспортировка и подъем грузов осуществляется подъемно-транспортными механизмами: транспортером роликовым и тельфером транспортным. Транспортер работает в длительном режиме. В качестве приводных асинхронных электродвигателей используют электродвигатели общего назначения $\cos\varphi = 0,7$; $K_{и} = 0,5$; $P_{ном.} = 10$ кВт. Тельфер работает в повторно-кратковременном режиме. Для него характерны частые толчки нагрузки. $K_{и} = 0,1$. Коэффициент мощности изменяется в значительных пределах $0,3-0,8$. Принимаем средний $\cos\varphi = 0,5$; $P_{ном.} = 5$ кВт. По бесперебойности питания эти установки относятся: транспортер к I категории, тельфер ко II категории надежности электроснабжения. Питаются переменным током частотой 50 Гц, напряжением 380 В. Эта нагрузка считается симметричной по всем трем фазам.

Электродвигатели производственных механизмов для электропривода карусельных станков. Мощность двигателей составляет 40 кВт. Напряжение сети 380 В. Ток переменный частотой 50 Гц, коэффициент мощности $\cos\varphi = 0,5$; $K_{и} = 0,14$. По надежности электроснабжения станки относятся ко II категории.

Электротермические установки: печи сопротивления косвенного нагрева питаются от сети напряжением 380 В переменным током промышленной частоты. Печи являются трехфазной нагрузкой, мощностью 35 кВт, $\cos\varphi = 0,95$, $K_{и} = 0,8$. В отношении бесперебойности электроснабжения печи сопротивления относятся к приемникам электроэнергии II категории надежности.

Электросварочные установки: трансформатор сварочный работает на переменном токе промышленной частоты, с напряжением 380 В. Он является однофазной нагрузкой с повторно-кратковременным режимом работы, неравномерной нагрузкой фаз с $\cos\varphi = 0,4$; относятся к приемникам электрической энергии II категории надежности электроснабжения.

Электрические осветительные установки представляют собой однофазную нагрузку, но при правильной группировке осветительных приборов можно достичь равномерной нагрузки по фазам. Характер нагрузки равномерный, без толчков $\cos\varphi$ для газоразрядных ламп 0,95. Напряжение питания 220 В. По надежности электроснабжения осветительные установки относятся ко II категории.

3.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОМЕЩЕНИЙ

По условиям окружающей среды производственные помещения делятся на три группы: нормальные помещения, опасные по коррозии и взрыво- и пожароопасные помещения.

Согласно прил. 1 заполним табл. 4 по условиям окружающей среды помещения предприятия относятся к нормальным, поэтому в качестве приводных асинхронных электродвигателей приняты электродвигатели общего применения единой серии 4А со степенью защиты IP44.

Таблица 4

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Наименование помещений	Категории			Условия окружающей среды
	Взрывоопасности	Пожароопасности	Электробезопасности	
Вентиляционная	В-Па	П-Па	ПО	Нормальные
Станочное отделение	Д	Д	БПО	Нормальные
Сварочное отделение	Г	Г	БПО	Нормальные
Бытовка	Д	Д	БПО	Нормальные
Административная комната	Д	Д	БПО	Нормальные
Склад	Д	П-ПА	БПО	Нормальные
Комната отдыха	Д	Д	БПО	Нормальные
Инструментальная	Д	Д	БПО	Нормальные

3.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ НАДЕЖНОСТИ

В цехе имеются электроприемники I и II категории надежности [5] (в пояснительной записке дать определение этим категориям). Поэтому необходимо иметь не менее двух источников питания. Выбираем два трансформатора для питания силовой и осветительной нагрузки. Коэффициенты использования $K_{\text{и}}$ и коэффициенты мощности $\cos\varphi$, $\operatorname{tg}\varphi$ берутся из прил. 3 табл. 3.2. Технические данные электроприемников вносятся в табл. 5.

Таблица 5

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

№ на плане	Наименование электроприемников	$P_{\text{н}}$, кВт	n , шт	$K_{\text{и}}$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Категория надежности
трехфазные длительного режима							
6–10	Компрессорная установка	28	5	0,65	0,8	0,75	1
11, 12	Станок карусельный	40	2	0,14	0,5	1,73	2
24–29	Печь сопротивления	35	6	0,8	0,95	0,33	2
13, 14, 15	Транспортер роликовый	10	3	0,55	0,75	0,88	1
трехфазный повторно-кратковременного режима							
16–23	Тельфер транспортный ПВ = 60 %	5	8	0,3	0,5	1,73	2
однофазный повторно-кратковременного режима							
1–5	Трансформаторсварочный, ПВ = 40%	28 кВА	5	0,2	0,4	2,29	2
осветительная установка							
	Газоразрядные лампы	9–11 Вт/м ²		0,85	0,95	0,33	2

3.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ НАГРУЗОК

Электроприемники разбиваются на группы: трехфазного длительного режима ДР, трехфазного повторно-кратковременного ПКР, однофазного повторно-кратковременного ПКР, ОУ – осветительная установка. Выбираются виды распределительных устройств (РУ): ШМА – магистральный шинопровод, РП – распределительный пункт, ЩО – щит освещения. Исходя из понятия первой категории надежности электроснабжения, составляется схема электроснабжения с учетом распределения нагрузки представлена на рис. 6.

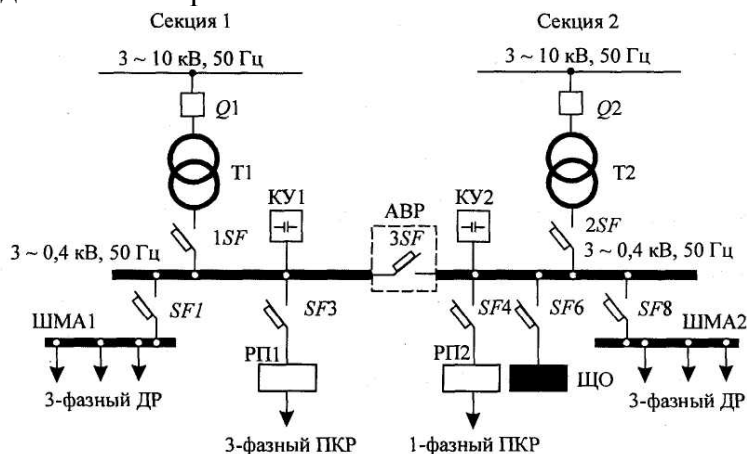


Рис. 6. Схема электроснабжение цеха (смешанная)

Выбирается двухтрансформаторная цеховая подстанция, а между секциями низкого напряжения устанавливается устройство АВР (автоматическое включение резерва). Поскольку трансформаторы должны быть одинаковые, нагрузка распределяется по секциям примерно одинаково, а поэтому принимаются следующие распределительные устройства: распределительный пункт РП1 для питания электроприемников трехфазного повторно-кратковременного режима работы, щит освещения ЩО – для питания осветительной нагрузки, РП2 для питания приемников однофазного повторно-кратковременного режима (ПКР), магистральные шинопровода ШМА1 и ШМА2 для питания приемников трехфазного длительного режима работы ДР. Такой выбор позволит уравнять нагрузки по секциям и сформировать схему электроснабжения (см. рис. 6).

Пример распределения нагрузки по секциям приводится в табл. 6.

Таблица 6

РАСПРЕДЕЛЯЕТСЯ НАГРУЗКА ПО СЕКЦИЯМ

Секция 1	Нагрузка приведенная, Вт		Секция 2
РП1			РП2
Тельфер 3,9×8	31,2	42,6	42,6 Трансформатор сварочный
			ЩО
	–	3,5	3,5
ШМА1			ШМА2
Компрессорная установка 28×3	84	56	28×2 Компрессорная установка
Станок карусельный 40×1	40	40	40×1 Станок карусельный
Печь сопротивления 35×3	105	105	35×3 Печь сопротивления

Транспортер 10×1	10	20	10×2 Транспортер
ИТОГО	270,2	267,1	ИТОГО

При расчете нагрузок методом расчетной активной мощности удобно пользоваться табл. 7 «Сводная ведомость нагрузок по цеху». Заполнение отдельных строк и колонок табл. 7 производится следующим образом:

1. Определяется номинальная мощность электроприемников, приведенная к длительному режиму работы. Данные расчетов заносятся в колонку 2. Суммарная номинальная мощность, приведенная к длительному режиму и к условной мощности, записывается в колонку 4:

Пример. Компрессорная установка – электроприемник, работающий в длительном режиме работы.

$P_n = 28$ кВт; $n = 3$ шт; $P_n = P_n = 28$ кВт; $P_{n\Sigma} = 28 \times 3 = 84$ кВт.

Тельфер – $P_n = 5$ кВт; ПВ = 60 %; $n = 9$ шт.

Номинальная мощность, приведенная к длительному режиму работы составит: $P_n = P_n \times \sqrt{ПВ} = 5 \times \sqrt{0,6} = 3,9$ кВт; $P_{n\Sigma} = 3,9 \times 9 = 31,2$ кВт.

Трансформатор сварочный: представляет однофазную нагрузку повторно-кратковременного режима, включенную на линейное напряжение.

$S_n = 28$ кВА; ПВ = 40 %; $n = 5$ шт.

Эту нагрузку необходимо привести к длительному режиму и к условной трехфазной мощности. Сначала определяется номинальная мощность, приведенная к длительному режиму работы: $P_n = S_n \times \cos\varphi \times \sqrt{ПВ} = 28 \times 0,4 \times \sqrt{0,4} = 7,1$ кВт.

Однофазная нагрузка приводит к условной трехфазной мощности. Сначала определяется наиболее загруженная фаза (рис. 7):

$P_b = P_{ф.нб} = (2P_n + 2P_n) / 2 = 2P_n = 2 \times 7,1 = 14,2$ кВт;

$P_a = P_c = P_{ф.нм} = (P_n + 2P_n) / 2 = 1,5 P_n = 1,5 \times 7,1 = 10,7$ кВт.

Неравномерность загрузки фаз составит:

$$H = \frac{P_{ф.нб} - P_{ф.нм}}{P_{ф.нм}} \cdot 10^2 = \frac{14,2 - 10,7}{10,7} \cdot 10^2 = 33\% > 15\%, \text{ тогда:}$$

$P_y = 3P_{ф.нб} = 3 \cdot 14,2 = 42,6$ кВт ; $P_y = P_{n\Sigma} = 42,6$ кВт.

Осветительная нагрузка определяется методом удельной мощности:

$$P_{n\Sigma} = P_{уд} \cdot S = 9 \cdot 375 \cdot 10^{-3} = 3,5 \text{ кВт,}$$

где $P_{уд}$ – удельная мощность освещения, Вт / м²; S – площадь цеха, м²;

2. Данные для колонок 5, 6, 7 для отдельных электроприемников берутся из табл. 12 или прил. 2 табл. 2.2. Для приемников, питающихся от ШМА1, ШМА2, определяются средний коэффициент использования $K_{ср-из}$, средний коэффициент мощности $\cos\varphi_{ср}$ и средний коэффициент ре-

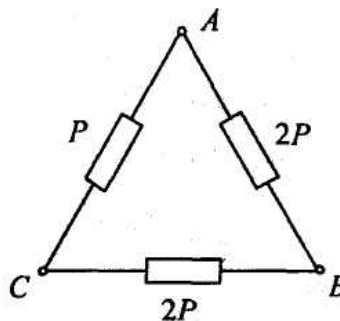


Рис. 7. Распределение однофазной нагрузки по фазам

активной мощности $\text{tg}\varphi_{\text{ср.}}$, а результаты расчетов заносятся в колонки 5, 6, 7 соответственно.

Таблица 7

Наименование и РУ электроприемников	СВОДНАЯ ВЕДОМОСТЬ НАГРУЗОК ПО ЦЕХУ																
	Нагрузка установленная						Нагрузка средняя за смену				Нагрузка максимальная						
	$P_{\text{н}}$, кВт	n	$P_{\text{н}\Sigma}$, кВт	$K_{\text{н}}$	cosφ	tgφ	m	$P_{\text{сн}}$, кВт	$Q_{\text{сн}}$, квар	$S_{\text{сн}}$, кВА	$n_{\text{с}}$	$K_{\text{м}}$	$K'_{\text{м}}$	$P_{\text{м}}$, кВт	$Q_{\text{м}}$, квар	$S_{\text{м}}$, кВА	$I_{\text{м}}$, А
РП1																	
Тельфер транспортный, ПВ = 60 %	53,9	8	31,2	0,3	0,5	1,73	—	9,4	16,3	18,8	—	—	—	9,4	16,3	18,8	28,6
РП2																	
Трансформатор сварочный 1-ф. ПВ = 40 %	7,1	5	42,6	0,2	0,4	2,29	—	8,5	19,5	21,3	—	—	—	8,5	19,5	21,3	32,4
ШМА1																	
Компрессорная установка	28	3	84	0,65	0,8	0,75		54,6	41								
Станок карусельный	40	1	40	0,14	0,5	1,73		5,6	9,7								
Печь сопротивления	35	3	105	0,8	0,95	0,33		84	27,7								
Транспортер роликовый	10	1	10	0,55	0,75	0,88		5,5	4,8								
Всего по ШМА1	—	8	239	0,63	0,87	0,56	> 3	149,7	83,2	171,3	8	1,3	1,1	194,6	91,	215	326,8
ШМА2																	
Компрессорная установка	28	2	56	0,65	0,8	0,75		36,4	27,3								
Станок карусельный	40	1	40	0,14	0,5	1,73		6,6	9,7								
Печь сопротивления	35	3	105	0,8	0,95	0,33		84	27,7								
Транспортер роликовый	10	2	20	0,55	0,75	0,88		11	9,7								
Всего по ШМА2	—	8	221	0,62	0,88	0,63	> 3	137	74,4	155,9	8	1,3	1,1	178,1	81,8	196	297,9
ЩО																	
ОУ с ГРЛ	—	—	3,5	0,85	0,95	0,33	—	3	1	3,2	—	—	—	3	1	3,2	4,9
Всего на ШНН без КУ								307,6	194,4	363,9	—	—	—	393,6	210	473	—
Потери														9,5	47,3	48,3	—

Всего на ВН

403,1
257,4
521,4

Пример. ШМА1

$$K_{и.ср} = P_{смΣ} / P_{нΣ} = 149,7 / 239 = 0,63$$

$$\cos\varphi_{ср} = P_{смΣ} / S_{смΣ} = 149,7 / 215 = 0,87$$

$$\operatorname{tg}\varphi_{ср} = Q_{смΣ} / P_{смΣ} = 83,2 / 149,7 = 0,56$$

3. В колонке 8 указывается показатель силовой сборки m .

Пример. Для ШМА1 показатель силовой сборки определяется по формуле: $m = P_{н.нб} / P_{н.нм}$.

Для ШМА1 наибольшую номинальную мощность имеет станок карусельный $P_{н.нб} = 40$ кВт. Наименьшую номинальную мощность имеет транспортер роликовый $P_{н.нм} = 10$ кВт. $m = 40 / 10 = 4 > 3$.

4. Определяется среднесменная нагрузка $P_{см}$, $Q_{см}$, $S_{см}$, а результаты расчетов соответственно заносятся в колонки 9, 10, 11.

Пример. Тельфер транспортный:

$$P_{см} = P_{нΣ} \cdot K_{и} = 31,2 \cdot 0,3 = 9,4 \text{ кВт}; Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 9,4 \cdot 1,73 = 16,3 \text{ квар};$$

$$S_{см} = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2}; S_{см} = \sqrt{9,4^2 + 16,3^2} = 18,8 \text{ кВА}.$$

5. Для распределительных устройств с различными электроприемниками определяется эффективное число электроприемников n_3 и данные расчетов заносятся в колонку 12.

Пример. Для ШМА1 эффективное число электроприемников является функцией следующих показателей $n_3 = F(n, m, K_{и.ср}, P_{нΣ}) = F(8; 4; 0,63; P_{нΣ} - \text{переменная})$. Так как $n > 5$, $K_{и} > 0,2$, $m > 3$, то n_3 определяется по формуле: $n_3 = n = 8$ шт.

6. Определяется коэффициент максимуму и результат заносятся в колонку 13. По прил. 3 табл. 3.1 определяется K_m как функция двух величин $K_m = F(n, K_{и})$.

Пример. ШМА1: количество электроприемников $n = 8$ шт.; средний коэффициент использования $K_{и.ср} = 0,63$. По прил. 3 табл. 3.1 определяется $K_m = 1,3$.

7. В колонку 14 заносятся коэффициент максимума реактивной мощности K'_m .

Пример. Поскольку для ШМА1 $n_3 = 8$ что больше 10, то $K'_m = 1,1$. Для РП1, РП2, ЩО колонки 8, 12, 13, 14 – не заполняются, т. к. на РП установлены электроприемники одного наименования.

8. Определяются максимальные нагрузки P_m , Q_m , S_m , I_m , а результаты расчетов заносятся в колонки 15, 16, 17, 18 соответственно.

Пример. Для ШМА1 определяется активная максимальная мощность: $P_m = K_m \cdot P_{см} = 1,3 \cdot 149,7 = 194,6$ кВт.

Реактивная максимальная мощность: $Q_m = K'_m \cdot Q_{см} = 1,1 \cdot 83,2 = 91,5$ квар.

Полная максимальная мощность: $S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{194,6^2 + 91,5^2} = 215$ кВА.

Максимальный ток: $I_{M(\text{ШМА1})} = S_{M(\text{ШМА1})} / \sqrt{3} V_{\text{л}} = 215 / 1,73 \cdot 0,38 = 326,8$ А.

Для электроприемников, питающихся от РП и ЦО: $P_M = P_{\text{см}}; Q_M = Q_{\text{см}}; S_M = S_{\text{см}}$.

Пример: для РП1

$P_M = P_{\text{см}} = P_{\text{н}\Sigma} \cdot K_{\text{н}} = 31,2 \cdot 0,3 = 9,4$ кВт;

$Q_M = Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi = 9,4 \cdot 1,73 = 16,3$ квар;

$S_M = S_{\text{см}} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2}; S_M = 18,8$ кВА;

$I_{M(\text{РП1})} = S_{M(\text{РП1})} / V_{\text{л}} \sqrt{3} = 18,8 / 0,38 \cdot 1,73 = 28,6$ А.

9. Рассчитывается суммарная среднесменная нагрузка на шинах низкого напряжения (строка «Всего на ШНН») и данные расчетов заносятся в колонки 9, 10, 11.

10. Суммарные максимальные нагрузки на шинах низкого напряжения (строка «Всего на ШНН») заносятся в колонки 15, 16, 17, 18.

11. Определяются потери в трансформаторе, а результаты расчетов заносятся в строку «Потери» колонки 15, 16, 17. Потери активной мощности ΔP_T приблизительно можно считать равными двум процентам от максимальной полной мощности на шинах низкого напряжения. В данном примере (табл. 14 колонка 17, строка «Всего на ШНН»): $S_{M, \text{нн}} = 473,1$ кВА; $\Delta P_T = 0,02 \cdot 473,1 = 95$ кВт.

Потери реактивной мощности ΔQ_T можно принять равными десяти процентам от максимальной полной мощности на шинах низкого напряжения, что составит: $\Delta Q_T = 0,1 S_{M(\text{НН})} = 0,1 \cdot 473,1 = 47,3$ квар.

Полные потери в трансформаторе составят:

$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{9,5^2 + 47,3^2} = 48,3$ кВА.

12. С учетом потерь в трансформаторе определяются максимальные нагрузки на шинах высокого напряжения ШВН и записываются в строку «Всего на ВН». В данном примере полная максимальная мощность на стороне высокого напряжения составит: $S_{M(\text{ВН})} = 521,4$ кВА.

13. Определяется расчетная мощность трансформатора с учетом потерь, но без компенсации реактивной мощности по условию:

$S_T \geq 0,7 \cdot S_{M(\text{ВН})} = 0,7 \cdot 521,4 = 365$ кВА.

По прил. 7 выбирается масляный трансформатор типа ТМ мощностью 400кВА. Согласно второй категории надежности на цеховой ТП необходимо установить два трансформатора. Выбранная мощность цехового трансформатора проверяется на перегрузочную способность в аварийном режиме: $1,4 \cdot S_T \geq S_{M(\text{ВН})}; 1,4 \cdot 400 \geq 521,4$ кВА, т. к. условие выполняется, следовательно мощность выбрана правильно. К установке принимается комплектная трансформаторная подстанция КТП 2×400-10 / 0,4, с двумя трансформаторами типа ТМ 400-10 / 0,4.

Определяется коэффициент загрузки трансформатора:
 $K_3 = S_{\text{НН}} / n \cdot S_{\text{НОМ.Т}} = 473,1 / 2 \cdot 400 = 0,59.$

Средневзвешенный коэффициент мощности по цеху составил:
 $\cos\varphi_{\text{ср.}} = P_{\text{см}\Sigma} / S_{\text{см}\Sigma} = 149,7 / 215 = 0,85.$

Поскольку коэффициент мощности меньше оптимального (0,92), то необходимо скомпенсировать реактивную мощность.

3.5. ВЫБОР КОМПЕНСИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Из табл. 7 выпишем исходные данные и заполним табл. 8.

Таблица 8

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ					
Параметр	cosφ	tgφ	P _м , кВт	Q _м , квар	S _м , кВА
Всего на НН без КУ	0,85	0,63	393,6	210,1	473,1

Определяется расчетная мощность компенсирующего устройства:
 $Q_{\text{кр.}} = \alpha P_{\text{м}} (\text{tg}\varphi - \text{tg}\varphi_{\text{к}}) = 0,9 \cdot 393,6 \cdot (0,63 - 0,33) = 106,3 \text{ квар.}$

Принимаем $\cos\varphi_{\text{к}} = 0,95$, тогда $\text{tg}\varphi_{\text{к}} = 0,33$. По прил. 8 выбирается 2 УК 2-0,38-50 со ступенчатым регулированием по 25 квар, по одной на секцию. Определяются фактические значения $\text{tg}\varphi_{\text{ф}}$ и $\cos\varphi_{\text{ф}}$ после компенсации реактивной мощности:

$\text{tg}\varphi_{\text{ф}} = \text{tg}\varphi - Q_{\text{к.ст.}} / \alpha \cdot P_{\text{м}} = 0,63 - (2 \cdot 50) / 0,9 \cdot 393,6 = 0,35$, что соответствует $\cos\varphi_{\text{ф}} = 0,94$.

Определяется расчетная мощность трансформатора с учетом потерь:
 $S_{\text{р}} = 0,7S_{\text{ВН}} = 0,7 \cdot 429,2 = 300,5 \text{ кВА};$

Потери в трансформаторе составят:

$\Delta P_{\text{Т}} = 0,02 \cdot S_{\text{НН}} = 0,02 \cdot 408,7 = 8,2 \text{ кВт};$

$\Delta Q_{\text{Т}} = 0,1 \cdot S_{\text{НН}} = 0,1 \cdot 408,7 = 40,9 \text{ квар};$

$\Delta S_{\text{Т}} = \sqrt{\Delta P_{\text{Т}}^2 + \Delta Q_{\text{Т}}^2} = \sqrt{8,2^2 + 40,9^2} = 41,7 \text{ кВА.}$

Результаты расчетов заносятся в «Сводную ведомость нагрузок цеха» табл. 9.

Таблица 9

СВОДНАЯ ВЕДОМОСТЬ НАГРУЗОК ЦЕХА					
Параметр	cosφ	tgφ	P _м , кВт	Q _м , квар	S _м , кВА
Всего на НН без КУ	0,85	0,63	393,6	210,1	473,1
КУ				2x50	
Всего на НН с КУ	0,94	0,35	393,6	110,1	408,7
Потери			8,2	40,9	41,7
Всего ВН с КУ			401,8	151	429,2

По прил. 7 выбирается трансформатор типа ТМ 400-10/0,4 кВ. Технические данные трансформатора заносятся в табл. 10.

Таблица 10

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРА

$R_T = 5,6 \text{ мОм};$	$Z_T^{(1)} = 195 \text{ мОм}$	$u_{кз} = 4,5 \%$
$X_T = 14,9 \text{ мОм}$	$\Delta P_{xx} = 0,95 \text{ кВт}$	$i_{xx} = 2,1 \%$
$Z_T = 15,9 \text{ мОм}$	$\Delta P_{кз} = 5,5 \text{ кВт}$	$K_3 = S_{НН} / 2 S_T = 408,7 / 2 \cdot 400 = 0,51$

3.6. ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ И ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Требуется: составить расчетную схему электроснабжения; рассчитать и выбрать аппарат защиты; рассчитать и выбрать кабельную линию электроснабжения.

1. Линия Н1 (рис. 8): трансформатор шины низкого напряжения (Т1-ШНН), автоматический выключатель 1 SF, линия без ЭД:

Ток в линии составит: $I_T = S_T \cdot \sqrt{3} V_H = 400 / 1,73 \cdot 0,4 = 578 \text{ А}$.

Автоматический выключатель 1 SF выбирается по условию:

$I_{н.а} \geq I_{н.р.}; I_{н.р.} \geq I_T = 578 \text{ А}$.

По прил. 10 выбирается автомат марки ВА-39-3. Технические характеристики автомата представлены в табл. 11.

Таблица 11

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТА ВА-39-3

$V_{н.а.}, \text{ В}$	$I_{н.а.}, \text{ А}$	$I_{н.р.}, \text{ А}$	$I_{y(n)}, \text{ А}$	$I_{y(кз)}, \text{ А}$	$I_{откл.}, \text{ кА}$
380	630	630	$1,25 I_{н.р.}$	$2 \cdot I_{н.р.}$	25

2. Линия Н2: шины низкого напряжения – магистраль шинопровод (ШНН-ШМА1), автоматический выключатель SF1; линия с группой ЭД. Так как к шинопроводу ШМА1 подключено более пяти электродвигателей, а наибольшим по мощности является станок карусельный $P_H = 40 \text{ кВт}$, то пиковый ток определяется по формуле:

$$I_{\text{пик}} = I_{н.нб.} + I_M - I_{н.нб.} \cdot K_H = 878,8 + 326,8 - 18,9 = 1186,7 \text{ А};$$

$$I_{н.нб.} = 6,5 I_{н.нб.} = 6,5 \cdot 135,2 = 878,8 \text{ А};$$

$$I_{н.нб.} = P_H / \sqrt{3} \cdot V_H \cdot \cos \varphi \cdot \eta = 40 / 1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,5 \cdot 0,9 = 135,2 \text{ А};$$

$$I_{н.нб.} \cdot K_H = 135,2 \cdot 0,14 = 18,9 \text{ А}.$$

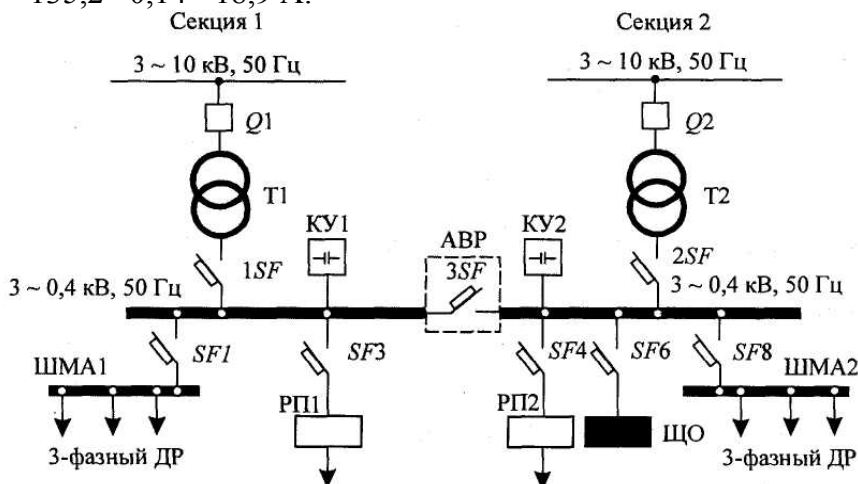


Рис. 8. Расчетная схема электроснабжения цеха

Из табл. 7 (стр. 34) выписываем максимальный ток ШМА1

$$I_M = I_{ШМА1} = 326,8 \text{ А.}$$

Коэффициент отсечки: $K_o \geq I_o / I_{н.р.} = 1483 / 400 = 3,7$. Принимается $K_o = 5$.

Ток отсечки составит: $I_o \geq 1,25 \cdot I_{пик} = 1,25 \cdot 1186,7 = 1483,4 \text{ А.}$

По току нагрузки $I_{ШМА1} = 326,8 \text{ А}$ устанавливаем ШРА вместо ШМА. По прил. 6 выбирается ШРА4-630-32-УЗ.

Технические характеристики распределительного шинпровода представлены в табл. 12.

Таблица 12

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШРА4-630-32-УЗ

$V_{н.з}, \text{В}$	$I_{н.ш.}, \text{А}$	$X_o, \text{Ом/км}$	$\Delta u, \text{В/м}$	сечение шинпровода, мм	$I_d, \text{кА}$
660	630	0,1	$8,5 \cdot 10^{-2}$	80*5	35

Автоматический выключатель SF1 выбираем по условию:

$$I_{н.а.} \geq I_{н.р.}; I_{нр.} > 1,1 \cdot I_M = 1,1 \cdot I_{ШМА1} = 1,1 \cdot 326,8 = 359,5 \text{ А.}$$

По прил.10 выбирается ВА 55-39-3. Технические характеристики автомата представлены в табл. 13.

Таблица 13

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТА SF1

$V_{н.а.}, \text{В}$	$I_{н.а.}, \text{А}$	$I_{н.р.}, \text{А}$	$I_{y(n)}, \text{А}$	$I_{y(кз)}, \text{А}$	$I_{откл.}, \text{кА}$
380	400	400	$1,25 I_{н.р.}$	$5 \cdot I_{н.р.}$	25кА

Шинпровод ШМА1 запитан кабелем АБВГ, проложенным в металлической трубе в помещении с нормальной средой. Коэффициент защиты принимается $K_{зщ} = 1$ (прил. 11 табл.11.2). Сечение кабеля выбираем по длительно-допустимому току с учетом соответствия аппарату защиты по условию: $I_{доп} > K_{зщ} \cdot I_{y(n)} = 1 \cdot 1,25 \cdot 400 = 500 \text{ А.}$

Выбирается кабель три кабеля марки АБВГ $3 \times (3 \times 95)$. Согласно ПУЭ, длительно-допустимый ток для кабеля сечением 95 мм^2 составит:

$$I_{доп} = 3 \times 170 \text{ А.}$$

Условие $I_{доп} > K_{зщ} \cdot I_{y(n)}$ выполняется, значит сечение кабеля выбрано правильно.

3. Линии НЗ–Н8: ШМА1 – электроприемники № 6, 7, 8, 11, 13, 24. Данные для составления расчетной схемы, представлены в табл. 14.

Таблица 14

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ШМА1-ЭП № 7, 8, 11, 13, 24

Автомат	SF9	SF10	SF11	SF12	SF13	SF14
Номер линии	Н-3	Н-4	Н-5	Н-6	Н-7	Н-8
Наименование ЭП	Компрессорная установка			Станок карусельный	Печь сопротивления	Транспортер
$P_{ном}, \text{кВт}$	28	28	28	40	35	10
$\cos\phi$	0,8	0,8	0,8	0,5	0,95	0,75
η	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
№ на плане	6	7	8	11	24	13

Линия НЗ–Н5: ШМА1 – компрессорная установка. Автоматы SF9–SF11, линия с одним электродвигателем. Рассчитывается и выбирается автоматический выключатель типа ВА.

Номинальный ток компрессора:

$$I_d = P_n / \sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\varphi \cdot \eta = 28 / 1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 59,2 \text{ А.}$$

Номинальный ток расцепителя автомата:

$$I_{н.р} \geq 1,25 \cdot I_d = 1,25 \cdot 59,2 = 74 \text{ А. По прил. 10 принимаем: } I_{н.р} = 80 \text{ А.}$$

Ток отсечки составит: $I_o > 1,2 \cdot I_n = 1,2 \cdot 6,5 \cdot 59,2 = 461,8 \text{ А.}$

Коэффициент отсечки: $K_o \geq I_o / I_{н.р} = 461,8 / 80 = 5,8$. Принимаем: $K_o = 7$.

Номинальный ток автомата: $I_{н.а} \geq I_{н.р} \geq 80 \text{ А.}$ Принимается $I_{н.а} = 100 \text{ А.}$

По прил. 10 выбирается ВА 58-31-3. Технические характеристики, выбранного автомата представлены в табл. 15.

Таблица 15

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТА ВА 58-31-3

$V_{н.а.}, \text{ В}$	$I_{н.а.}, \text{ А}$	$I_{н.р.}, \text{ А}$	$I_{у(п)}, \text{ А}$	$I_{у(кз)}, \text{ А}$	$I_{откл.}, \text{ кА}$
380	100	80	$1,25 I_{н.р}$	$7 \cdot I_{н.р.}$	25кА

Линия Н3 (Н4, Н5) с автоматическим выключателем SF 9 (SF10, SF11).

Длительно-допустимый ток в линии:

$$I_{доп} > K_{зщ} \cdot I_{у(п)} = K_{зщ} \cdot 1,25 \cdot I_{н.р} = 1 \cdot 1,25 \cdot 80 = 100 \text{ А.}$$

Выбирается провод марки АПВ $3 \times (1 \times 50)$

По прил. 12 длительно-допустимый ток для провода сечением 50 мм^2 составит: $I_{доп} = 130 \text{ А.}$ Поскольку условие $I_{доп} > K_{зщ} \cdot I_{у(п)}$ выполняется, следовательно сечение провода выбрано правильно.

4. Линия Н6: ШМА1 – станок карусельный, автомат SF-12, линия с одним электродвигателем.

Определяется длительный ток в линии:

$$I_d = P_n / \sqrt{3} V_n \cos \varphi \cdot \eta = 40 / 1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,5 \cdot 0,9 = 135,2 \text{ А.}$$

Номинальный ток расцепителя автомата:

$$I_{н.р} \geq 1,25 \cdot I_d = 1,25 \cdot 135,2 = 169 \text{ А. Принимаем по прил. 10: } I_{н.р} = 200 \text{ А.}$$

Ток отсечки: $I_o > 1,2 I_n = 1,2 \cdot 6,5 \cdot 135,2 = 1054,56 \text{ А.}$

Коэффициент отсечки: $K_o \geq I_o / I_{н.р} = 1054,56 / 200 = 5,27$. Принимаем $K_o = 7$.

Номинальный ток автомата: $I_{н.а} \geq I_{н.р} \geq 200 \text{ А,}$ принимается $I_{н.а} = 250 \text{ А.}$

Выбирается автомат типа ВА52-37-3. Технические характеристики, выбранного автомата представлены в табл. 16.

Таблица 16

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТА ВА 52-3

$V_{н.а.}, \text{ В}$	$I_{н.а.}, \text{ А}$	$I_{н.р.}, \text{ А}$	$I_{у(п)}, \text{ А}$	$I_{у(кз)}, \text{ А}$	$I_{откл.}, \text{ кА}$
380	250	200	$1,25 I_{н.р}$	$7 \cdot I_{н.р.}$	20кА

Длительно-допустимый ток в линии Н6 составит:

$$I_{доп} > K_{зщ} \cdot I_{у(п)} = 1 \cdot 1,25 \cdot 200 = 250 \text{ А.}$$

Выбираем провод марки АПВ $3 \times (1 \times 150)$, $I_{доп} = 255 \text{ А.}$ Условие $I_{доп} > K_{зщ} \cdot I_{у(п)}$ выполняется. Следовательно, сечение провода выбрано правильно.

5. Линия Н8: ШМА1 – транспортер, автомат SF 16, линия с одним электродвигателем. Номинальный ток электродвигателя:

$$I_d = P_n / \sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\varphi \cdot \eta = 10 / 1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,75 \cdot 0,9 = 22,54 \text{ А.}$$

$$I_{н.р} \geq 1,25 \cdot I_d = 1,25 \cdot 22,54 = 28,175 \text{ А. Принимаем } I_{н.р} = 31,5 \text{ А.}$$

Ток отсечки: $I_o > 1,2 \cdot I_n = 1,2 \cdot 6,5 \cdot 22,54 = 175,81 \text{ А}$

Коэффициент отсечки: $K_o \geq I_o / I_{н.р} = 175,81 / 31,5 = 5,58$. Принимаем $K_o = 7$.
 Номинальный ток автомата: $I_{н.а.} \geq I_{н.р.} \geq 31,5$ А, принимается $I_{н.а.} = 63$ А.
 Выбирается автомат типа ВА51-29-3.

Технические характеристики, выбранного автомата представлены в табл. 17.

Таблица 17

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ АВТОМАТА ВА 51-29-3

$V_{н.а.}, В$	$I_{н.а.}, А$	$I_{н.р.}, А$	$I_{у(п)}, А$	$I_{у(кз)}, А$	$I_{откл.}, кА$
380	63	31,5	$1,35 I_{н.р.}$	$7 \cdot I_{н.р.}$	6кА

Длительно-допустимый ток в линии Н8 составит:

$$I_{доп} > K_{зщ} I_{у(п)} = 1 \cdot 1,35 \cdot 31,5 = 42,5 \text{ А.}$$

Выбирается кабель КГ 3×10 ; $I_{доп} = 60$ А.

Поскольку условие $I_{доп} > K_{зщ} I_{у(п)}$ выполняется, то сечение провода выбрано правильно

6. Линия Н7: ШМА1 – печь сопротивления, автоматы SF 13 (SF14, SF15), линия с одним электродвигателем.

$$\text{Ток в линии: } I_d = P_n / \sqrt{3} V_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta = 35 / 1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 62,27 \text{ А.}$$

Номинальный ток расцепителя: $I_{н.р.} \geq 1,25 I_d = 1,25 \cdot 62,27 = 77,84$ А.

Принимается $I_{н.р.} = 80$ А

$$\text{Ток отсечки: } I_o > 1,2 I_n = 1,2 \cdot 6,5 \cdot 62,27 = 485,706 \text{ А}$$

Коэффициент отсечки: $K_o \geq I_o / I_{н.р} = 485,7 / 80 = 6$. Принимаем $K_o = 7$.

Номинальный ток автомата: $I_{н.а.} \geq I_{н.р.} \geq 80$ А, принимается $I_{н.а.} = 100$ А.

Выбирается автомат типа ВА52-31-3. Технические характеристики автомата представлены в табл. 18.

Таблица 18

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ АВТОМАТА ВА 52-31-3

$V_{н.а.}, В$	$I_{н.а.}, А$	$I_{н.р.}, А$	$I_{у(п)}, А$	$I_{у(кз)}, А$	$I_{откл.}, кА$
380	100	80	$1,25 I_{н.р.}$	$6 \cdot I_{н.р.}$	7кА

Длительно-допустимый ток в линии Н7:

$$I_{доп} > K_{зщ} \cdot I_{у(п)} = 1 \cdot 1,25 \cdot 80 = 100 \text{ А.}$$

Выбираем провод АПВ $3 \times (1 \times 35)$; $I_{доп} = 125$ А.

Аналогично рассчитываем ШМА2, РП2, ЩО, РП1.

3.7. ПРОВЕРКА ВЫБРАННОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПО ПОТЕРЕ НАПРЯЖЕНИЯ



Рис. 9. Расчетная схема

Участок 1 – линия с автоматом SF1, выполнена кабелем марки АВВГ $3 \times (3 \times 95)$, $I_{доп} = 3 \times 170$ А, длина участка 5 м, $I_1 = I_{ШМА1} = 326,8$ А (рис. 9).

Участок 2 – ШМА1 (шинопровод распределительный ШРА4-630-32-УЗ), длина 2 м (см. рис. 9).

Участок 3 – ШМА1 – компрессорная, линия выполнена проводом марки АПВ 3×50 , $I_{доп} = 130$ А,

длина провода 20 м, $I_2 = 59,2$ А. (см. рис. 9)

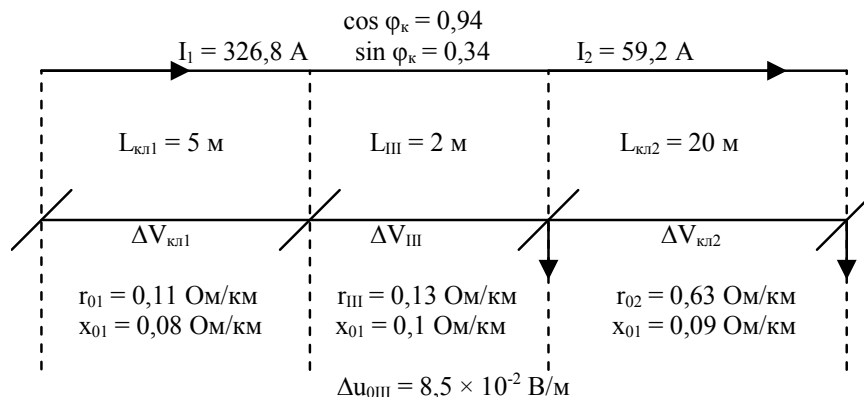


Рис. 10. Расчетная схема потерь напряжения

Поскольку токи участков известны, то наиболее целесообразно выбрать вариант расчета потери напряжения ΔV по токам участков.

Потери напряжения на участке 1 (рис. 10):

$$\Delta V_{\text{кп.1}} = \frac{\sqrt{3}}{V_n} I_1 L_{\text{кп1}} (r_{01} \cos \phi_k + x_{01} \sin \phi_k) \cdot 100\%,$$

$$\Delta V_{\text{кп.1}} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,73 \cdot 10^2 / 380 \cdot (0,11 \cdot 0,94 + 0,08 \cdot 0,34) = 0,1 \%$$

Потери напряжения на участке 2 (см. рис. 8):

$$\Delta V_{\text{ш}} = \frac{\sqrt{3}}{V_n} I_2 L_{\text{ш}} (r_{0ш} \cos \phi_k + x_{0ш} \sin \phi_k) \cdot 100\%,$$

$$\Delta V_{\text{ш}} = \frac{1,73 \cdot 10^2}{380} \cdot 326,2 \cdot 10^{-3} \cdot (0,13 \cdot 0,94 + 0,1 \cdot 0,34) = 0,05\%.$$

Потери напряжения на участке 2 можно определить и по удельным потерям в шинопроводе:

$$\Delta V_{\text{ш}} = \Delta U_{0ш} \cdot L_{\text{ш}} = 8,5 \cdot 10^{-2} \cdot 2 = 17 \cdot 10^{-2} \text{ В.}$$

Потери напряжения на участке 3 (рис. 10):

$$\Delta V_{\text{кп.2}} = \frac{\sqrt{3}}{V_n} I_2 L_{\text{кп2}} (r_{02} \cos \phi_k + x_{02} \sin \phi_k) \cdot 100\%,$$

$$\Delta V_{\text{кп.2}} = \frac{1,73 \cdot 10^2}{380} \cdot 59,2 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot (0,63 \cdot 0,94 + 0,09 \cdot 0,34) = 0,3\%.$$

Суммарные потери напряжения составят:

$$\Delta V = \Delta V_{\text{кп.1}} + \Delta V_{\text{ш}} + \Delta V_{\text{кп.2}} = 0,1 + 0,05 + 0,3 = 0,45\%,$$

$$\Delta V \leq \Delta V_{\text{доп}} = 0,45\% < 10\%.$$

Выполненные проверки элементов электроснабжения показали их пригодность для всех режимов работы.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица 1.1

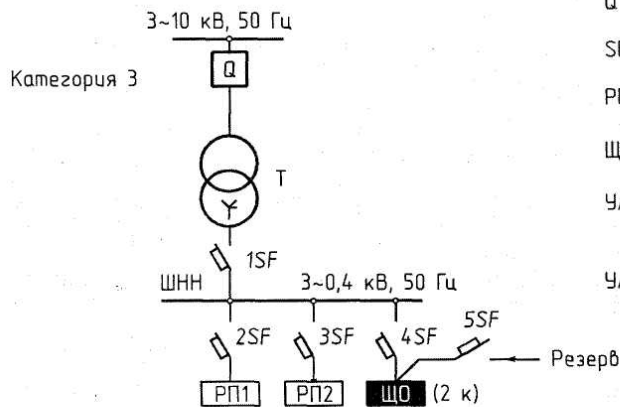
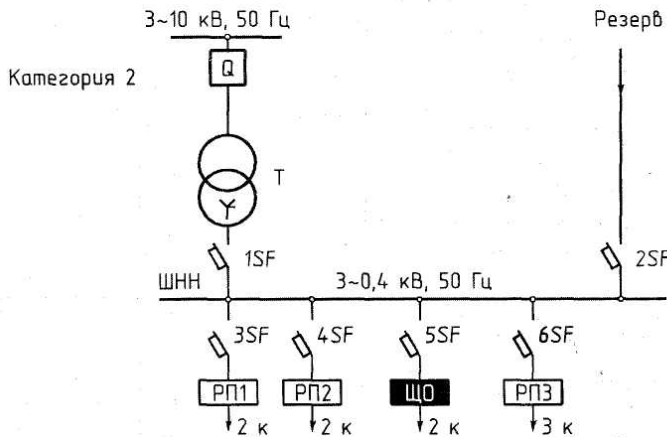
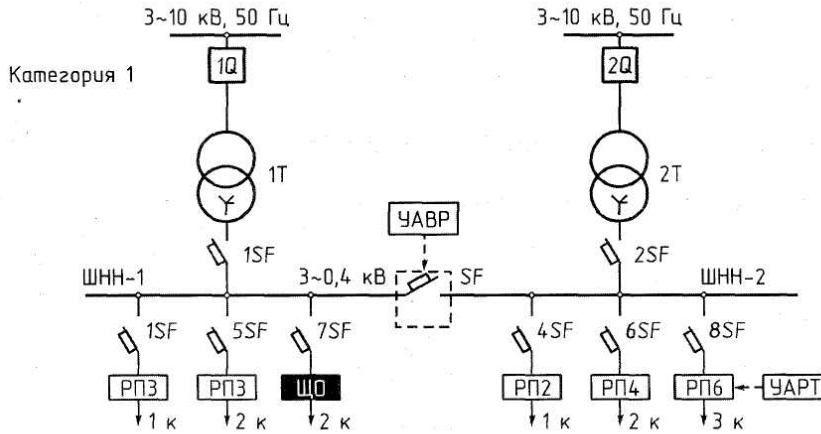
КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Класс, зона	Характеристика зоны	Требуемая степень защиты ЭУ	Дополнительные сведения
1	2	3	4
Пожароопасность			
П-I	Обращаются горючие жидкости с температурой вспышки более 61 °С (например, склады минеральных масел и установки регенерации) внутри помещений	IP44	
П-II	Выделяются горючие пыль или волокна с концентрацией воспламенения к объему воздуха более 65 г/м ³	IP54	
П-IIA	Обращаются твердые горючие вещества (склады)	IP44	Закрытые
П-III	Обращаются горючие жидкости с температурой вспышки более 61 °С или твердые горючие вещества вне помещений (например, склады минеральных масел, угля, торфа, дерева и т. п.)	IP44	Открытые складские пространства
Взрывоопасность			
В-I	Выделяются горючие газы или пары ЛВЖ, способные образовать с воздухом в помещении взрывоопасную смесь при нормальном режиме работы	Взрывобезопасность	Газообразная или жидкая основа
В-IA	То же, но при аварии или неисправности	Не ниже IP44	
В-IB	Возможно образование смеси с большой взрывной концентрацией (15 % и более) или водорода при аварии или неисправности в помещении (например, аммиачные КУ, электролизные, зарядные и т. п.)		
В-Iг	Возможно образование взрывоопасной смеси на открытом воздухе (например, выбросы технологических установок, резервуары и открытые пространства с горючими жидкостями)		Выбросы вентиляции и предохранительных устройств
В-II	Возможно образование взрывоопасной смеси в помещении из взвешенных частиц (пыль, волокна) и воздуха в нормальных условиях	Взрывобезопасность	Твердая основа (пыль, волокна)
В-IIA	То же, но при аварии или неисправности	IP54	
Электроопасность			
ОО (особо опасные)	Относятся помещения: — особо сырые (относительная влажность близка к 100 %, т. е. поверхности, покрытые влагой); — с химически активной средой, разрушающей изоляцию; — территория размещения наружных ЭУ		

Продолжение табл. 1.1

Класс, зона	Характеристика зоны	Требуемая степень защиты ЭУ	Дополнительные сведения
1	2	3	4
ПО (с повышенной опасностью)	<p>Относятся помещения:</p> <ul style="list-style-type: none"> — сырые (относительная влажность воздуха длительная более 75 %); — с токопроводящей пылью, оседающей на ЭО; — с токопроводящими полями (металл, земля, ж/бетон, кирпич и т. п.); — жаркие (температура постоянно или более 1 суток +35 °С); — возможно соприкосновение одновременно с корпусом ЭО и конструкциями, связанными с землей 		
БПО (без повышенной опасности)	<p>Относятся помещения, не относящиеся в отношении опасности поражения людей электротоком к ОО и с ПО</p>		

ВАРИАНТЫ ЦЕХОВЫХ РАДИАЛЬНЫХ СХЕМ



- Q - силовой выключатель ВН
- SF - автоматический выключатель НН
- РП - распределительный пункт
- ЩО - щит освещения (рабочего)
- УАВР - устройство автоматического включения резерва
- УАРТ - устройство автоматической разгрузки по току

Приложение 3

**ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА НАГРУЗОК ЦЕХА**

Таблица 3.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАКСИМУМА $K_M = F(n_э; K_n)$

$n_э$	Коэффициент использования, K_n									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	3,43	3,22	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14	1,05
5	3,23	2,87	2,42	2	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,04
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,1	1,04
7	2,88	2,48	2,1	1,8	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,4	1,3	1,2	1,08	1,04
9	2,56	2,2	1,9	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,1	1,84	1,6	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
14	2,1	1,85	1,67	1,45	1,32	1,25	1,2	1,13	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
18	1,91	1,7	1,55	1,37	1,26	1,21	1,16	1,11	1,06	1,03
20	1,84	1,65	1,5	1,34	1,24	1,2	1,15	1,11	1,06	1,03
25	1,71	1,55	1,4	1,28	1,21	1,17	1,14	1,1	1,06	1,03
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,1	1,05	1,03
35	1,25	1,41	1,3	1,21	1,17	1,15	1,12	1,09	1,05	1,02
40	1,5	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	1,02
45	1,45	1,33	1,25	1,17	1,14	1,12	1,11	1,08	1,04	1,02
50	1,4	1,3	1,23	1,16	1,14	1,11	1,1	1,08	1,04	1,02
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,1	1,09	1,07	1,03	1,02
70	1,27	1,22	1,17	1,12	1,1	1,1	1,09	1,06	1,03	1,02
80	1,25	1,2	1,15	1,11	1,1	1,1	1,08	1,06	1,03	1,02
90	1,23	1,18	1,13	1,1	1,09	1,09	1,08	1,06	1,02	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,1	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02

Таблица 3.2

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Наименование механизмов и аппаратов	K_n	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\rho$
Металлорежущие станки крупносерийного производства с нормальным режимом работы (те же)	0,16	0,2	0,6	1,33
Металлорежущие станки мелкосерийного производства с нормальным режимом работы (токарные, фрезерные, сверлильные, точильные, карусельные и т. п.)	0,14	0,16	0,5	1,73
Металлорежущие станки с тяжелым режимом работы (штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные, расточные)	0,17	0,25	0,65	1,17
Переносной электроинструмент	0,06	0,1	0,65	1,17
Вентиляторы, сантехническая вентиляция	0,6	0,7	0,8	0,75
Насосы, компрессоры, дизельгенераторы	0,7	0,8	0,8	0,75
Краны, тельферы	0,1	0,2	0,5	1,73
Сварочные трансформаторы	0,25	0,35	0,35	2,67
Сварочные машины (стыковые и точечные)	0,2	0,6	0,6	1,33
Печи сопротивления, сушильные шкафы, нагреватель	0,75	0,8	0,95	0,33

Таблица 3.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ЧИСЛА ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ $n_{\text{Э}}$

n	$K_{и.ср}$	m	P_n	Формула для $n_{\text{Э}}$	
< 5	$\geq 0,2$	≥ 3	Переменная	$N_{\text{Э}} = \frac{\left[\sum_1^n P_n \right]^2}{\sum_1^n P_n^2}$	
≥ 5	$\geq 0,2$	> 3	Постоянная	$n_{\text{Э}} = n$	
≥ 5	$\geq 0,2$	< 3		$N_{\text{Э}} = n$	
≥ 5	$< 0,2$	< 3	Переменная	$n_{\text{Э}}$ не определяется, а $P_m = K_3 P_{н.э.}$, где K_3 – коэффициент загрузки; $K_3(\text{пкр}) = 0,75$ (повторно-кратковременный режим); $K_3(\text{др}) = 0,9$ (длительный режим); $K_3(\text{ар}) = 1$ (автоматический режим)	
≥ 5	$< 0,2$	≥ 3		$n_{\text{Э}} = \frac{2 \sum_1^n P_n}{P_{н.нб.}}$	
≥ 5	$< 0,2$	≥ 3		Применяются относительные единицы $n_{\text{Э}} = n_{\text{Э}}^* n$ $n_{\text{Э}}^* = F(n^* P^*)$ $n^* = \frac{n_1}{n}$; $P^* = \frac{P_{n1}}{P_{н.п.}}$	
> 300	$\geq 0,2$	≥ 3		–	$n_{\text{Э}} = n$

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ПУНКТЫ

Структура условного обозначения распределительного пункта

ПР	1	2	3	4	5	6
Пункт распределительный						Одна цифра Категория размещения
Две цифры Номер разработки серии						Одна или две буквы Климатическое исполнение
Одна цифра Вид установки пункта: 3 — навесное; ввод сверху и снизу проводниками, кабелями в резиновой или пластмассовой изоляции; снизу — кабелями в бумажной изоляции 4 — напольное; ввод провода и кабеля сверху 5 — навесное, ввод сверху и снизу проводами, кабелями в резиновой или пластмассовой изоляции, снизу — кабелями в бумажной изоляции						Степень защиты оболочки
			Три цифры Номер схемы По номеру схемы можно определить габарит (I_n , A), кол-во и тип выключателей и др. данные			
						7 — напольное; ввод сверху или снизу проводами, кабелями в резиновой или пластмассовой изоляции; снизу — кабелями в бумажной изоляции 8 — напольное; ввод проводом или кабелем в резиновой или пластмассовой изоляции 9 — напольное; ввод кабелем сечением 1000 мм ²

Например:

ПР	85	3	012	21	У3
Пункт распределительный					Категория размещения: 3 — для закрытых помещений
Номер разработки серии 85 — переменный ток 87 — постоянный ток					Климатическое исполнение У — для умеренного климата
3 — навесное исполнение; ввод сверху и снизу проводами, кабелями в резиновой или пластмассовой изоляции; снизу — кабелями в бумажной изоляции					
012 — номер схемы					
IP21 — степень защиты 2 — защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной до 80 мм и от проникновения твердых тел размером более 12 мм					

Таблица 4.1

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ПУНКТА
ТИПА ПР 85 С ОДНО- И ТРЕХПОЛЮСНЫМИ ЛИНЕЙНЫМИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ**

Номер схемы	I _н , А	Рабочий I _н , А		Количество ВА51-31 линейных		Дополнительные сведения
		IP21 У3	IP54 УХЛ2, Т2	Одно- полосные	Трех- полосные	
1	2	3	4	5	6	7
С зажимами на вводе						Все ПР 85 по способу установки имеют исполнение навесное (степень защиты IP21 и IP54) или утопленное (IP21)
001	160	120	120	3	–	
002				6		
003				3	1	
004				–	2	
005				12	–	
006				6	2	
007				–	4	
008				18	–	
009				12	2	
010				6	4	
011				–	6	
012	250	200	183	12	2	
013				6	2	
014				-	4	
015				18	-	
016				12	2	
017				6	4	
018				–	6	
019				24	–	
020				18	–	
021				12	4	
022				6	6	
023				–	8	
024				30	–	
025				24	2	
026				18	4	
027				12	6	
028				6	8	
029				–	10	
030	400	320	300	18	–	
031				12	2	
032				6	4	
033				–	6	
034				24	–	
035				18	2	
036				12	4	
037				6	6	
038				–	8	
039				30	–	
040				24	2	
041				18	4	

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
082	400	320	300	6	6	
083				–	8	
084				30	–	
085				24	2	
086				18	4	
087				12	6	
088				18	–	
089				–	10	
С выключателем ВА 55-37 на вводе						
099	400	320	300	–	4	Все ПР 85 по схемам 099...144, 124...139, 152 имеют навесное и напольное исполнение (степень защиты IP21 и IP54)
100				18	–	
101				12	2	
102				6	4	
103				–	6	
104				24	–	
105				18	2	
106				12	4	
107				6	6	
108				–	8	
109				30	–	
110				24	2	
111				18	4	
112				12	6	
113				6	8	
114				–	10	
С выключателем ВА 56-37 на вводе						
124	400	320	300	–	4	
125				18	-	
126				12	2	
127				6	4	
128				–	6	
129				24	–	
130				18	2	
131				12	4	
132				6	6	
133				–	8	
134				30	–	
135				24	2	
136				18	4	
137				12	6	
138				6	8	
139				–	10	

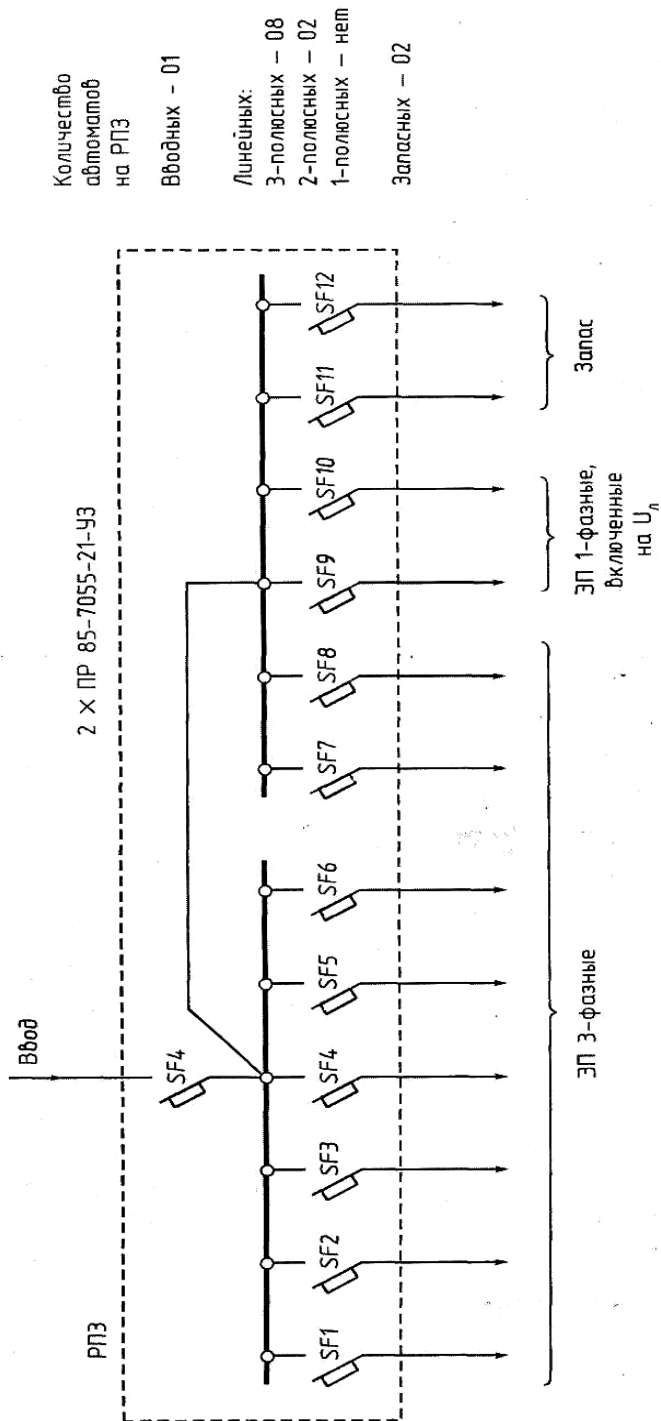
Таблица 4.2

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПР85
С ТРЕХПОЛУСНЫМИ ЛИНЕЙНЫМИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ**

Номер схемы	I _н , А	Рабочий I _н , А		Количество ВА51-31 линейных		Дополнительные сведения
		IP21 У3	IP54 УХЛ2, Т2	Одно- полусные	Трех- полусные	
1	2	3	4	5	6	7
С зажимами на вводе						
153	630	504	473		2	ПР 85 по схемам 153...155 имеют только навесное исполнение (IP21 и IP54)
154				2	2	
155				4	2	
156				6	2	
157				8	2	
С выключателем ВА 51-39 на вводе						
090	630	504	473	6	—	Все остальные ПР 85 имеют на- весное и наполь- ное исполнение (IP21 и IP54)
091				8	—	
092				10	—	
093				12	—	
094				—	4	
095				2	2	
096				4	2	
097				6	2	
098				8	2	
С выключателем ВА 55-39 на вводе						
115	630	504	473			
116				8	—	
117				10	—	
118				12	—	
119				—	4	
120				2	2	
121				4	2	
122				6	2	
123				8	2	
С выключателем ВА 56-39 на вводе						
140	630	504	473	6	—	
141				3	—	
142				10	—	
143				12	—	
144				—	4	
145				2	2	
146				4	2	
147				6	2	
148				8	2	

Приложение 5

СХЕМА СОСТАВНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ПУНКТА



Количество автоматов на РПЗ

Вводных - 01

Линейных:

3-полюсных - 08

2-полюсных - 02

1-полюсных - нет

Запасных - 02

Примечания.

1. Составные РУ набираются из однотипных схем в любом количестве по типу ЭП.
2. Для однофазных ЭП, включенных на U_n , допускается использование 2 полюсов установленного 3-полюсного автомата.

Приложение 6

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ШИНОПРОВОДОВ

Таблица 6.1

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ШИНОПРОВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Показатель	ШМА-68Н			
	ШЗМ-16	ШМА-73	2500	4000
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(100 × 10)	2(90 × 8)	2(120 × 10)	2(160 × 10)
Число и сечение нулевых проводников, мм ²	—	2×710	2×640	2×640
Максимальное расстояние между точками крепления, мм	6000	6000	3000	3000

Таблица 6.2

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ШИНОПРОВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Показатель	ШРА-73			ШРМ-75			ШРА-74
	250	400	630	100	250	400	
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	35×5	50×5	80×5	—	35×5	50×5	80×5
Максимальное расстояние между точками крепления, мм	3000			2000			3000

Таблица 6.3

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ТРОЛЛЕЙНЫХ ШИНОПРОВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Показатель	ШТМ-73, ШТА-75	ШТМ-75, ШТА-75	ШТА-76
Номинальный ток, А	250	400	100
Номинальное напряжение, В	660	660	36... 380
Частота, Гц	50... 60	50... 60	17... 60
Номинальный ток токоъемной каретки, А	—	—	17,25
Номинальный ток токоъемной каретки со сборкой зажимов, А	25	100	—
Номинальный ток спаренной токоъемной каретки, А	—	—	15,4
Номинальный ток спаренной токоъемной каретки со сборкой зажимов, А	50	20	—
Электродинамическая стойкость ударному току КЗ, кА	10	15	5
Число шин, шт.	3	3	4

Таблица 6.4

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ШИНОПРОВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Показатель	ШОС-2-25-44	ШОС-4-25-44	ШОС-80-43
Номинальный ток, А	25	25	16
Номинальное напряжение, В	220	380/220	220
Электродинамическая стойкость ударному току КЗ, кА	3	3	3

Приложение 7

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Таблица 7.1

ТРАНСФОРМАТОРЫ ТРЕХФАЗНЫЕ СИЛОВЫЕ МАСЛЯНЫЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Тип трансформатора	S _{ном} , кВА	U _{ном} , кВ		Потери мощности P, кВт		U _к , %	I _о , %
		ВН	НН	P _{хх}	P _{кз}		
Трансформаторы трехфазные двухобмоточные масляные							
ТМ-25/6-10	25	6; 10	0,4	0,17	06	4,5	3,2
ТМ-40/6-10	40	6; 10	0,4	0,24	0,88	4,5	3,0
ТМ-63/6-10	63	6; 10	0,4	0,36	1,28	4,5	2,8
ТМ-100/6-10	100	6; 10	0,4	0,49	1,97	4,5	2,6
ТМ-160/6-10	160	6; 10	0,4;0,69	0,73	2,65	4,5	2,4
ТМ-250/6-10	250	6; 10	0,4;0,69	0,94	3,7	4,5	2,3
ТМ-400/6-10	400	6; 10	0,4;0,69	1,2	5,5	4,5	2,1
ТМ-630/6-10	630	6; 10	0,4;0,69	1,56	8,5	5,5	2,0
ТМ-1000/6-10	1000	6; 10	0,4	2,45	12,2	5,5	1,4
ТМ-1600/6-10	1600	6; 10	0,4;0,69	3,3	18	5,5	1,3
ТМ-2500/6-10	2500	6; 10	0,4;0,69	4,6	25	5,5	1,0
Трансформаторы трехфазные с естественным воздушным охлаждением (сухие)							
ТСЗ-160/10	160	6; 10	0,4;0,69	0,7	2,7	5,5	4,0
ТСЗ-250/10	250	6; 10	0,4;0,69	1,0	3,8	5,5	3,5
ТСЗ-400/10	400	6; 10	0,4;0,69	1,3	5,4	5,5	3,0
ТСЗ-630/10	630	6; 10	0,4;0,69	2,0	7,3	5,5	1,5
ТСЗ-1000/10	1000	6; 10	0,4;0,69	3,0	11,2	5,5	1,5
ТСЗ-1600/10	1600	6; 10	0,4;0,69	4,2	16	5,5	1,5
Трансформаторы трехфазные масляные, применяемые в КТП							
ТМЗ-630/10	630	6; 10	0,4	2,3	8,5	5,5	3,2
ТМЗ-1000/10	1000	6; 10	0,4	2,45	12,2	5,5	1,4
ТМЗ-1600/10	1600	6; 10	0,4	3,3	18	5,5	1,3
Трансформаторы трехфазные заполненные негорючим диэлектриком (совтолом)							
ТНЗ-630/6-10	630	6; 10	0,4	1,68	7,6	5,5	1,8
ТНЗ-1000/6-10	1000	6; 10	0,4	2,45	12,2	5,5	1,4
ТНЗ-1600/6-10	1600	6; 10	0,4	3,3	18	5,5	1,3
ТНЗ-2500/6-10	2500	6; 10	0,4	4,6	24,5	5,5	1,0

Таблица 7.2

ВИДЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Вид охлаждения	Условное обозначение	Вид охлаждения	Условное обозначение
<i>Сухие трансформаторы</i>		<i>Масляные трансформаторы</i>	
Естественное воздушное при открытом исполнении	С	Естественная циркуляция масла и воздуха	М
Естественное воздушное при защищенном исполнении	СЗ	Принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла	Д
Естественное воздушное при герметичном исполнении	СГ	Естественная циркуляция воздуха и принудительная циркуляция масла	МЦ
Воздушное с дутьем	СД	Принудительная циркуляция воздуха и масла	ДЦ
<i>С негорючим жидким диэлектриком</i>		Принудительная циркуляция воды и естественная циркуляция масла	
Естественное охлаждение негорючим диэлектриком	Н	Принудительная циркуляция воды и масла	Ц
Охлаждение негорючим жидким диэлектриком с дутьем	НД		

Приложение 8

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Таблица 8.1

КОСИНУСНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ В ТРЕХФАЗНОМ ИСПОЛНЕНИИ

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальная мощность, квар
КМ-0,38-13	0,38	13
КС-0,38-18	0,38	18
КМ-2-0,38-26	0,38	26
КС-0,38-50	0,38	50

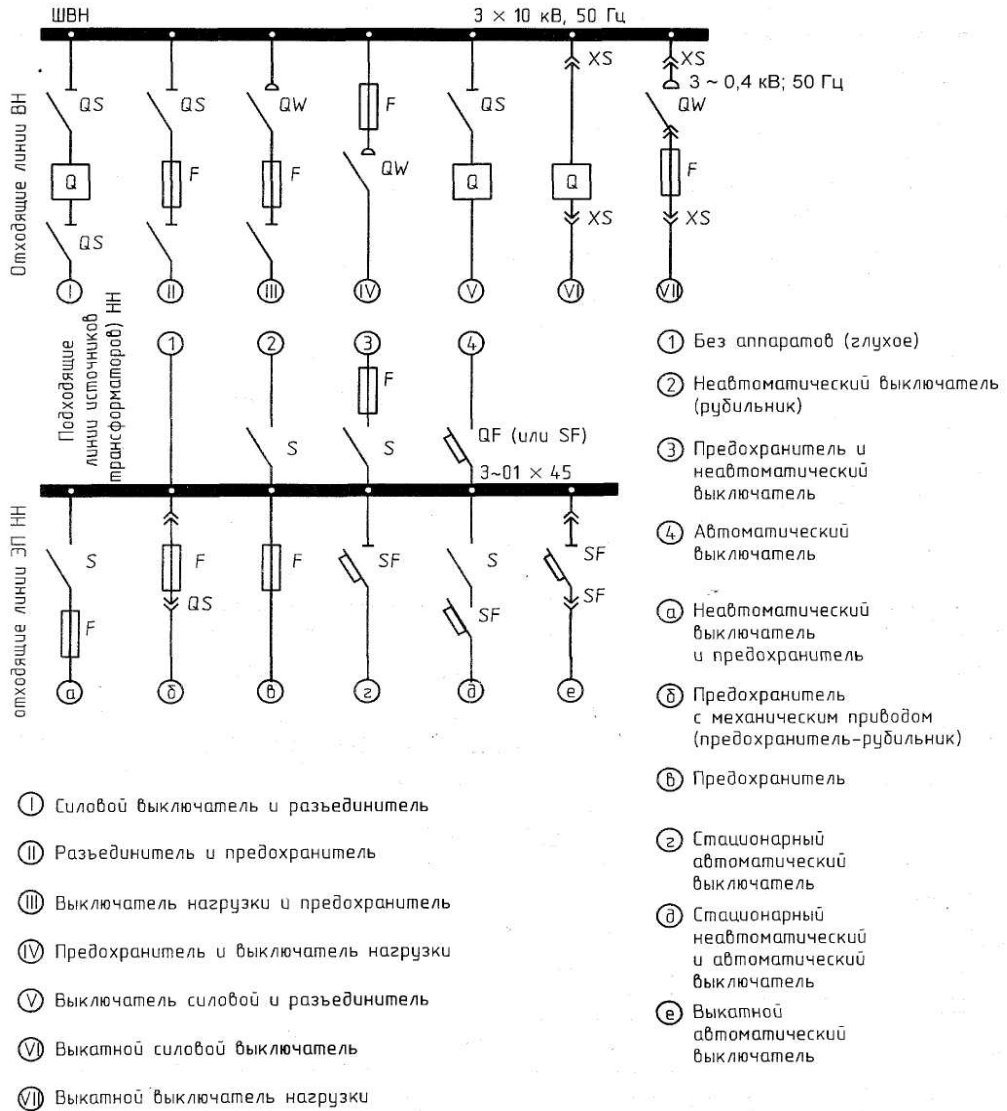
Таблица 8.2

КОНДЕНСАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

Тип установки	Номинальная мощность, квар	Число и мощность регулируемых ступеней.
УКН 0,38-300	300	2×150
УКН 0,38-450	450	3×150
УКН 0,38-600	600	4×150
УКН 0,38-900	900	6×150
УКБН-0,38-100-50УЗ	100	2×50
УКБТ-0,38-150УЗ	150	1×150
УКТ-0,38-150УЗ	150	1×150
УКБ-0,38-150УЗ	150	–
УКБН-0,38-200-50УЗ	200	4×50

Приложение 9

ВАРИАНТЫ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ К ШИНАМ ЦЕХОВЫХ СЕТЕЙ



ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯХ СЕРИИ ВА

Наиболее современными являются автоматические выключатели серии ВА (рис. 1, 2). Они имеют уменьшенные габариты, совершенные конструктивные узлы и элементы. Работают в сетях постоянного и переменного тока. В табл. 10.1 предоставлены данные ВА, т. к. они применяются в комплектных распределительных устройствах в виде различных комбинаций (ПР 85, ПР 87).

Выключатели серии ВА разработок 51, 52, 53, 55 предназначены для отключений при коротких замыканиях и перегрузках в электрических сетях, отключений при недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей. Выключатели серии ВА разработок 51 и 52 имеют тепловой (ТР) и электромагнитный расцепители, иногда только ЭМР.

ВА 51 имеют среднюю коммутационную способность.

ВА 52 – повышенную.

ВА 51Г и ВА 52Г предназначены для защиты АД с короткозамкнутым ротором, работающих в режиме автоматического самозапуска (пуск и отключение).

Уставка срабатывания в зоне перегрузки составляет $1,25I_{н.р}$ в течение времени не более 2 ч (с нагретого состояния).

Имеют двух- и трехполюсное исполнение на напряжение до 660 В переменного и до 400 В постоянного тока.

ВА 51-31-1 применяются только для осветительных установок и имеют однополюсное исполнение. Выключатели серии ВА разработок 53, 55, 75 имеют полупроводниковый максимальный расцепитель с регулированием ступеней: номинального тока расцепителя: 0,63; 0,8; 1,0 от номинального тока выключателя. Например, при $I_{на.} = 160$ А можно установить $I_{нр} = 100, 125, 160$ А; уставки срабатывания в зоне короткого замыкания для переменного тока – (2, 3, 5, 7, 10) $I_{н.р}$, для постоянного – (2, 4, 6) $I_{н.р}$. уставки времени срабатывания при 6 $I_{нв}$ переменном и 5 $I_{нв}$ постоянном токе – 4,8 с. и 16 с.

ВА 53 – токоограничивающие, ВА 55 – селективные с выдержкой времени в зоне короткого замыкания: 0,1; 0,2; 0,3 с – для переменного и 0,1; 0,2 с – для постоянного тока

БПР – блок полупроводникового расцепителя. Селективность обеспечивается при токах короткого замыкания от 20 до 28 кА в зависимости от конкретного типа выключателя.

При больших токах короткого замыкания выключатели срабатывают мгновенно (без выдержки времени).

Ток срабатывания в зоне перегрузки равен $1,25 \cdot I_{нр}$ для всех выключателей. Максимальные значения тока уставки I_y выбирают, если на защищенном участке возможны большие броски тока, обусловленные технологическим процессом, включением трансформаторов или пуском электродвигателей.

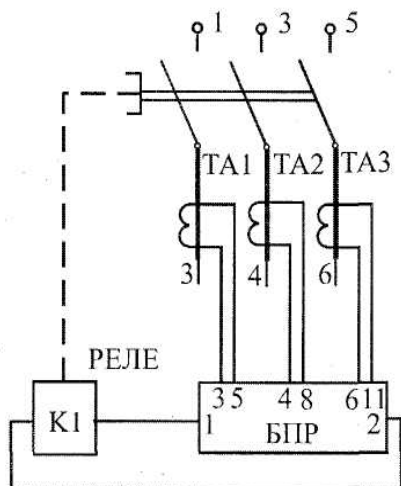


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема ВА 53 (55, 75)

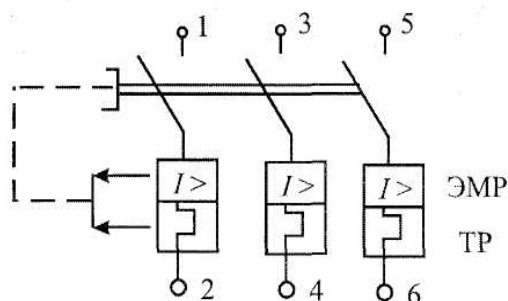


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема ВА 51 (52)

При спокойном характере нагрузки ток уставки $I_{y(кз)}$ следует выбирать не более $5 \cdot I_{нр}$, а при отсутствии бросков тока $I_{y(кз)} = 2 \cdot I_{нр}$. В случае необходимости кратность отсечки можно увеличить в период эксплуатации. Уставку по времени срабатывания в зоне перегрузки более 4 с следует принимать при тяжелых условиях пуска ЭД (большая кратность пускового тока, значительный момент инерции механизма) или при длительных пиках тока технологической перегрузки. По условиям отстройки от пусковых токов (или пиков нагрузки) желательно, чтобы ток и время срабатывания превышали расчетные значения не менее чем в 1,5 раза.

По условиям селективности выключатель, который ближе к источнику питания, должен иметь время действия не менее чем в 1,5 раза больше (при том же токе) времени действия выключателя ниже лежащей ступени. Выключатели ВА 56 не имеют максимальных расцепителей, но имеют главные контакты с электродинамическими компенсаторами, которые обладают термической и электродинамической стойкостью. Несмотря на отсутствие расцепителей при больших значениях тока короткого замыкания, они автоматически отключаются.

Структура условного обозначения автоматического выключателя

ВА	51	-	31	-	1
Обозначение выключателя					Обозначение количества полюсов:
Разработка					1 — один
51, 52 — с ТР и ЭМР					2 — два
53, 55, 75 — с ПМР					3 — три
56 — без МР					
Обозначение номинального тока (I_n , А) выключателя:					
25 — 25 А		39 — 630 А			
29 — 63 А		41 — 1000 А			
31 — 100 А		43 — 1600 А			
33 — 160 А		45 — 2500 А			
35 — 250 А		47 — 4000 А			
37 — 400 А					

Структура условного обозначения степени защиты

I	P	5	4
International Protection			Защита от проникновения воды:
Защита от соприкосновения и попадания посторонних тел:			4 - от брызг в любом направлении;
4 - размером более 1мм;			X - отсутствует
5 - от пыли;			
X - отсутствует			

Таблица 10.1

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ СЕРИИ ВА

Тип	Номинальный ток, А		Кратность установки		I _{откл} , кА
	I _{н.а}	I _{н.р}	Кот.перег.	Кот.к.з.	
ВА 51-25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6	1,2	14	3
		2,0; 2,5; 3,15; 4; 5			1,5
ВА-25	25	6,3; 8	1,35	7,10	2
		10; 12,5			2,5
		16; 20; 25			3,0
ВА 51-31-1 ВА 51Г-31	100	6,3; 8; 10;12	1,35	3, 7, 10	2
		10			2,5
		20; 25			3,5
		31,5; 40; 50; 63			5
		80; 100			0
ВА 51-31 ВА 51Г-31	100	6,3;8	1,35	3, 7, 10	2
		10;12,5			2,5
		10;12,5			3,8
		31,5; 40; 50; 63			6
		80; 100			7
ВА 51-33 ВА 51Г-33	160	80; 100; 125; 160	1,25	10	12,5
ВА 51-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	1,25	12	15
ВА 51-37	400	250,320, 400	1,25	10	25
ВА 51-39	630	400; 500; 630	1,25	10	35
ВА 52-31 ВА 52Г-31	100	16; 20;25	1,35	3,7,10	12
		31,5; 40			15
		50; 63			18
		80;100	1,25		25
ВА 52-33 ВА 52Г-33	160	80; 100	1,25	10	28
		125; 160			35
ВА 52-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	1,25	12	30
ВА 52-37	400	250; 320; 400	1,25	10	30
ВА 52-39	630	250; 320; 400; 500; 630	1,25	10	40
ВА 53-37 ВА 55-37	160	Регулируется ступенями 0,63-0,8-1,0 от I _{н.в}	1,25	2; 3; 5; 7; 10	20
	250				
	400				
ВА 53-39 ВА 55-39	160	Регулируется ступенями 0,63-0,8-1,0 от I _{н.в}	1,25	2; 3; 5; 7; 10	25
	250				
	400				
	630				
ВА 53-41 ВА 55-41	1000	Регулируется ступенями 0,63-0,8-1,0 от I _{н.в}	1,25	2; 3; 5; 7	25
ВА 53-43 ВА 55-43	1600	Регулируется ступенями 0,63-0,8-1,0 от I _{н.в}	1,25	2; 3; 5; 7	31
ВА 53-45 ВА 55-45 ВА 75-45	2500	Регулируется ступенями 0,63-0,8-1,0 от I _{н.в}	1,25	2; 3; 5	36
				2; 3; 5; 7	
ВА 75-47	4000	Регулируется ступенями 0,63-0,8-1,0 от I _{н.в}	1,25	2; 3; 5	45

Приложение 11

АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ

Таблица 11.1

РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ВЫБОРА АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ В СИЛОВЫХ СЕТЯХ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Аппараты защиты	Линия без ЭД	Линия с одним ЭД	Линия с группой ЭД
Аппарат с комбинированным расцепителем	$I_{н.р} \geq I_M$ $I_o \geq I_M$	$I_{н.р} \geq 1,25 I_{н.д}$ $I_o \geq 1,25 I_{пуск}$	$I_{н.р} \geq 1,1 I_M$ $I_o \geq 1,25 I_{шик}$
Предохранитель с плавкой вставкой	$I_{вс} \geq I_M$	$I_{вс} \geq I_{н.д}$ $I_{вс} \geq \frac{I_{пуск}}{\alpha}$	$I_{вс} \geq I_M$ $I_{вс} \geq \frac{I_{шик}}{\alpha}$

Таблица 11.2

КРАТНОСТИ ДОПУСТИМЫХ ТОКОВ ЗАЩИТНЫХ АППАРАТОВ

К _{зщ.}	Аппараты защиты, вид помещения	Защита от перегрузки
1,25	Предохранители и автоматы только с ЭМР, защищающие сети с резиновой и пластиковой изоляцией во взрыво-, пожароопасных, жилых и торговых помещениях	Обязательная
1,0	Предохранители и автоматы только с ЭМР, защищающие сети с любой изоляцией, в неопасных помещениях Автоматы с комбинированным расцепителем, защищающие сети с любой изоляцией, в любых помещениях.	
от 0,8 до 0,66	Автоматы с комбинированным регулируемым расцепителем, защищающие кабель с бумажной изоляцией	
0,33	Предохранители	нет

Таблица 11.3

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

Тип	Номинальный ток плавких вставок, А			
ПР-2-15	6	10	15	–
ПР-2-60	15	20	25	35;45;60
ПР-2-100	-	60	80	100
ПР-2-200	100	125	160	200
ПР-2-350	220	225	260	300,350
ПР-2-600	350	430	500	600
ПР-2-1000	600	700	850	1000

Приложение 12

КАБЕЛИ

Таблица 12.1

**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 ²	Ток, А, для кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
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	—	—	—	—

Таблица 12.2

**Допустимый длительный ток для проводов с резиновой
и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами**

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов проложенных в одной трубе					
	открыто	Ток, А, для проводов проложенных в одной трубе				
		двух одножильных	трех одножильных	четырёх одножильных	одного двухжильного	одного трехжильного
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	56	60	55

25	105	85	80	70	75	65
----	-----	----	----	----	----	----

Продолжение табл. 12.2

35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	–	–	–
185	390	–	–	–	–	–
240	465	–	–	–	–	–
300	535	–	–	–	–	–
400	645	–	–	–	–	–

Примечание. Допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут выбираться по табл. 12.1, как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

Приложение 13

ОБРАЗЕЦ СВОДНОЙ ВЕДОМОСТИ ВЫБРАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Таблица 13.1

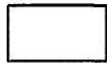
СВОДНАЯ ВЕДОМОСТЬ

РУ		Электроприемники					Аппараты защиты					Линия ЭСН		
Тип	I _н , А	№ п/п	Наименование	n	P _н , кВт	I _н , А	Тип	I _{н.а} , А	I _{н.р} , А	K _{у(н)}	K _{у(кз)}	Марка	I _{доп} , А	L, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ШРА4-630-32-уз	630	6-10	Станок карусельный	1	40	135, 2	ВА 52-37-3	250	200	1,25	7	АВВГ 2(3×70)	250	20

**УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
В СХЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

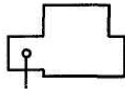
Потребители

Электроприемник
(общее обозначение)



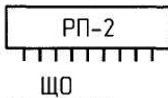
СВ Конденсаторная установка

Темплет
электроустановки



$\frac{2}{13,2}$ - Номер на плане
- Мощность, кВт

Распределительные устройства



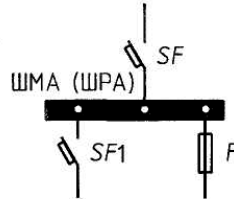
Общее обозначение РУ
(РП, РЩ, ШР и т. п.)



- Щит рабочего освещения



- Щит аварийного освещения

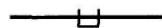


Шинопровод
с разъемными
присоединениями

Прокладка



- На стойках (шинопровод)



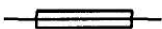
- В лотке



- В траншее (кабели)



- В полу



- В канале (пучок кабелей)



- Под полом

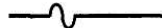


- В трубе

Разводка



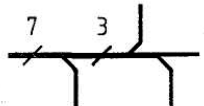
- Кабель (провод)



- Гибкий кабель



- Сборка кабелей
(проводов в пучок)



- Разводка кабелей
из пучка

Примечание. Прокладку на чертеже показать в начале
отходящих от РП линий.

ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
КАМЫШИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (филиал)
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Среднетехнический факультет

Кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий»

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

по дисциплине «Электроснабжение »

на тему «Электроснабжение механического
цеха завода тяжелого машиностроения»

Выполнил
Студент группы

Проверил
Преподаватель
Кафедры ЭПП

Камышин 2006 г

ОБРАЗЕЦ СОДЕРЖАНИЯ**Содержание:**

Введение	3
1. Характеристика электроприемников механического цеха завода тяжелого машиностроения, электрических нагрузок и технологического процесса	5
2. Классификация помещений	8
3. Категория надежности электроснабжения и выбор схемы электроснабжения	11
4. Расчет электрических нагрузок	14
5. Выбор компенсирующего устройства и силовых трансформаторов	18
6. Выбор аппаратов защиты и распределительных устройств	21
7. Выбор линий электроснабжения	23
8. Проверка выбранного сечения линии по потере напряжения	26
Заключение	30
Литература	33

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров К. К. и др. Электротехнические чертежи и схемы. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Астахов Б. А. и др. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Е. А. Конюхова. Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. – М.: Издательство «Мастерство», 2002.
4. Постников. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Высшая школа, 1986.
5. Правила устройства электроустановок. 6-е изд. – М.: Главгосэнергонадзор России, 1999.
6. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. – М.: НЦ ЭНАС, 2004.
7. Рекус Г. Г. Электрооборудование производств. – М.: Высшая школа, 2005.
8. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. Т. 1. Электроснабжение / Под общ. Ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
9. Шеховцов В. П. справочник пособие по ЭО и ЭСН. Обнинск: Фабрика офсетной печати. 2004.
10. Электротехнический справочник. Под общей редакцией проф. МЭИ В. Г. Герасимова. В 4-х т. Т. 3. – М.: МЭИ, 2004.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РГР	4
1.1. Цели структура РГР	4
1.2. Правила оформления пояснительной записки	5
2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА	8
2.1. Характеристика электроприемников	8
2.2. Классификация помещений	9
2.3. Категория надежности электроснабжения и выбор схемы электроснабжения	11
2.4. Расчет электрических нагрузок и выбор трансформаторов	13
2.5. Выбор компенсирующего устройства	18
2.6. Расчет выбор аппаратов защиты	19
2.7. Выбор марки и сечения линии электроснабжения	22
2.8. Проверка по потере напряжения	24
2.9. Общие положения выполнения чертежей	25
3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	28
3.1. Характеристика электроприемников	29
3.2. Характеристики помещений	30
3.3. Определение категории надежности	31
3.4. Определение расчетных нагрузок	34
3.5. Выбор компенсирующего устройства	37
3.6. Выбор аппаратов защиты и линий электроснабжения	38
3.7. Проверка выбранной линии электроснабжения по потере напряжения	41
ПРИЛОЖЕНИЯ	43
Приложение 1. Классификация помещений	44
Приложение 2. Варианты цеховых радиальных схем	46
Приложение 3. Значения коэффициентов, применяемых для расчета нагрузок цеха	47
Приложение 4. Распределительные пункты	52
Приложение 5. Схема составного распределительного пункта	56
Приложение 6. Технические данные шинопроводов	57
Приложение 7. Технические данные цеховых трансформаторов	59
Приложение 8. Технические данные компенсирующих устройств	61
Приложение 9. Варианты присоединения линий электроснабжения к шинам цеховых сетей	62
Приложение 10. Общие сведения об автоматических выключателях серии ВА	63
Приложение 11. Аппараты защиты	67
Приложение 12. Кабели	68
Приложение 13. Образец сводной ведомости выбранного оборудования	70
Приложение 14. Условные графические обозначения в схемах электроснабжения	71
Приложение 15. Образец титульного листа	72
Приложение 16. Образец содержания	73
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	74