

Со всеми замечаниями и предложениями просим обращаться по адресу: Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая школа».

Борис Владимирович Гетлинг

ЧТЕНИЕ СХЕМ И ЧЕРТЕЖЕЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Редактор А. Ш. Долгова. Художественный редактор Т. В. Панина. Художник А. И. Шавард. Технический редактор Т. Д. Гарина. Корректор Р. К. Косинова

ИБ № 2370

Изд. № Эг-364. Сдано в набор 14.03.79. Подп. в печать 04.12.79. Т—17490. Формат 60×90^{1/16}. Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 7,5 усл. печ. л. 7,09 уч. изд. л. Тираж 150 000 экз. Зак. № 442. Цаки 20 коп.

Издательство «Высшая школа»,
Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли, 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.

Гетлинг Б. В.

Г44 Чтение схем и чертежей электроустановок. Учеб. пособие для сред. проф.-техн. училищ. — 6-е изд., исправл. — М.: Высш. школа, 1980. — 120 с., ил. (Профтехобразование. Энергетика.)

20 к.

В книге рассмотрены назначение, классификация и условные обозначения электрических схем и чертежей электроустановок, дано описание этих схем и чертежей. Шестое издание книги приведено в соответствии с новыми программами для средних профтехучилищ и новыми ГОСТами.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава первая. Общие сведения о чертежах и правилах их выполнения	6
Глава вторая. Электрические схемы	12
§ 1. Назначение схем	12
§ 2. Условные обозначения, применяемые в схемах	13
§ 3. Содержание и назначение структурных схем	14
§ 4. Содержание и назначение функциональных схем	15
§ 5. Содержание и назначение принципиальных (полных) схем	16
§ 6. Принципиальные схемы энергетических устройств	18
§ 7. Принципиальные схемы электропривода	30
§ 8. Содержание и назначение схем соединений (монтажных)	44
§ 9. Методические указания по чтению схем вспомогательных цепей	48
§ 10. Содержание и назначение схем электрических цепей с элементами электроники	48
§ 11. Методические указания по чтению схем цепей с элементами электроники	51
Глава третья. Чертежи электроустановок и электросетей	53
§ 12. Общая характеристика чертежей электрических устройств	53
§ 13. Чертежи трансформаторных подстанций и распределительных устройств напряжением выше 1000 В	53
§ 14. Монтажные чертежи и чертежи крепления различной аппаратуры	65
§ 15. Чертежи распределительных устройств до 1000 В	69
§ 16. Чертежи опор электрических линий до 1000 В и выше	71
§ 17. Методические указания по чтению чертежей электроустановок	75
§ 18. Общая характеристика и условные обозначения чертежей электрических сетей	77
§ 19. Чертежи силовых электросетей	79
§ 20. Чертежи электроосветительных сетей	82
§ 21. Методические указания по чтению чертежей электрических сетей	85
Приложения	65

ВВЕДЕНИЕ

Решениями партии и правительства определены масштабы и темпы развития народного хозяйства СССР, намечен значительный подъем материального и культурного уровня жизни народа на основе высоких темпов развития производства, повышения его эффективности, ускорения роста производительности труда.

Так как основой технического прогресса является электрификация промышленности, транспорта, связи и сельского хозяйства, государственным планам предусмотрено строительство всех видов электростанций увеличенной мощности (4—6 млн. кВт для тепловых и 1—1,5 млн. кВт для атомных), а также магистральных линий электропередачи напряжением 500, 750 и 1150 кВ.

Рост энергооборуженности промышленного и сельскохозяйственного производства, внедрение во все отрасли народного хозяйства новых, более совершенных технологических процессов требуют постоянного увеличения численности высококвалифицированных электриков (электромонтеров, электромонтажников, электрослесарей), которые должны уметь разбираться в достаточно сложной технической документации — «читать» схемы и чертежи различных электроустановок.

В производственной деятельности человека очень часто бывает необходимо изобразить объект этой деятельности, т. е. предмет, подлежащий изготовлению или обработке. Существует три способа изображения предмета: рисунок, фотография и чертеж.

Рисунок и фотография в силу закона перспективы дают искаженное изображение предмета. По ним трудно воспроизвести данный предмет, хотя общее представление о трехмерном (т. е. имеющем длину, ширину и высоту) предмете они дают с полной наглядностью. Однако этого мало. Практика требует такого изображения предмета, которое точно передавало бы его форму и не искажало относительных размеров всех его элементов. Этому требованию удовлетворяет чертеж.

Чертеж — это изображение предмета посредством отдельных его видов (их называют проекциями): вида спереди, вида сзади, вида сбоку, вида сверху и т. д. Каждый вид является изображением одной стороны предмета. Чтобы представить весь предмет в целом, надо мысленно объединить все виды по определенным правилам и с соблюдением ряда условностей, без знания которых нельзя понять (прочитать) чертеж, т. е. получить полное представление об изображенном на нем предмете и его технических данных, необходимых для изготовления, сборки и монтажа.

Чтение чертежей требует большого внимания, понимания условностей чертежа и технических знаний в той отрасли, к которой относится изображенный на чертеже предмет, а также развитого пространственного представления, которое приобретается упражнениями в процессе выполнения чертежей. Поэтому во всех технических учебных заведениях учащихся обучают не только читать, но и выполнять чертежи.

Чертеж является техническим документом, содержащим исчерпывающие указания по изготовлению того или иного изделия (машины, механизма и т. п.), сборке, монтажу электрической проводки. Отступление от чертежа (если оно вызывается местными условиями) разрешается только с согласия проектной организации, составившей данный чертеж.

Таким образом, умение свободно читать чертежи — важная сторона квалификации каждого производственника: от квалифицированного рабочего (слесаря, токаря, электромонтера и т. д.) до инженера.

Непосредственному исполнителю (слесарю, токарю, электромонтеру) достаточно в совершенстве разбираться в чертежах по своей узкой специальности и иметь представление о чертежах по тем смежным специальностям, которые связаны с его работой. Так, электромонтажнику по силовым и осветительным установкам следует иметь некоторое представление о строительных чертежах, а также о чертежах машин и металлоконструкций. Электромонтер по воздушным линиям электропередачи должен разбираться в чертежах деревянных и металлических конструкций и в геодезических чертежах (планах расположения построек завода или поселка и картах местности).

Каждый квалифицированный электромонтер кроме умения читать чертежи по своей специальности должен также хорошо разбираться в схемах, т. е. в условном изображении различных элементов электрической цепи и их связи между собой. Схема часто является основным руководящим техническим документом при монтаже, наладке и контроле установки, а также различных ремонтных работах по устранению тех или иных дефектов электрической цепи.

Настоящее учебное пособие в основном дает информацию по чтению схем и чертежей, с которыми встретятся на практике будущие электромонтажники, электрослесари и электромонтеры. Поэтому основное внимание уделяется темам 7 и 8 программы предмета «Техническое черчение» для электроэнергетических профессий (на 78 ч). По остальным темам дается весьма краткая информация и эти темы должны изучаться учащимися по другим пособиям.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЧЕРТЕЖАХ И ПРАВИЛАХ ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

Как известно, предметы изображают методом прямоугольного проецирования. При этом предполагается, что предмет расположен между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций (фронтальной V , горизонтальной H и профильной W).

Для этого предмет, чертеж которого желательно построить, располагают так относительно вертикальной (фронтальной) плоскости проекций, изображение на которой является главным, чтобы получить наиболее полное представление о его форме и размерах. Например, прямоугольный брусок (рис. 1, а) нужно расположить так чтобы его передняя и задняя грани были параллельны фронтальной плоскости проекции. На рис. 1, б показан чертеж бруска, полученный посредством поворота плоскости H вокруг оси OX , а плоскости W вокруг оси OZ до совпадения обеих плоскостей с плоскостью V . Согласно ГОСТ 2.305—68 на чертежах основные виды должны располагаться, как показано на рис. 1, б

На практике встречаются машиностроительные, строительные, электротехнические, геодезические и другие чертежи, для каждого из которых существуют свои стандарты и правила начертания, причем часть из них относится к нескольким видам чертежей.

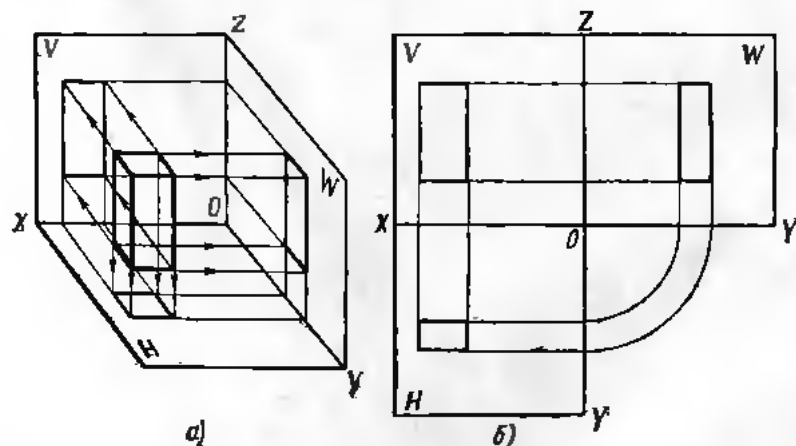


Рис. 1. Изображение бруска:
а — на плоскостях проекций, б — на чертеже

Масштабы, т. е. отношение длины отрезка на чертеже к его действительной длине согласно ГОСТ 2.302—68, должны выбираться из следующего ряда:

масштабы уменьшения 1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 25; 1 : 40; 1 : 50; 1 : 75; 1 : 100; 1 : 200; 1 : 400; 1 : 500; 1 : 800; 1 : 1000; натуральная величина 1 : 1;

масштабы увеличения 2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 40 : 1; 50 : 1; 100 : 1. Указанные масштабы применяют в машиностроительных, строительных и других чертежах.

Начертания и основные назначения линий на чертежах должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.303—68 и приведены в табл. 1 приложения.

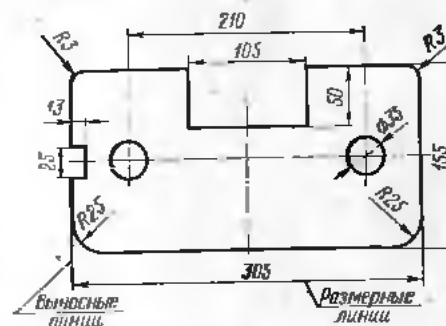


Рис. 2. Нанесение размеров

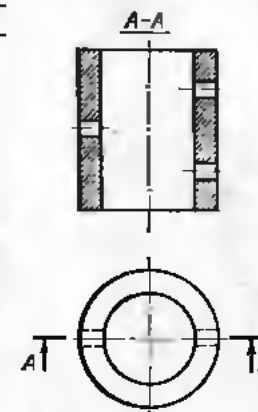


Рис. 3. Чертеж пустотелого цилиндра

Для определения размера изображенного изделия служат размерные числа, нанесенные на чертеж. При указании размера проводят тонкие сплошные размерные линии и над ними надписывают размерные числа. Размерную линию ограничивают стрелками, упирающимися острием в соответствующие линии — контурные, выносные, осевые.

Если на размерной линии нет достаточного места для стрелок, линию и стрелки наносят снаружи, а острие стрелок направляют к соответствующим линиям контура, выносным, осевым и др. (рис. 2, размеры 13 и $\varnothing 35$). При нанесении размера диаметра перед размерным числом ставит условный знак \varnothing , а при нанесении размера радиуса закруглений — латинскую букву R ($\varnothing 35$ и $R 25$).

Для выявления формы и размеров внутренних контуров изображаемого изделия служат размеры и сечения.

Разрезом называют условное изображение изделия, мысленно рассеченного плоскостью с удалением той части изделия, которая находится между наблюдателем и секущей плоскостью.

На рис. 3 показан чертеж пустотелого цилиндра в двух проекциях. Цилиндр рассечен вертикальной плоскостью, параллельной фронтальной плоскости проекций и проходящей через ось цилиндра. Половина цилиндра, расположенная между наблюдателем и секу-

щей плоскостью, условно удалена. В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций различают следующие разрезы: горизонтальные — секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (разрез А—А на рис. 4);

вертикальные — секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (см. разрез А—А на рис. 3);

наклонные — секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличающийся от прямого.

В зависимости от числа секущих плоскостей различают:

простые разрезы — при одной секущей плоскости (см., например, рис. 3) и сложные — при нескольких секущих плоскостях.

Сложные разрезы бывают ступенчатыми, если они образуются посредством параллельных секущих плоскостей, и ломаными, если они образуются при помощи плоскостей, пересекающихся под некоторым углом.

На рис. 5 показаны примеры сложных разрезов: ломаного А—А и ступенчатого В—В. На фронтальной плоскости проекций изображен ломаный разрез, представляющий собой совмещение двух разрезов, полученных в результате пересечения предмета двумя вертикальными секущими плоскостями, из которых первая (левая) наклонена к фронтальной плоскости проекций, а вторая (правая) параллельна ей. Левая секущая плоскость в данном случае повернута по часовой стрелке до совмещения с направлением правой плоскости, в результате чего получена одна секущая плоскость А—А. Горизонтальный ступенчатый разрез вычерчен с сов-

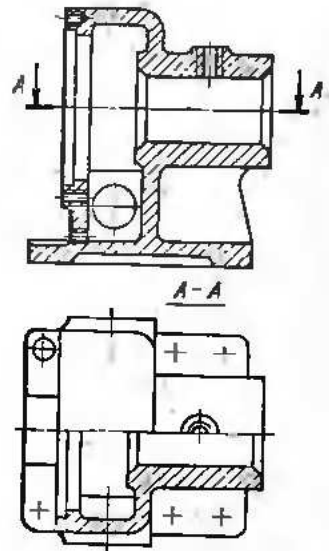


Рис. 4. Горизонтальный разрез

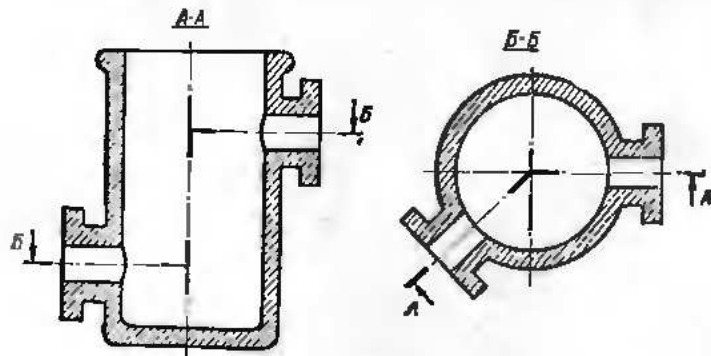


Рис. 5 Сложные разрезы:
А—А — ломаный, В—В — ступенчатый

мещением двух секущих горизонтальных плоскостей в одну плоскость В—В.

Положение секущих плоскостей указывают на чертежах линией сечения — разомкнутой линией с начальным у перегиба и конечным штрихами. На начальном и конечном штрихах ставят стрелки, указывающие направление взгляда (рис. 5). Если

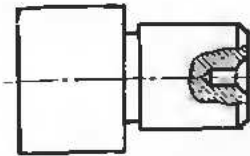


Рис. 6. Местный разрез

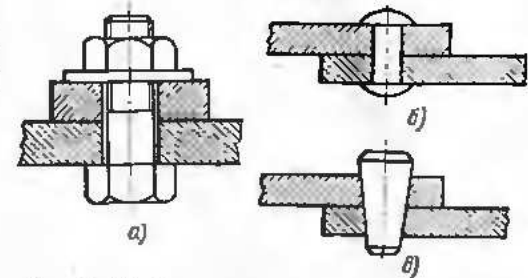


Рис. 7. Изображение соединений в разрезах:
а — болтового, б — заклепочного, в — коническим штифтом

нужно показать в разрезе лишь отдельный участок предмета, применяют местные разрезы (рис. 6).

Когда секущая плоскость направлена по оси таких элементов, как непустотелые валы, болты, винты, заклепки, шпонки, клинья, шпильки, штифты и т. п., их в разрезе не штрихуют (рис. 7, а, б и в).

Сечением называется плоская фигура, которая получается в результате пересечения предмета секущей плоскостью. При изображении сечений показывают только то, что лежит в секущей плоскости. Иногда для полного представления о форме предмета или его отдельных элементов не

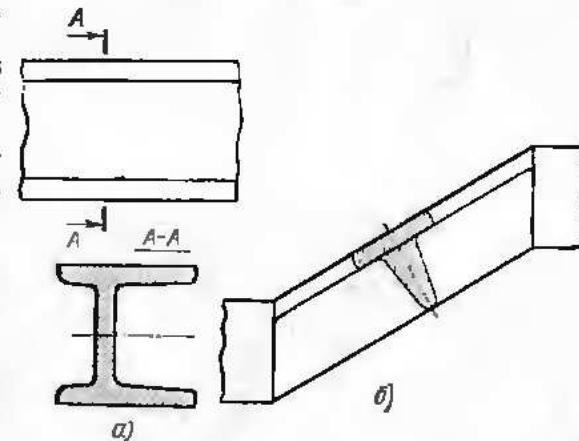


Рис. 8. Примеры сечений:
а — вынесенное, б — наложенное

требуется давать разрез, т. е. изображать то, что лежит за секущей плоскостью, а достаточно дать сечение. Сечения располагают на чертеже двумя способами: вне контура изображения — вынесенное сечение (рис. 8, а) и внутри контура изображения — наложенное сечение (рис. 8, б).

Когда приходится вычерчивать предметы большой длины при относительно небольших поперечных размерах, например трубы, валы, шатуны и т. п., для ясности чертежа и удобства простав-

ки размеров его выполняют в крупном масштабе. Чтобы изображение не получалось при этом слишком большой длины, допускается показывать предмет с разрывами, т. е. условно удалять части, имеющие постоянное или равномерно изменяющееся поперечное сечение. Обрывы показывают сплошной тонкой волнистой линией для

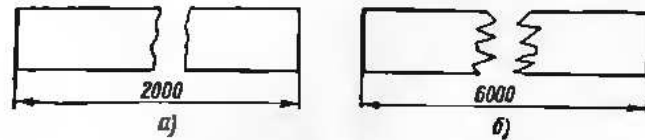


Рис. 9. Изображение обрыва:
а — общее, б — для деревянных изделий

всех материалов (рис. 9, а), кроме дерева, для которого он изображается зигзагообразной линией (рис. 9, б).

Резьбу и ее элементы изображают на чертеже, как показано на рис. 10. Каждый болт, винт или резьбовое отверстие при их условном изображении характеризуются основными элементами резьбы: наружным диаметром d , внутренним диаметром d_1 и длиной резьбы l_0 .

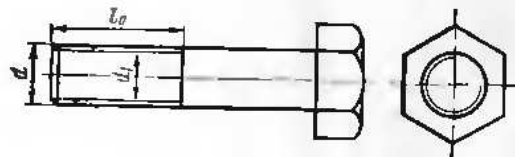


Рис. 10. Изображение резьбы на болте

Наружную поверхность резьбы на стержне изображают сплошной основной, а внутреннюю — сплошной тонкой линией.

На изображениях проекций резьбы на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы, а на видах, полученных проектированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, проводят дугу приблизительно на $3/4$ окружности, разомкнутую в любом месте.

Для ознакомления с изображением на чертежах швов сварных соединений рекомендуется изучить ГОСТ 2.312—72.

Строительные чертежи. Электромонтажник или электромонтер встречается с чертежами тех зданий, в которых монтируется и уже установлено то или иное электрооборудование, поэтому он должен уметь разбираться также в строительных чертежах, которые по сравнению с чертежами машиностроительными имеют свою специфику, без знания которой иногда затруднительно их чтение.

Строительные чертежи должны показывать как внешний вид здания (фасады), так и внутреннее устройство (планы и разрезы). Планы и разрезы выполняют в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций H (поэтажные планы), параллельных фронтальной плоскости проекций (продольные разрезы) и параллельных профильной плоскости проекций (поперечные разрезы).

Для многоэтажных зданий количество планов соответствует числу этажей. Обычно выполняют один продольный разрез (иногда его делают ступенчатым) и несколько поперечных. В зависимости от конфигурации здания некоторые разрезы делают не через все этажи, а лишь в пределах одного этажа.

Кроме того, для изображения внешнего вида здания и его архитектурного решения дополнительно дают: вид спереди (главный фасад); вид сзади (задний фасад) и вид сбоку (боковые фасады). Иногда дают вид сверху, т. е. план крыши.

Правила нанесения размеров для строительных чертежей в основном те же, что и для машиностроительных, но на архитектурно-строительных чертежах стрелки на концах размерных линий заменяют штрихами, нанесенными под углом 45° к размерным линиям.

Особенностью строительных чертежей является то, что вертикальные размеры можно указывать двояко: обычным способом и при помощи «отметок». Под относительной отметкой понимают расстояние по вертикали от какого-либо условного уровня (горизонтальной плоскости), принимаемого за нулевой (отметка 0,000), по данной горизонтальной плоскости (например, до плоскости пола какого-нибудь этажа). Иногда пользуются абсолютными отметками, понимая под этим вертикальное расстояние от уровня моря до интересующей горизонтальной плоскости. В этих случаях отметки указывают в метрах и условно обозначают наполовину залитым треугольником, нанесенным на выносной линии или на следе интересующей нас плоскости. Над треугольником ставят значение (положительное или отрицательное) отметки.

Пользуясь отметками, можно легко определить любой вертикальный размер, даже если не был проставлен размер, как разность отметок. В основном отметками пользуются для увязки уровней отдельных площадок и этажей, а также деталей фасада.

Имеются также некоторые особенности при нанесении размеров в плане, которые заключаются в том, что в строительных чертежах принято давать отдельные размеры не от поверхности стен, а от их осей. Это несколько затрудняет подсчет площадей отдельных помещений (потому иногда величину их пишут в квадратных метрах на планах в пределах каждого помещения), что облегчает разметку и кладку стен, колонн и других опорных конструкций.

Контрольные вопросы

1. Как получить вид предмета на плоскости проекций?
2. Какие бывают плоскости проекций?
3. Как получают чертеж изделия из отдельных его видов?
4. Как располагают на чертеже виды изделия?
5. Что такое масштаб и какие масштабы рекомендуются?
6. Как наносят размерные числа?
7. Что такое разрез и сечение?
8. Какие бывают разрезы?
9. Каковы особенности строительных чертежей?

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

§ 1. Назначение схем

Основными техническими документами, в которых должен хорошо разбираться каждый электромонтажник и электромонтер, являются чертежи и электрические схемы.

Чертеж дает представление о форме, размере, материале и составе изделия (установки). Однако во многих случаях, когда данное изделие (установка) состоит из целого ряда элементов (деталей), по чертежу не всегда можно понять взаимную (функциональную) связь между этими элементами. Чтобы разобраться в этих связях, служит *схема*, что особо важно при пользовании чертежами электрических установок.

Электрической схемой называют упрощенное и наглядное изображение связи между отдельными элементами электрической цепи, выполненное при помощи условных обозначений и позволяющее понять принцип действия данного электрического устройства, определить его состав и (с некоторым приближением) его стоимость. Электрическая схема облегчает ознакомление с любой электроустановкой и с любым электрическим аппаратом как в натуре, так и в чертежах, а при аварии помогает найти место повреждения в электрической цепи, является руководством при монтаже любых видов электропроводок, а также дает указание о способе и порядке соединений отдельных участков цепи.

Согласно ГОСТ 2.701—76 в зависимости от видов элементов и связей схемы бывают электрические, гидравлические, пневматические и кинематические. В настоящем пособии остановимся лишь на изучении электрических схем.

Согласно упомянутому стандарту в зависимости от основного назначения схемы подразделяются на структурные, функциональные, принципиальные (полные), схемы соединений (монтажные), общие и расположения.

Чтобы понять (прочитать) схему, необходимо знать те условные обозначения, которые использованы при ее вычерчивании. Условные обозначения должны полностью соответствовать требованиям ГОСТа, поэтому на схемах не дают каких-либо пояснений этих обозначений.

§ 2. Условные обозначения, применяемые в схемах

Уже в середине текущего столетия появилась необходимость унифицировать условные обозначения, при помощи которых в схемах описывается тот или иной процесс, то или иное изделие или установка. Это стало необходимым в первую очередь для того, чтобы схема была понятна любой группе работников производства независимо от их специальности как в нашей стране, так и за границей, поскольку большинство стран связано между собой товарообменом. В течение первой половины текущего столетия во всех странах с развитой промышленностью, в том числе в Советском Союзе, была произведена стандартизация условных графических обозначений, используемых при проектировании изделий и установок. Особенно велика была потребность в унификации условных обозначений для электрических схем.

В 1955 г. в Советском Союзе был выпущен ГОСТ 7624—55 «Обозначения условные графические в электрических схемах», который в дальнейшем подвергся значительным изменениям. В настоящее время при составлении электрических схем пользуются ГОСТами, вошедшими в Единую систему конструкторской документации (ЕСКД), на основании которых излагается материал настоящей главы. Кроме того, учтены «Указания методические межотраслевые (УММ)», выпущенные Госкомитетом стандартов в 1977 г.

При создании условных графических обозначений всегда исходят из простейших геометрических фигур, не представляющих затруднения при их изображении. Чтобы облегчить запоминание условных обозначений отдельных элементов электрической установки, их частично изображают наиболее характерными символами.

Так, для генераторов, электродвигателей и других электрических машин характерно наличие цилиндрических частей (статор, ротор), поэтому основой условного обозначения электрических машин служит окружность. Электрические машины постоянного тока характеризуются наличием щеток на коллекторе, поэтому в условных обозначениях машин данного типа имеется зачерненный прямоугольник, касающийся окружности.

Коммутирующие аппараты на схемах изображают, как правило, в отключенном положении, т. е. при отсутствии тока в цепях и внешних принуждающих сил, воздействующих на подвижные контакты. Все контакты разделяются на замыкающие и размыкающие.

Установлены три способа построения условных графических обозначений: упрощенный однолинейный, упрощенный многолинейный (форма I) и разнесенный (форма II).

В упрощенных однолинейных обозначениях провода питания или связи, выводы обмоток статора и ротора электрических машин изображают одной линией. Иногда при помощи отрезков, пересекающих эти линии под углом 45°, указывают число проводов.

В упрощенных многолинейных обозначениях все провода питания или связи, а также выводы статора или ротора обозначают отдельными линиями.

В разнесенных обозначениях обмотки трансформатора и статора изображают в виде цепочек полуокружностей, а обмотки ротора — в виде окружностей.

Условные обозначения, наиболее употребительные в электрических схемах, приведены в табл. 2 приложения.

§ 3. Содержание и назначение структурных схем

Схемы этого типа определяют основные элементы установки или изделия и разрабатываются на первой стадии проектирования (например, в проектном задании) для первоначальных решений. Их используют иногда для общего ознакомления с установкой или изделием. Поэтому на этих схемах дают упрощенное изображение основных элементов в виде прямоугольников и линии связи между этими элементами. Внутри прямоугольников обычно вписывают наименование элемента, а иногда и другие данные (например, мощность, напряжение и др.). Таким образом, структурная схема дает только общее представление об установке (или системе установок).

Рис. 11. Структурная схема электроснабжения промышленного предприятия

цию ТЭС, а также получающего энергию от районной энергосистемы через главную понижающую подстанцию ГПП. Электроэнергия напряжением 220 кВ подается из района по двум линиям электропередачи. Генераторы собственной ТЭС имеют напряжение 10 кВ.

Для возможности параллельной работы ТЭС и районной энергосистемы на ГПП должны быть установлены один или несколько понижающих трансформаторов напряжением 220/10 кВ. Кабели 10 кВ от ГПП и ТЭС подводятся к распределительным шинам 10 кВ главного распределительного устройства ГРУ, откуда энергия под напряжением 10 кВ распределяется через соответствующие распределительные пункты РП по цеховым трансформаторным подстанциям ТП.

Обычно структурные схемы дают только качественное понятие об общей структуре установки. Как видно из рис. 11, никакой информации о мощности и количестве генераторов и трансформаторов в отдельных элементах схемы не приводится.

§ 4. Содержание и назначение функциональных схем

Схемы этого типа разъясняют определенные процессы в отдельных элементах установок или энергетических устройств, являются дальнейшим развитием структурных схем и служат для более углубленного ознакомления с ними. В этих схемах дается значительно более широкая и полная характеристика всех элементов установки. Внутри каждого прямоугольника изображают, пользуясь условными обозначениями, все энергоисточники (генераторы) и преобразователи (трансформаторы) с указанием их мощности. Связи между отдельными элементами конкретизируются, т. е. указываются количество и типы соединительных линий.

Для примера на рис. 12 показана функциональная схема электроснабжения крупного промышленного предприятия, структурная схема которого была приведена на рис. 11. Из рис. 12 видно, что на функциональной схеме в отличие от структурной каждый крупный элемент системы электроснабжения (ГПП, ТЭС, ГРУ и РП) изображен с большими подробностями и с нанесением в пределах соответствующего прямоугольника отдельных, относящихся к нему агрегатов (генераторов и трансформаторов) с указанием их мощности, что позволяет понять назначение этих элементов и их роль в процессе электроснабжения.

Функциональные схемы дают более конкретную картину установки и часто используются при проектировании электроснабжения, например при расчете токов короткого замыкания и выборе основного оборудования на распределительных устройствах и трансформаторных подстанциях.

Как видно из рис. 12, линии электропередачи 220 кВ подключаются к двойной системе шин ГПП, на которой устанавливаются два трансформатора 220/10 кВ мощностью по 6300 кВ·А, а на ТЭС — два генератора по 7500 кВ·А напряжением 10 кВ. Для обеспечения

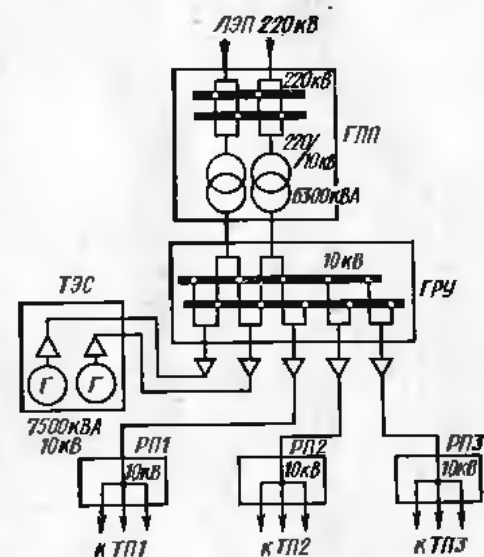


Рис. 12. Функциональная схема электроснабжения промышленного предприятия

высокой надежности снабжения предприятия электроэнергией на главном распределительном устройстве (ГРУ) предусматривается также двойная система шин, к которой подсоединяются кабели от генераторов ТЭС в сторону 10 кВ трансформаторов ГПП. К ним присоединяются также три распределительных пункта (РП1, РП2 и РП3) с одинарной системой шин, через которые электроэнергия распределяется по цеховым трансформаторным подстанциям.

§ 5. Содержание и назначение принципиальных (полных) схем

Схемы этого типа выполняют значительно подробнее структурных и функциональных. Их назначение не только облегчить понимание принципа действия устройства во всех подробностях, но и дать исходный материал для составления схем соединений, спецификаций и заявок на основное оборудование, приборы и аппараты, а также для разработки конструктивных чертежей распределительных устройств и щитов.

На принципиальной схеме изображают все электрические элементы, необходимые для нормальной работы установки (все аппараты включения и выключения, измерительные трансформаторы тока и напряжения), а также все электрические связи между ними.

Все элементы схемы вычерчиваются в отключенном положении в виде условных графических обозначений в соответствии с действующим ГОСТом (см. табл. 2 приложения). Условные графические обозначения изображают на схеме либо в положении, в котором они даны в стандарте, либо повернутыми на угол 90° против часовой стрелки.

Принципиальные схемы бывают в однолинейном и многолинейном изображениях. При однолинейном способе все цепи одной и той же системы (например, три фазы трехфазной цепи) изображают одной линией. Аналогично все три ножа рубящего трехполюсного выключателя или разъединителя и многофазную линию связи обозначают на схеме одной линией. При многолинейном способе каждую цепь одной и той же системы (фазы) изображают отдельной линией, а элементы каждого аппарата в их условном изображении дают отдельно для каждой цепи (фазы).

Линии связи должны быть показаны, как правило, полностью. Обрывать их допускается лишь в схемах очень большого размера или в случае второстепенных линий связи (например, цепи накала вакуумных электронных ламп), если полное изображение этих связей затруднило бы чтение основной схемы. Линии связи должны иметь толщину от 0,2 до 0,6 мм (в отдельных случаях допускается до 1 мм). Толщина линий силовых цепей должна быть толще линий вспомогательных цепей (цепей напряжения, цепей реле и автоматики и т. п.).

Каждый элемент, входящий в схему, должен иметь буквенно-цифровое обозначение согласно ГОСТ 2.709—72. Буквенное обозначение должно представлять собой сокращенное наименование эле-

мента, составленное из его начальных букв, например: трансформатор — Тр, трансформатор тока — ТТ, трансформатор напряжения — Тн, реле — Р и т. д.

Следует отметить, что в соответствии с ГОСТ 2.710—75 обозначения элементов должны выполняться латинскими буквами (в связи с расширением международных торговых связей). Однако в настоящем учебном пособии использованы русские буквы, так как читатель книги — в основном молодежь, не имеющая еще среднего образования, следовательно, латинские буквы для нее станут лишним усложнением.

Для пояснения функционального назначения некоторых элементов рекомендуется присвоение этим элементам дополнительных буквенных обозначений, например: КнП — кнопка «Пуск», КнС — кнопка «Стоп», РВ — реле вращения, РСк — реле скорости, Кл — контактор линейный.

Цифры порядковых номеров, которые на схеме присвоены одинаковым элементам, должны быть выполнены одним размером шрифта с буквенными обозначениями элемента и следовать за буквенным обозначением (например, Р1, Р2, ..., В1, В2, ... и т. д.).

В зависимости от назначения цепей принципиальные схемы разделяются на:

- схемы силовых цепей (цепей главного тока);
- схемы вспомогательных цепей (к ним относятся схемы цепей электрических измерений, управления электрическими аппаратами, сигнализации, автоматики и др.);
- объединенные схемы, где на одном чертеже изображаются цепи силовые и вспомогательные.

В принципиальных схемах условные графические обозначения выполняют совмещенным и разнесенным способами.

При совмещенном способе некоторые элементы схемы (например, катушки и кнопки управления, реле, трансформаторы тока и др.) размещают так, как эти элементы расположены в натуре, т. е. в непосредственной близости от основных элементов изделия (например, втягивающие катушки контактора рядом с условным обозначением контактов).

При разнесенном способе условные графические изображения составных частей элементов располагают в разных местах схемы, исходя из порядка прохождения по ним тока (т. е. последовательно), так чтобы отдельные цепи электрического аппарата были изображены наиболее наглядно. Разнесенным способом допускается вычерчивать как всю схему, так и ее отдельные части.

Отдельные цепи должны быть расположены одна под другой и образовывать параллельные строки (строчный способ выполнения разнесенной схемы). Допускается располагать строки на схеме и в вертикальном направлении. При выполнении схемы строчным способом рекомендуется параллельные строки нумеровать.

Для возможности чтения схем с разнесенным изображением все элементы одного и того же аппарата должны иметь одинаковое обозначение.

§ 6. Принципиальные схемы энергетических устройств

Принципиальные схемы силовых цепей чаще всего выполняются в однолинейном изображении, хотя иногда можно встретить и многолинейные схемы.

На принципиальных схемах, приведенных на рис. 13 и 14, показаны главные силовые цепи небольшой трансформаторной подстанции соответственно в многолинейном и однолинейном изображениях.

Для упрощения схем управления и измерительных приборов на рисунке не показаны.

Из схем видно, что в качестве аппаратов для включения и выключения нагрузки с обеих сторон каждого трансформатора 5 установлены высоковольтные выключатели и 7. Кроме того, для отключения выключателя от шин 35 и 6 кВ (2 и 11) имеются трехполюсные разъединители 1 и 8. При соединении к шинам 11 отходящих фидеров производят посредством высоковольтных выключателей 7 и двух комплектов разъединителей 8, при помощи которых можно отсоединить каждый масляный выключатель как от шин 6 кВ, так и от отходящих фидеров. Для присоединения реле и измерительных приборов на сторонах 35 и 6 кВ установлены трансформаторы тока 9 и 10.

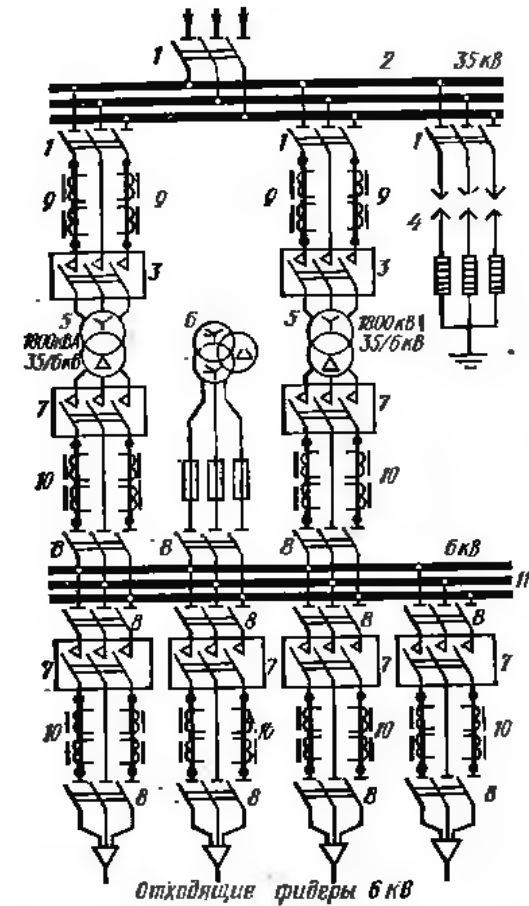


Рис. 13. Принципиальная схема главных цепей трансформаторной подстанции в многолинейном изображении

Для измерения напряжения, контроля изоляции и питания обмоток напряжения счетчиков имеется трехфазный пятистержневой трансформатор напряжения 6. Такой трансформатор имеет две вторичные обмотки: одна включена в звезду (ее используют для присоединения измерительных приборов), а другая — в открытый треугольник (для контроля изоляции). Для защиты от перенапряжения на шинах 35 кВ установлен комплект разрядников 4.

На рис. 15 показана принципиальная схема главных цепей электроснабжения крупного промышленного предприятия, структурные и функциональные схемы которого были приведены на рис. 11 и 12. Как видно из рис. 15, схема состоит из нескольких отдельных частей: схем ТЭС, ГПП, главного распределительного устройства ГРУ, а также распределительных пунктов заводской сети 10 кВ. Очень часто эти части изображаются на отдельных листах. В данном случае дана совместная схема потому, что ГРУ является общим распределительным устройством 10 кВ как для ТЭС, так и для ГПП.

На схеме нанесены только главные (силовые) цепи устройства. Вспомогательные цепи не изображены. Из принципиальной схемы ТЭС видно, что каждый из двух установленных генераторов Г1 и Г2 мощностью по 7500 кВ·А, напряжением 10 кВ соединяется при помощи кабельной линии (из двух кабелей сечением 3×95 мм²) с двойной системой шин 10 кВ ГРУ при помощи высоковольтного выключателя и двух комплектов разъединителей. Последнее обстоятельство позволяет каждый из генераторов подключать к любой из двух систем шин.

К шинам ГРУ присоединяется сторона 10 кВ обоих питающих трансформаторов ГПП мощностью по 6300 кВ·А. Схема подключения аналогична, т. е. при помощи высоковольтного выключателя и двойного комплекта разъединителей.

Со стороны 220 кВ трансформаторы подсоединены по той же схеме к двойной системе шин ГПП.

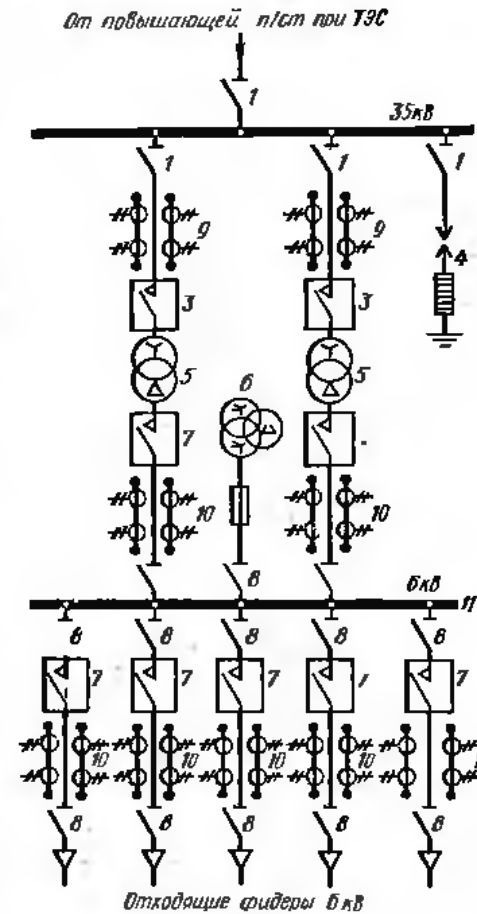


Рис. 14. Принципиальная схема главных цепей трансформаторной подстанции в однолинейном изображении

Описанная схема энергоснабжения обеспечивает высокую надежность питания предприятия электроэнергией как от ТЭС, так от энергорайона.

Подача напряжения 10 кВ от ГРУ для питания цеховых трансформаторных подстанций осуществляется через три распределительных пункта РП1, РП2 и РП3, которые имеют одинарную систему шин. Подача энергии на трансформаторные подстанции осуществляется кабелями, подсоединяемыми к шинам через разъединители. Выключатели предназначены для установки на цеховых трансформаторных подстанциях.

Как уже отмечалось, на рис. 15 схемы цепей релейной защиты

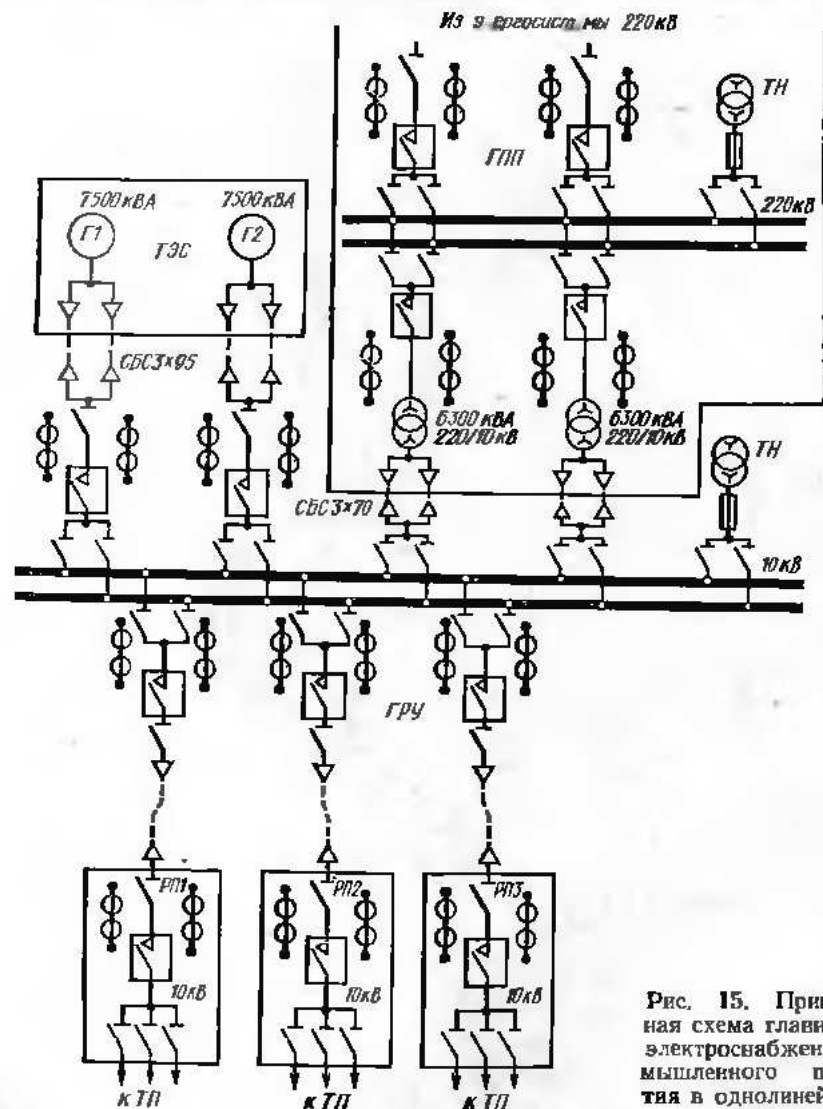


Рис. 15. Принципиальная схема главных цепей электроснабжения предприятия в однолинейном изображении

измерительных приборов и других элементов вспомогательных цепей на чертеже не нанесены. Для них обычно составляются специальные схемы. Однако аппараты, связывающие эти цепи с силовыми цепями, на схемах изображены. Так, на схеме мы видим условные изображения трансформаторов тока и напряжения. По условным изображениям этих аппаратов и их расположению в силовых цепях можно судить только о характере вспомогательных цепей. Для полного представления необходимо иметь специальные схемы.

Схемы вспомогательных цепей могут также иметь однолинейное и многолинейное изображения. Принципиальные схемы каждого вида этих цепей (цепей защиты, измерения и др.) могут быть изображены отдельно или совместно.

Для примера на рис. 16 показана принципиальная однолинейная схема генератора 6 кВ небольшой мощности, из которой видно, что генератор имеет защиту против однофазных замыканий на землю с действием на сигнал. Защита осуществляется посредством токового реле 6, присоединенного к трансформатору тока 5 нулевой последовательности и промежуточного реле 7, так как мощность контактов токовых реле недостаточна для прохождения по ним тока звукового сигнала. Кроме того, генератор защищен от перегрузок и коротких замыканий при помощи двух токовых реле 8 и 9 с выдержкой времени, работающих на отключение высоковольтного выключателя 1 от независимого источника тока (например, от аккумуляторной батареи).

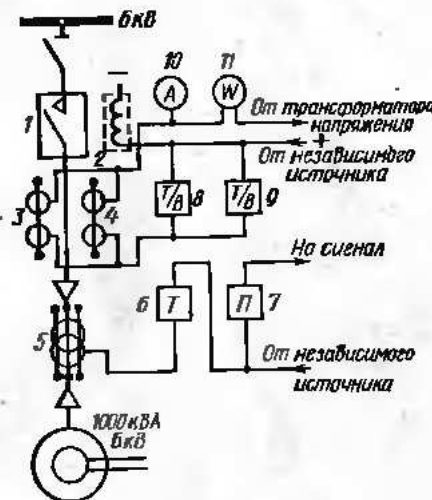


Рис. 16. Принципиальная схема генератора 6 кВ небольшой мощности в однолинейном изображении

Работа защиты заключается в следующем: при перегрузке генератора через релейные обмотки трансформаторов тока 3 и 4 и катушки реле 8 и 9 начинает протекать ток, достаточный для замыкания контактов реле, а следовательно, подачи напряжения на отключающую катушку 2 выключателя с последующим его отключением. При однофазном замыкании на землю в какой-либо точке сети во вторичной обмотке трансформатора 5 и обмотке реле 6 появляется ток, контакты реле 6 замыкаются и подают напряжение на обмотку промежуточного реле 7, контакты которого включают сигнализацию (сирену или звонок). Измерительные обмотки трансформаторов тока 3 и 4 служат для включения в них амперметра 10 и токовых обмоток трехфазного ваттметра 11.

Работа защиты становится понятнее, если схемы вспомогательных цепей даны в многолинейном изображении (рис. 17 и 18). Как

видно из рисунков, каждая схема выполнена для отдельной цепи. Схема, показанная на рис. 17, — для защиты генератора, а схема показанная на рис. 18, — для контрольно-измерительных приборов.

Многолинейные схемы читать довольно легко, так как они дают представление не только об общей идее данного соединения, но и о конкретном его выполнении. Например, из рис. 17 видно, что один

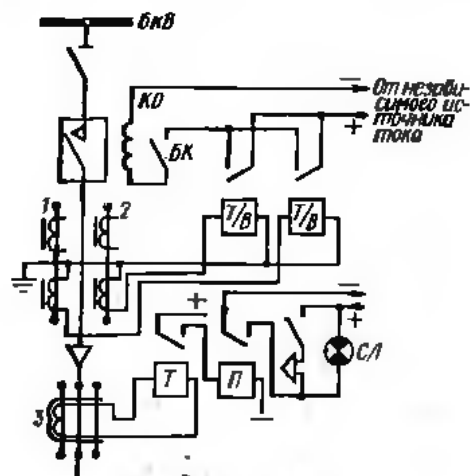


Рис. 17. Принципиальная схема защиты генератора 6 кВ в многолинейном изображении

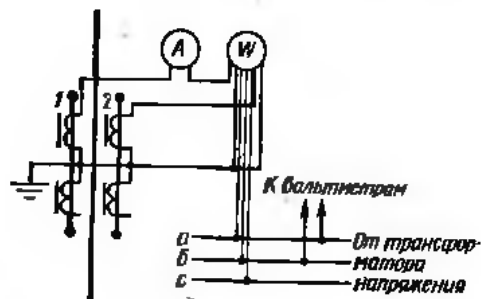


Рис. 18. Принципиальная схема контрольно-измерительных приборов генератора 6 кВ в многолинейном изображении

соб широко применяют в современной проектной практике, особенно если схемы сложны, так как составление и чтение схем при совмещенном способе затруднительны.

Иногда составляют разнесенную схему не для всей установки, а для отдельных ее частей, связанных между собой электрически. Например, могут быть схемы для релейной защиты, сигнализации, контрольно-измерительных приборов, автоматики. Если система

конец обмотки промежуточного реле Π через контакты реле T защиты от замыкания на землю присоединен плюсу источника постоянного тока, а другой конец — минусу. Кроме того, видно, что катушки каждого из токовых реле T/B подключены к отдельным релейным обмоткам трансформаторов тока 1 и 2, а контакты этих реле при их замыкании подают плюсу источника постоянного тока через блок-контакт BK выключателя на его катушку отключения KO . Другой конец катушки KO присоединен непосредственно к минусу источника питания. Схема, кроме того, уточняет систему сигнализации (сирена и сигнальная лампа $СЛ$).

На рис. 18 показано, что амперметр включен последовательно с измерительной обмоткой трансформатора тока 1 и одной из токовых обмоток ваттметра и что в ваттметру кроме трех токовых проводов (один из них общий) подведены три провода от шин трансформатора напряжения.

Благодаря наглядности и простоте разнесенный способ

имеет несколько электрически не связанных между собой цепей, выполняют столько разнесенных схем, сколько имеется таких цепей.

Чтобы облегчить чтение разнесенных схем, используют пояснительные надписи и маркировку, состоящую из букв и цифр. Буквами обычно обозначают тип элементов, а цифрой — их порядковый номер.

Для элементов, включенных в разные фазы трехфазной системы, в обозначение дополнительно вводят наименование фазы, которое

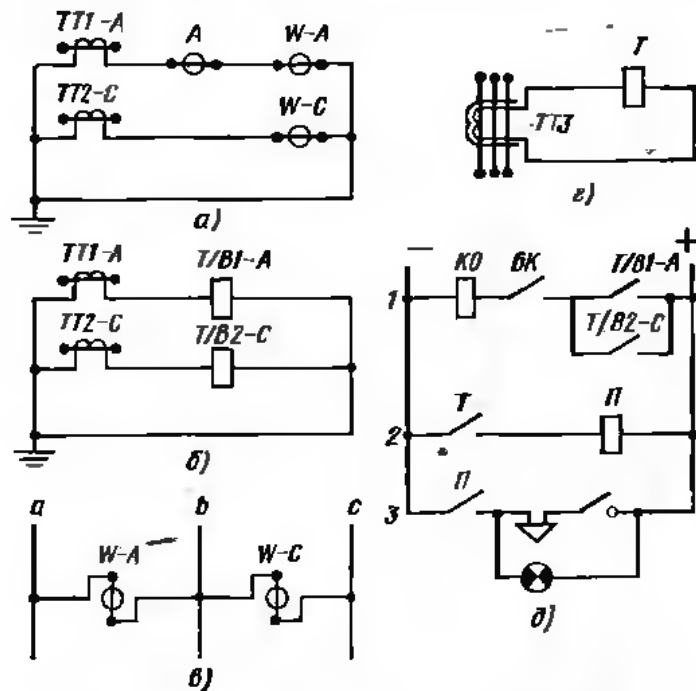


Рис. 19. Разнесенные схемы вспомогательных цепей генератора 6 кВ:

a — токовые измерительных приборов, $б$ — токовые реле, $в$ — напряжения измерительных приборов, $г$ — земляной защиты, $д$ — постоянного тока

ставят после буквенного символа и номера через дефис. Например, обозначение обмотки трансформатора тока фидера 1, включенного в фазу a , будет $ТТ1-A$, а обозначение обмотки или контакта токового реле, включенного в ту же цепь, — $T/B-A$.

Иногда для уточнения и удобства чтения схем вспомогательных цепей (цепей реле, измерительных приборов, управления, сигнализации) их выполняют в разнесенном виде и вычерчивают отдельно от принципиальной схемы силовых цепей.

На рис. 19, a — $д$ показаны разнесенные схемы вспомогательных цепей генератора 6 кВ, принципиальная схема которого была пока-

зана на рис. 16. Для удобства чтения схем этих цепей их можно вычертить отдельно и в разнесенном изображении. Ввиду того что рассматриваемое устройство состоит из пяти электрически не связанных между собой частей — трех цепей вторичных обмоток трансформаторов тока с обмотками измерительных приборов и реле (рис. 19, а, б и г), цепей напряжения измерительных приборов (рис. 19, в) и цепей постоянного тока (рис. 19, д) — составлены пять разнесенных схем.

На рис. 19, а приведена схема токовых цепей измерительных приборов и соответствующих обмоток трансформаторов тока. Нумерация вторичных обмоток трансформаторов тока сохранена такой, какой она была на рис. 17 и 18. Из схемы видно, что от релейной обмотки трансформатора тока *ТТ1-А*, включенного в фазу *а*, питаются амперметр и одна из токовых обмоток ваттметра *W-А*, а от аналогичной обмотки такого же трансформатора тока, включенного в фазу *с* (*ТТ2-С*), питается только одна токовая обмотка ваттметра *W-С*.

На рис. 19, б показана схема цепей катушек реле и релейных обмоток трансформаторов тока с указанием фазы, в которую они включены (*ТТ1-А* и *ТТ2-С*).

Схема включения обмоток напряжения ваттметра показана на рис. 19, в. На рис. 19, г показана схема цепи обмотки реле защиты от однофазных замыканий на землю.

Схема трех цепей постоянного тока приведена на рис. 19, д. Цепь 1 показывает последовательность прохождения тока при отключении высоковольтного выключателя. Когда выключатель включен, блок-контакты *БК* его привода замкнуты. Срабатывание одного из реле *Т/В*, т. е. замыкание его контактов под действием тока перегрузки, проходящего по одной из обмоток реле, вызывает прохождение тока по катушке *КО* и отключение выключателя.

Однофазное замыкание на землю в какой-либо точке сети 6 кВ и появление тока во вторичной цепи трансформатора тока нулевой последовательности (рис. 19, г) заставляет контакты реле *Т* замкнуться. В результате этого возникает ток в обмотке промежуточного реле *П* (цепь 2 на рис. 19, д) и его контакты *П* срабатывают (цепь 3 на рис. 19, д), вследствие чего действуют звуковой и световой сигналы. Для отключения звукового сигнала служит выключатель в цепи сирены.

Чаще всего к такому изображению схем цепей вторичной коммутации прибегают, когда на принципиальной схеме силовых цепей вторичная коммутация либо нанесена в одиолинейном изображении, либо (особенно при типовых схемах релейной защиты и измерения) на них изображаются лишь элементы этих схем (например, измерительные трансформаторы) без линий связи между ними. Особенно часто это встречается в практике проектирования электроснабжения.

Как видно из рис. 20, присоединение контрольно-измерительных приборов (одного из понижающих силовых трансформаторов) к измерительным обмоткам трансформаторов тока 4 показано одной

линией, общей для обоих трансформаторов тока. В действительности большинство приборов (кроме амперметра) имеет две токовые обмотки и, следовательно, должно присоединяться к обоим трансформаторам тока.

Точно так же одной линией показано питание обоих реле *Т*, хотя, как известно, их обмотки питаются от разных трансформаторов тока (защита на двух фазах). Питание обмоток напряжения счетчиков и ваттметров от трансформатора напряжения, а также обмоток управления выключателями на схеме не показано.

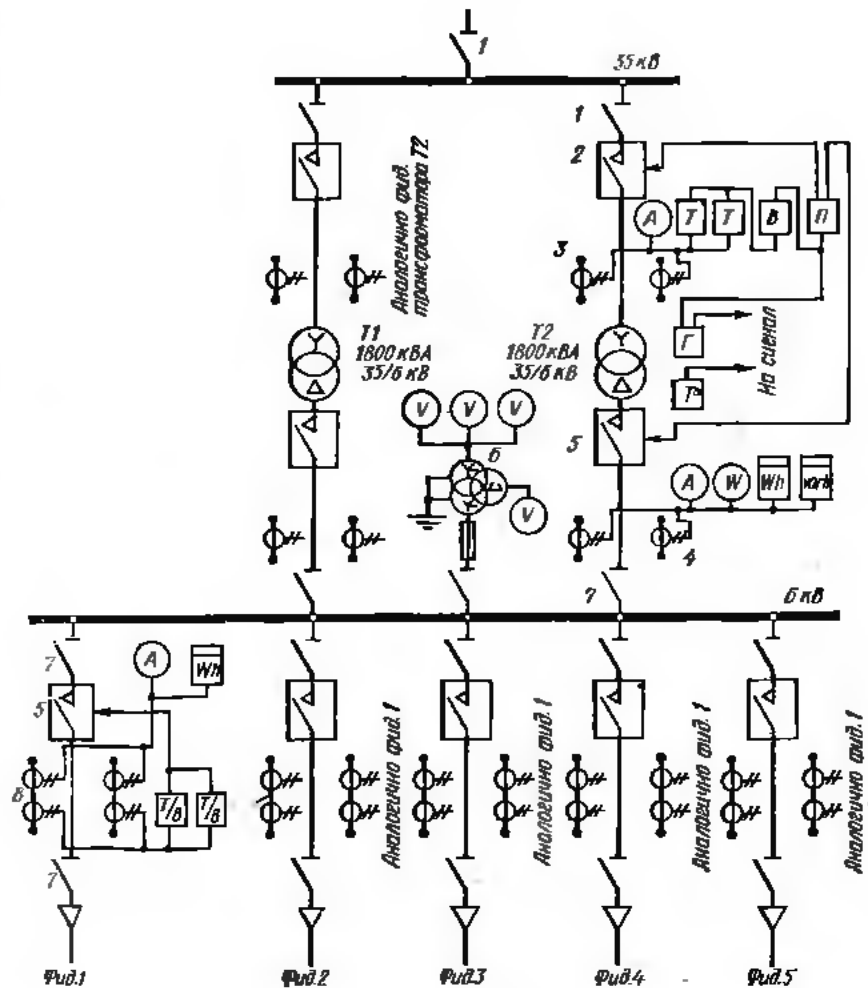


Рис. 20. Принципиальная схема трансформаторной подстанции в одиолинейном изображении:

1 — разъединитель 35 кВ, 2 — выключатель 35 кВ, 3 — трансформатор тока класса точности 3, 4 — трансформатор тока класса точности 0,5, 5 — выключатель 6 кВ, 6 — трансформатор напряжения 7 — разъединитель 6 кВ, 8 — двухобмоточный трансформатор тока класса точности 0,5/3

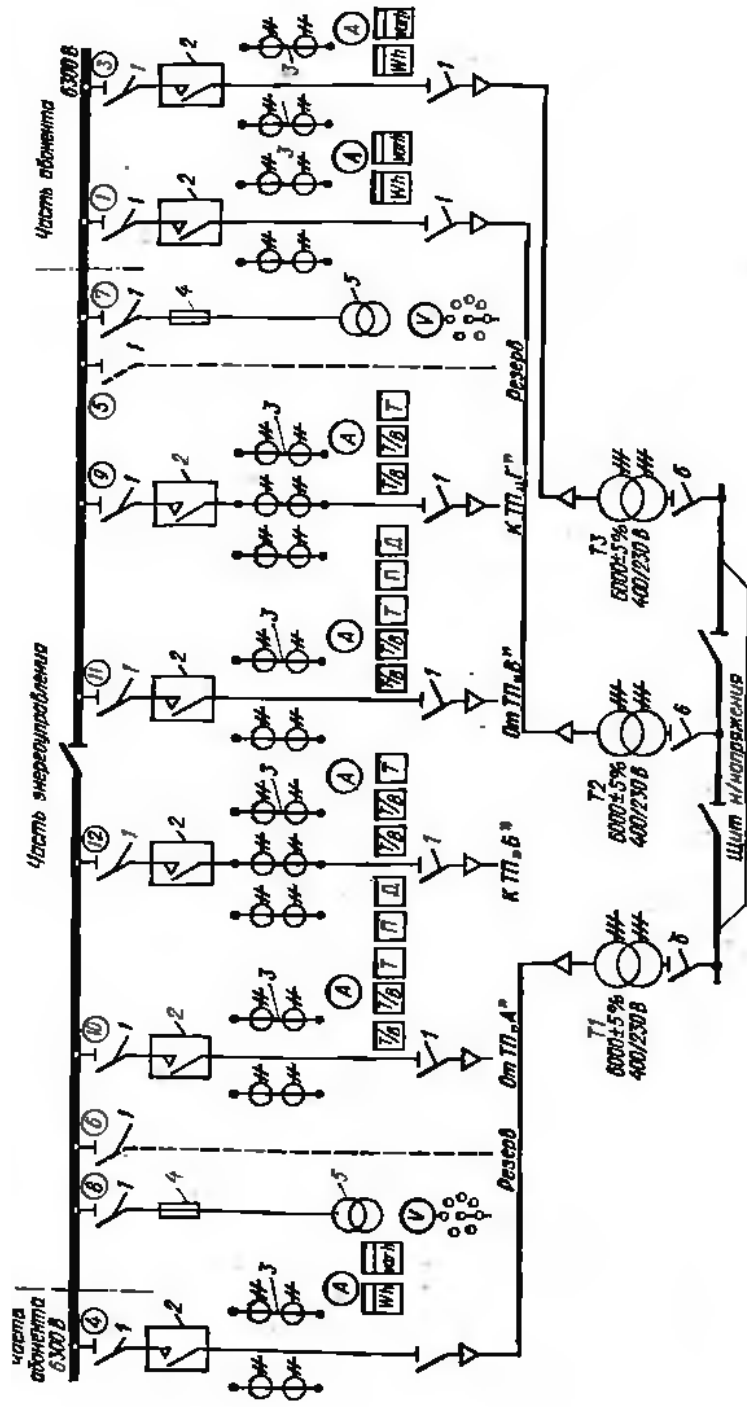


Рис. 21. Принципиальная схема промышленной трансформаторной подстанции городского типа в однолинейном изображении: 1 — разветвитель 6 кВ; 2 — высоковольтные выключатели; 3 — двухобмоточные трансформаторы тока класса точности 0,5; 4 — трубчатые предохранители; 5 — трансформаторы напряжения; 6 — шинный трансформатор.

В случае аварии (например, при коротком замыкании в трансформаторе $T2$ или где-либо в сети 6 кВ) трансформатор $T2$ отключается защитой от сверхтоков на двух фазах с выдержкой времени (два реле T и реле B) одновременно от шин 35 и 6 кВ при помощи двух высоковольтных выключателей 2 и 5. При внутренних повреждениях в трансформаторе отключение обоих высоковольтных выключателей производится посредством реле газовой защиты G . Каждая из упомянутых защит действует параллельно на промежуточное реле Π , замыкание контактов которого вызывает отключение выключателей 2 и 5.

Из схемы также видно, что вторые контакты газового реле G и контакты температурного реле T' действуют только на сигнал. Защита каждого из отходящих фидеров 6 кВ осуществляется при помощи двух токовых реле T/B с зависимой выдержкой времени, замыкание контактов которых вызывает отключение высоковольтного выключателя 5.

Если схемы вспомогательных цепей для всех присоединений аналогичны, их обычно не повторяют, а делают пояснительные надписи. Так, на рис. 20 показаны схемы вспомогательных цепей только для трансформатора $T2$ и фидера 1. Для остальных трансформаторов и фидеров подстанции сделаны соответствующие пояснения.

На рис. 21 показана принципиальная однолинейная схема промышленной трансформаторной подстанции городского типа. На схеме не нанесены вспомогательные цепи, но отдельные элементы их (обмотки трансформаторов тока, измерительные приборы, отключающие катушки реле) изображены полностью. Такая схема обычно сопровождается перечнем приборов и аппаратов с их наименованиями и краткими характеристиками или надписями.

В случае применения типовых схем можно по рассматриваемой схеме безошибочно прочесть схему вспомогательных цепей и, если нужно, построить по ней принципиальные схемы цепей релейной защиты и измерения. Например, из рис. 21 можно сделать вывод, что защита каждого трансформатора, присоединенного к шинам, осуществлена посредством двух встроенных в привод высоковольтных выключателей 2, реле, питающихся от релейных обмоток двухобмоточных трансформаторов тока 3. Измерительные приборы (амперметр, счетчики активной и реактивной энергии) питаются от измерительных обмоток тех же трансформаторов тока.

Как известно, широко применяют трансформаторы тока, имеющие две вторичные обмотки, часто разных классов точности (классы точности пишут в виде дроби у наименования типа трансформатора тока). Для питания измерительных приборов используют обмотку класса точности 0,5 (это обязательно для счетчиков, амперметры же иногда могут быть включены в обмотку класса точности 3). Защита фидеров подстанций A , B , B и G более сложна и осуществляется при помощи выносных реле. Ввиду того что разобраться в ней трудно, по фидерам со сложной защитой всегда дают дополнительно подробные схемы вспомогательных цепей.

Рассмотрим, как по схеме трансформаторной подстанции, приведенной на рис. 20, составить разнесенные схемы. Прежде всего определим количество электрически не связанных между собой цепей. Из рис. 20 видно, что таких цепей четыре:

токовые цепи стороны 35 кВ, в которые входят обмотки трансформаторов тока 3, защитных реле T и амперметра A ;

токовые цепи измерительных приборов стороны 6 кВ, в которые

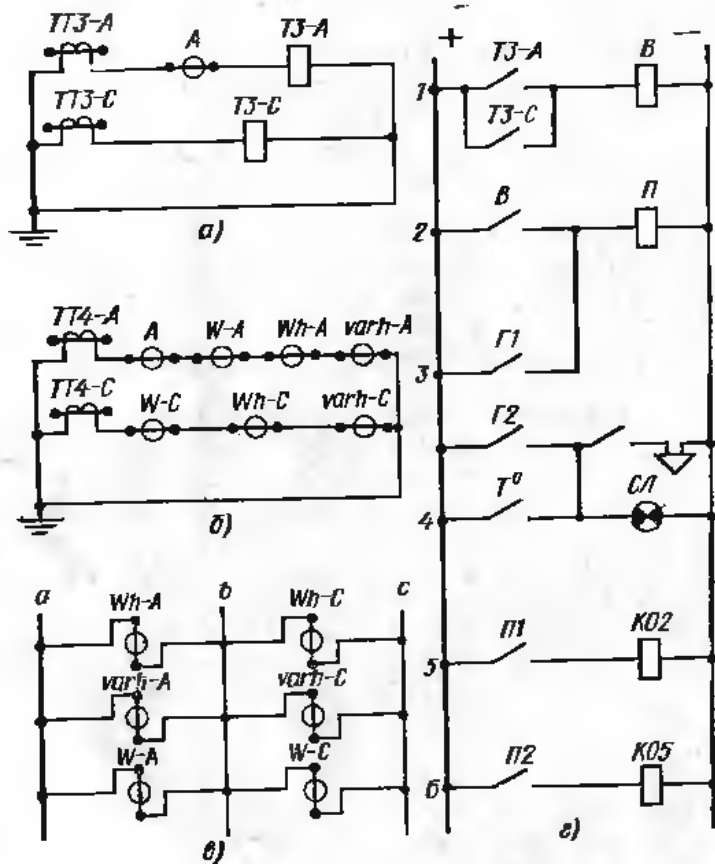


Рис. 22. Разнесенные схемы вспомогательных цепей трансформаторной подстанции:
 а — токовых реле и амперметра стороны 35 кВ, б — токовых измерительных приборов стороны 6 кВ, в — напряжения, г — постоянного тока

входят обмотки трансформаторов тока 4 и амперметра A , токовые обмотки ваттметра W , активного Wh и реактивного $varh$ счетчиков цепи напряжения измерительных приборов (счетчиков и ваттметра);
 цепи постоянного тока.

Рис. 20 показывает, что защиту трансформатора от сверхтоков (токов, превышающих номинальное значение) осуществляют на двух фазах при помощи двух токовых реле T и одного реле времени B , отключающих оба выключателя (со стороны высшего и низшего напряжений). Ток измеряют на сторонах 6 и 35 кВ, а мощность и расход энергии — лишь на стороне низшего напряжения. С учетом изложенного и строят разнесенные схемы вспомогательных цепей (рис. 22, а—г).

При построении схемы, показанной на рис. 22, а, вторичную обмотку трансформатора тока фазы a ($TT3-A$) соединяют последовательно с обмотками амперметра A и реле $T3-A$, а во вторичную обмотку трансформатора тока фазы c ($TT3-C$) включают лишь обмотку реле $T3-C$. Концы цепей и вторичных обмоток обоих трансформаторов тока заземляют, чтобы предотвратить появление высокого напряжения в цепи измерительных приборов в случае пробоя изоляции обмотки высшего напряжения на обмотку низшего напряжения.

Аналогично строят схему, показанную на рис. 22, б. В цепь вторичной обмотки трансформатора тока фазы a включают последовательно токовые обмотки амперметра A , ваттметра $W-A$, активного $Wh-A$ и реактивного $varh-A$ счетчиков, а в цепь вторичной обмотки трансформатора тока фазы c — вторые токовые обмотки этих же приборов (кроме амперметра). Затем изображают схему присоединения обмоток напряжения ваттметра и счетчиков (рис. 22, в).

Далее строят схему цепей постоянного тока. В цепи 1 схемы (рис. 22, г) показывают параллельно включенные контакты токовых реле $T3-A$ и $T3-C$, обмотки которых присоединены к фазам a и c (рис. 22, а). Замыкание любой пары этих контактов вызывает прохождение тока через обмотку реле времени B с последующим замыканием его контактов, изображенных в цепи 2 (рис. 22, г).

Контакты реле B включены последовательно с обмоткой промежуточного реле $П$. Реле $П$ имеет две пары замыкающих контактов ($П1$ и $П2$) в цепях 5 и 6, причем прохождение тока через обмотку реле $П$ вызывает замыкание обеих пар контактов. Вследствие этого посредством отключающих катушек $KO2$ и $KO5$ оба выключателя 2 и 5 (см. рис. 21) выключаются.

Выключатели могут быть также отключены при помощи газового реле $Г$. Как известно, газовое реле имеет две пары контактов: сначала при небольшом газообразовании внутри трансформатора замыкаются контакты $Г2$ (см. рис. 22, г) для подачи сигнала, а затем при дальнейшем развитии аварии — контакты $Г1$ для автоматического отключения трансформатора от сети.

Контакты $Г1$ газового реле включены параллельно контактам реле времени B и, значит, независимо от них могут замыкать цепь обмотки промежуточного реле $П$ и вызывать отключение обоих выключателей. Контакты $Г2$ газового реле замыкают цепь звукового сигнала (сирены) и сигнальной лампы. Эта же цепь может быть замкнута контактами температурного реле T° . Когда температура

масла в трансформаторе достигает опасного предела, контакты реле замыкаются (цепь 4). Для прекращения работы сирены в ее цепи имеется выключатель.

§ 7. Принципиальные схемы электропривода

В схемах управления электроприводом вспомогательные цепи часто изображают совместно со схемой главных цепей. При их маркировке иногда кроме буквенного обозначения аппарата и его номера указываются цифровые индексы контактов в виде дроби, в числителе которой проставляют номер аппарата, а в знаменателе — номер контакта. Например, если контактор $K2$ цепи 2 имеет несколько

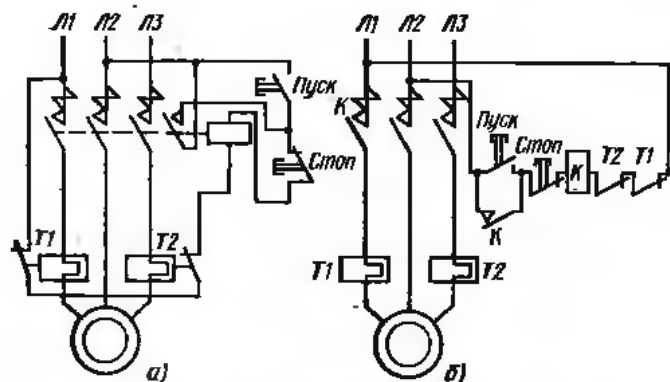


Рис. 23. Принципиальные схемы дистанционного управления асинхронным двигателем при помощи магнитного пускателя:

а — совмещенная, б — разнесенная

ко блок-контактов (вспомогательных контактов) их обозначают соответственно $K 2/1$, $K 2/2$, $K 2/3$ и т. д.

Как указывалось ранее, все контакты реле, автоматов и других аппаратов изображают в положении, когда на них не производится ни механическое, ни электромагнитное воздействие.

Чтение разнесенных схем управления электроприводом требует определенного навыка. Разберем подробно несколько таких схем, начиная с самых простых и постепенно переходя к более сложным.

Вначале рассмотрим простую совмещенную схему дистанционного управления асинхронным двигателем при помощи магнитного пускателя (рис. 23, а). Тепловые реле $T1$ и $T2$ состоят из трех основных частей: нагревательного элемента, биметаллической пластины и размыкающих контактов. Контакты размыкаются, когда биметаллическая пластина под действием тепла, излучаемого нагревательным элементом, изгибается и освобождает пружину, которая размыкает контакты. Так как контакты включены в цепь катушки пускателя, аппарат отключается.

На рис. 23, б показана разнесенная схема управления электроприводом. Отдельные элементы цепи управления изображены на схеме в последовательности, соответствующей прохождению тока управления. Из схемы видно, что при нажатии кнопки *Пуск* ток протекает через втягивающую катушку K (если контакты тепловых ре-

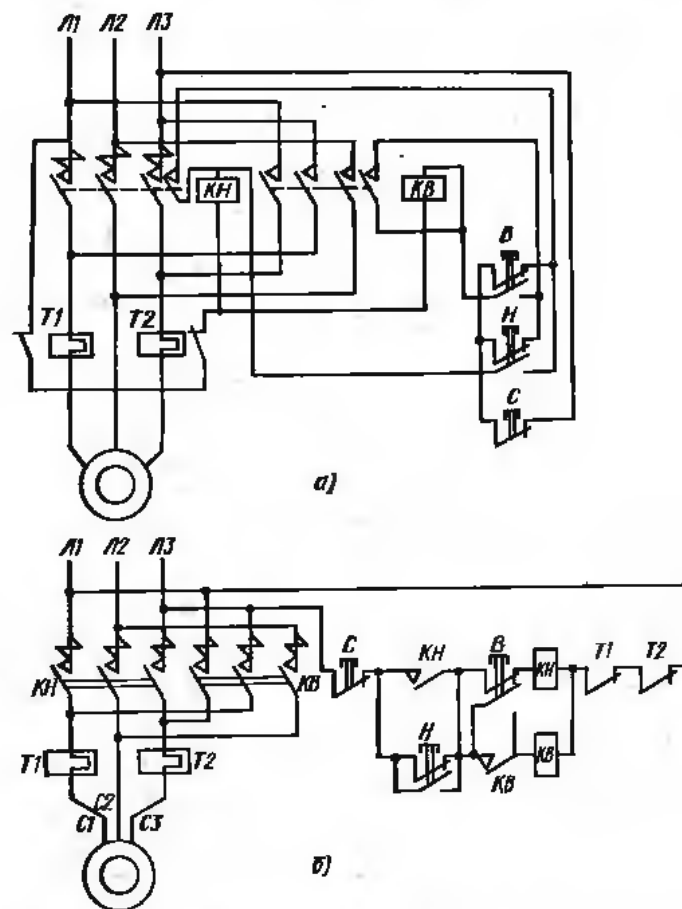


Рис. 24. Принципиальные схемы управления реверсивным асинхронным двигателем посредством магнитного пускателя:

а — совмещенная, б — разнесенная

ле $T1$ и $T2$ замкнуты), и происходит включение контактора. Одновременно с главным замыкается блок-контакт, закрепленный на траверсе контактора (на разнесенной схеме блок-контакт обозначен той же буквой K), это позволяет отпустить кнопку *Пуск*, так как она зашунтируется блок-контактом. Выключается контактор либо от руки (нажатием кнопки *Стоп*), либо автоматически в случае перегрузки при помощи реле $T1$ и $T2$. Как видно, разнесенная

схема проще в изображении и нагляднее совмещенной, но для ее чтения нужно хорошо знать работу аппарата.

На рис. 24, а и б показаны совмещенная и разнесенная схемы управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем работающим в реверсивном режиме, посредством магнитного пускателя. Как видно из схем, реверсивный магнитный пускатель (та обычно его называют в этом случае) состоит из двух контакторов, включаемых по очереди в зависимости от необходимого направления вращения ротора двигателя; контакторы переключают две фазы на зажимах электродвигателя, чем и обеспечивают нужный режим работы.

Описанная схема значительно сложнее, чем схема с нереверсивным пускателем, поэтому ее легче читать в разнесенном изображении. Некоторая сложность схемы вызвана тем, что во избежание короткого замыкания исключается возможность одновременного включения обоих контакторов при помощи кнопки управления. Для пуска электродвигателя, например, «Вперед», нажимают кнопку В, и ток управления проходит по цепи: ЛЗ — размыкающие контакты кнопки С — размыкающие контакты кнопки Н — замыкающие контакты кнопки В — катушка КВ — размыкающие контакты тепловых реле Т2 и Т1—Л1.

После включения аппарата кнопка В может быть отпущена, так как ток управления проходит через соответствующий блок-контакт КВ (рис. 24 б), шунтирующий эту кнопку. Если нажать кнопку Н не выключив кнопкой С контактор КВ, цепь управления прервется и он отключится раньше, чем включится контактор КН. Отметим еще раз, что отдельные элементы схемы цепей вспомогательного тока имеют также обозначение, как и соответствующие элементы схемы главных цепей. Например, блок-контакт контактора «Вперед» обозначен так же, как его главные контакты, т. е. символом КВ.

В случае дистанционного управления какой-либо электрической установкой необходимо сигнализировать на пост управления о состоянии отдельных электрических аппаратов. С этой целью обычно используют сигнальные лампы, схема включения которых показана на рис. 25. Из схемы видно, что асинхронный двигатель включен в сеть через максимальный автомат А и магнитный пускатель К тепловой защитой (реле Т1 и Т2).

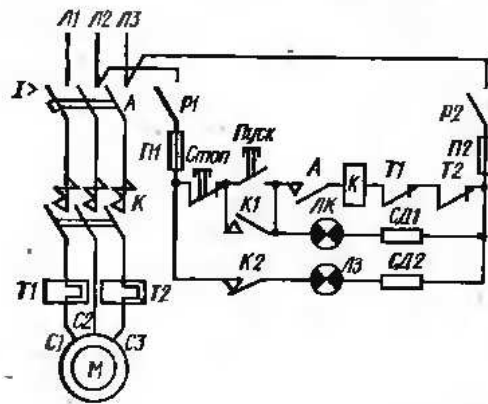


Рис. 25. Схема включения сигнальных ламп

При включении автомата его замыкающий блок-контакт, включенный последовательно в цепь управления, замыкается, позволяя пустить двигатель. Для этого кнопкой Пуск замыкают цепь: зажим Л2 — рубильник Р1 — предохранитель П1 — кнопка Стоп — кнопка Пуск — блок-контакт А автомата — втягивающая катушка магнитного пускателя К — контакты тепловых реле Т1 и Т2 — предохранитель П2 — рубильник Р2 — зажим Л3.

Одновременно с главными контактами магнитного пускателя К срабатывают его блок-контакты: замыкающий К1, который шунтирует кнопку Пуск и одновременно подает напряжение на красную сигнальную лампу ЛК; размыкающий К2, который размыкается и разрывает цепь зеленой сигнальной лампы ЛЗ. Добавочные сопротивления СД1 и СД2, включенные в цепь сигнальных ламп ЛК и ЛЗ, необходимы, если напряжение сети более 220 В.

На некоторых промышленных установках в случае неисправности основного двигателя должен быть немедленно включен резервный.

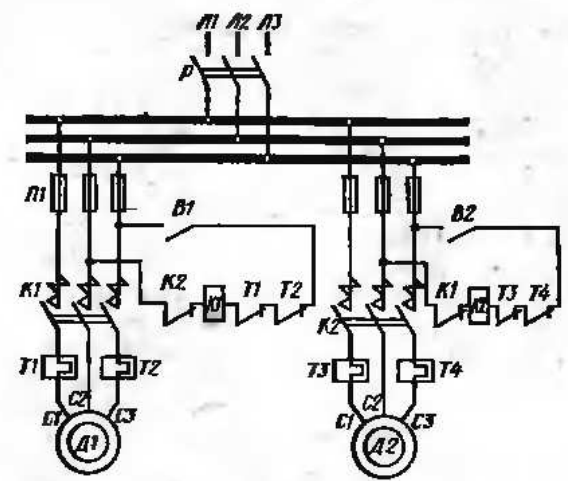


Рис. 26. Схема автоматического пуска резервного двигателя

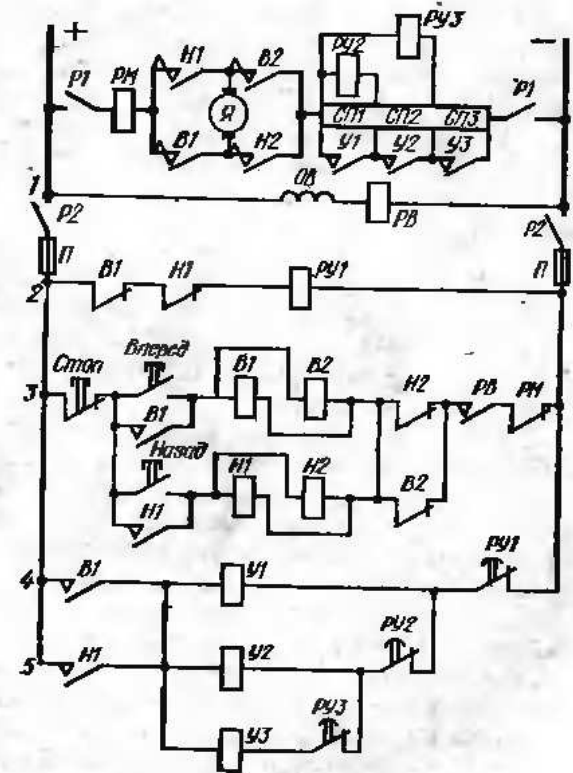


Рис. 27. Принципиальная схема управления двигателем постоянного тока параллельного возбуждения с реверсированием

Упрощенная схема автоматического пуска резервного двигателя показана на рис. 26. На рисунке показано присоединение к цеховой сборке двух двигателей, из которых *Д1* основной, а *Д2* резервный.

Для пуска двигателя *Д1* необходимо включить главный рубильник *P* и выключатель *B1* в цепи управления магнитным пускателем *K1* этого двигателя. Так как магнитный пускатель *K2* двигателя *Д2* не включен, его размыкающий блок-контакт *K2* в цепи управления магнитным пускателем *K1* замкнут, и, следовательно, через тягивающую катушку пускателя *K1* начнет проходить ток. Пускатель *K1* включится, а его размыкающий блок-контакт *K1* в цепи управления пускателем *K2* разомкнется. После этого следует включить выключатель *B2* и тем подготовить цепь управления магнитным пускателем *K2* к автоматическому включению в случае необходимости работы резервного двигателя. Включение резервного двигателя произойдет после выключения магнитного пускателя *K1* вследствие неисправности двигателя *Д1*. При этом блок-контакт пускателя *K1* в цепи управления пускателем *K2* замкнется, через тягивающую катушку пускателя *K2* начнет проходить ток, и двигатель *Д2* будет включен.

На рис. 27 показана схема управления двигателем постоянного тока параллельного возбуждения с возможностью изменения направления вращения. Основными аппаратами в схеме являются четыре однополюсных контактора (*B1*, *B2*, *H1* и *H2*), включенные в схему «реверсивного мостика». Все контакторы снабжены дугогасительными устройствами. Последовательно с якорем двигателя включен пусковой резистор, состоящий из трех ступеней (*СП1*, *СП2*, *СП3*), которые при пуске по очереди закорачиваются при помощи контакторов ускорения (*У1*, *У2* и *У3*). При вращении двигателя одним направлением (например, «Вперед») замкнуты контакты *B1* и *B2* при разомкнутых контактах *H1* и *H2*. В этом случае ток проходит по цепи: плюс — нож рубильника *P1* — обмотка максимального реле (*PM*) — контакты *B1* — якорь двигателя — контакты *B2* — все ступени пускового резистора — нож второго полюса рубильника *P1* — минус.

Для пуска двигателя необходимо замкнуть двухполюсный рубильник *P1* главной цепи и рубильники *P2* цепи управления. Вследствие этого в обмотке реле ускорения *PY1* появится ток и его размыкающий контакт разомкнется. Цепь возбуждения находится под напряжением, через обмотку реле возбуждения *PB* пройдет ток, следовательно, его контакты в цепи пусковых кнопок замкнутся.

Если теперь нажать кнопку, например, *Вперед*, ток управления пойдет по цепи: плюс — кнопка *Стоп* — кнопка *Вперед* — параллельно включенные катушки контакторов *B1* и *B2* — замкнутый блок-контакт контактора *H2* — замкнувшиеся контакты реле *PB* — замкнутые контакты реле *PM* — минус. Главные контакты контакторов *B1* и *B2* замкнутся, и двигатель начнет вращаться при помощи включенного пускового резистора.

Одновременно один из блок-контактов контактора *B1* (в цепи разомкнется, а два других в цепях 3 и 4 замкнутся. Следовательно

кнопка *Вперед* будет шунтирована, а в цепи 2 и в обмотке реле *PY1* ток исчезнет. Реле времени, поэтому его контакты в цепи 4 замкнутся не мгновенно, а через определенный промежуток времени. Так как контакт *B1* в цепи 4 замкнут, то через катушку контактора ускорения *У1* пройдет ток и его контакты закоротят пусковой резистор *СП1*. Двигатель перейдет на следующую скоростную ступень.

Как только ток двигателя прошел по пусковым резисторам, появится ток в обмотках реле *PY2* и *PY3* и их размыкающие контакты в цепи 5 разомкнутся. Когда будет закорочен резистор *СП1*, одновременно будет закорочена обмотка реле *PY2*, ток в ней исчезнет, а его контакт (в цепи 5) с соответствующей выдержкой времени замкнется. Появится ток в цепи катушки контактора *У2*, и его контакты закоротят резистор *СП2*. Двигатель перейдет на вторую скоростную характеристику, а ток в обмотке реле *PY3* исчезнет. С соответствующей выдержкой замкнутся контакты этого реле, появится ток в обмотке контактора *У3* и будет закорочена последняя пусковая скорость. Двигатель будет работать на естественной скоростной характеристике.

Аналогично схема работает при нажатии кнопки *Назад*.

В практике эксплуатации короткозамкнутых двигателей часто необходимо снизить пусковые токи. Если статорные обмотки двигателя при работе включены в треугольник (например, при линейном напряжении 220 В для двигателя с номинальным напряжением 380/220 В), простейшим способом снижения пусковых токов является переключение на время пуска обмоток статора с треугольника на звезду. На рис. 28 показана схема пуска короткозамкнутого асинхронного электродвигателя с автоматическим переключением обмоток статора с треугольника на звезду.

Для управления асинхронным электродвигателем в схеме предусмотрена установка одного магнитного пускателя *K*, двух трехполюсных контакторов *K3* и *KT* и реле времени *B*. В момент пуска включают кнопкой *Пуск* магнитный пускатель *K* и контактор *K3*, который закорачивает концы статорных обмоток (контакты *B1* реле времени *B* остаются некоторое время замкнутыми). Таким образом,

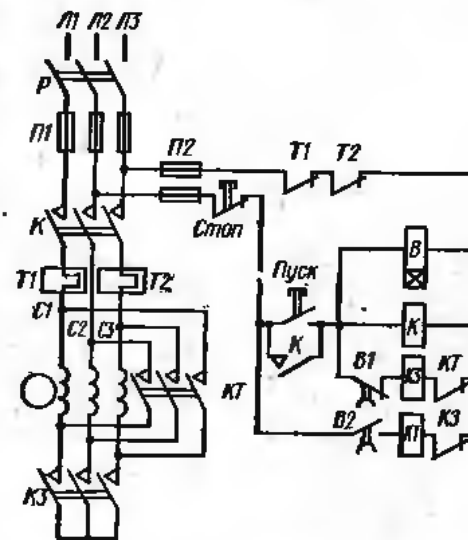


Рис. 28. Схема пуска короткозамкнутого асинхронного двигателя с автоматическим переключением обмоток статора с треугольника на звезду

при пуске обмотки статора соединены в звезду. Спустя некоторое время, когда ротор успеет приобрести необходимую скорость, контактор *K3* отключается (размыкаются контакты *B1* реле времени), а контактор *KT* включается (замыкаются контакты *B2* реле времени) и соединяет обмотки статора в треугольник.

Защита от коротких замыканий в главной цепи и цепи управления осуществляется при помощи плавких предохранителей *П1* и *П2*. Процесс пуска автоматизирован, и время работы при включении обмоток статора в звезду регламентировано маятниковым реле времени *B* с контактами *B1* и *B2*.

Рассмотрим подробнее процесс пуска двигателя. После нажатия на кнопку *Пуск* напряжение подается: на катушку реле времени *B*, на втягивающую катушку магнитного пускателя *K*, на втягивающую катушку контактора *K3* через размыкающий контакт *B1* реле времени, который определенное время после подачи напряжения на катушку будет замкнут.

Вследствие этого замыкаются главные контакты и блок-контакт магнитного пускателя *K*, кроме того, замыкаются главные контакты контактора *K3*, а его размыкающий блок-контакт в цепи катушки контактора *KT* открывается. Кнопка *Пуск* зашунтируется блок-контактом *K* и ее можно отпустить. Через некоторое время в соответствии с выдержкой реле *B* его размыкающий контакт *B1* откроется, а замыкающий контакт закроется, вследствие чего контактор *K3* отключится, а контактор *KT* включится.

В схеме предусмотрена блокировка, предупреждающая короткое замыкание, которое может произойти, если контактор *K3* отключится позднее, чем включится контактор *KT*. Для этого в цепи катушек контакторов *K3* и *KT* включены соответственно блок-контакты контакторов *KT* и *K3*. Такая блокировка не позволит включиться контактору *KT* раньше, чем отключится контактор *K3*.

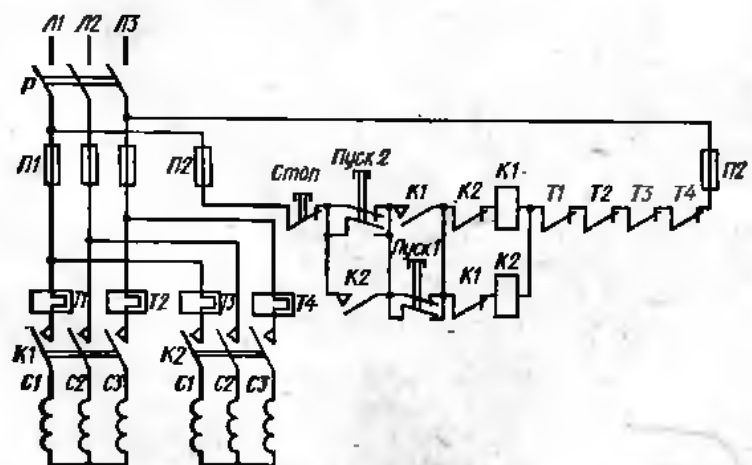


Рис. 29. Принципиальная схема магнитной станции для управления двухскоростным асинхронным двигателем

Схема магнитной станции, показанная на рис. 29, служит для управления двухскоростным асинхронным двигателем с двумя старторными обмотками. Магнитная станция состоит из двух трехполюсных контакторов *K1* и *K2* с тепловой защитой (реле *T1*, *T2*, *T3* и *T4*).

Для пуска на первую скорость необходимо включить рубильник *P* и нажать на кнопку *Пуск 2*. Тогда замыкается цепь: *Л1* — предо-

хранитель *П2* — кнопка *Стоп* — замыкающие контакты кнопки *Пуск 2* — размыкающие контакты кнопки *Пуск 1* — блок-контакт контактора *K1* — втягивающая катушка контактора *K2* — контакты реле *T1*, *T2*, *T3* и *T4* — предохранитель *П2* — *Л3*. Контактор *K2* включается и подает напряжение на статорную обмотку первой скорости. Одновременно замыкаются блок-контакты контактора *K2* и шунтируют контакты пусковой кнопки *Пуск 2* (кнопку можно отпустить) и размыкаются блок-контакты *K2*, включенные в цепь управления контактором *K1* (блокировка против одновременного включения обоих контакторов).

Аналогично при нажатии на кнопку *Пуск 1* происходит включение контактора *K1* и подается напряжение на статорную обмотку второй скорости. Как и в схеме управления с помощью реверсивного магнитного пускателя, обе пусковые кнопки, имеющие по одной паре замыкающих и размыкающих контактов, включены в данном случае так, что при нажатии на любую из них цепь соответствующего контактора не замыкается, пока не разомкнется цепь управления другим контактором. Этот контактор автоматиче-

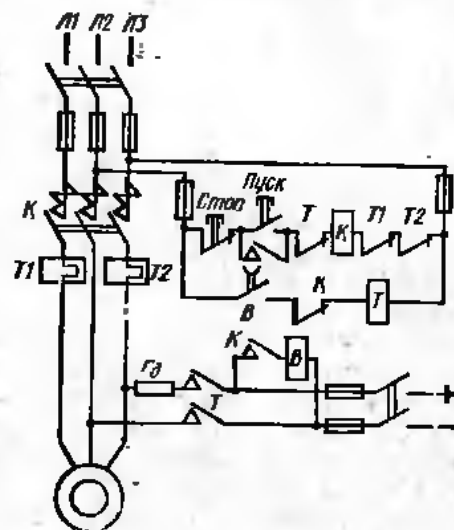


Рис. 30. Принципиальная схема управления асинхронным короткозамкнутым двигателем с динамическим торможением

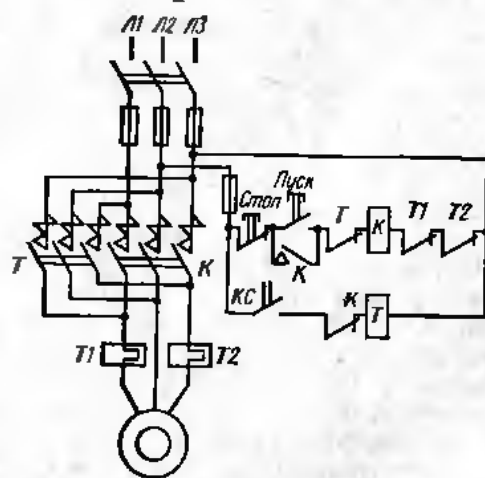


Рис. 31. Принципиальная схема управления асинхронным короткозамкнутым двигателем с торможением противоключением

ски отключается, если он не был заранее отключен от руки при помощи кнопки *Стоп*.

На рис. 30 показана схема управления асинхронным короткозамкнутым двигателем с динамическим торможением. Как известно, при динамическом торможении статор двигателя отключают от трехфазного напряжения с помощью нереверсивного магнитного пускателя *К* и подключают к сети постоянного тока при помощи вспомогательного контактора *Т*.

Электродвигатель пускают, нажав на кнопку *Пуск*. Это возможно, если контактор *Т* отключен и, следовательно, его блок-контакт в цепи управления магнитным пускателем *К* замкнут. Одновременно с замыканием главных контактов магнитного пускателя замыкаются его два замыкающих блок-контакта и размыкается блок-контакт в цепи катушки контактора *Т*. Один из замыкающих блок-контактов контактора шунтирует кнопку *Пуск*, другой замыкает цепь обмотки реле времени *В* и подключает его к источнику постоянного тока. Реле *В* срабатывает и замыкает свои контакты в цепи катушки контактора *Т*.

При отключении двигателя кнопкой *Стоп* или автоматически посредством реле *Т1* и *Т2* размыкающий блок-контакт магнитного пускателя *К* снова замыкается. Так как контакты реле *В* размыкаются с выдержкой времени, соответствующей уставке реле *В*, то в течение некоторого времени через катушку контактора *Т* проходит ток, контактор *Т* замыкает свои контакты и осуществляет питание статора постоянным током. По истечении выдержки времени контакты реле времени *В* снова размыкаются и выключают контактор *Т* (уставка по времени реле *В* берется несколько больше времени торможения электропривода). Подводимое к статору напряжение постоянного тока можно регулировать добавочным резистором.

Схема управления асинхронным короткозамкнутым двигателем с торможением противовключением показана на рис. 31. При торможении противовключением в конце процесса возможно нежелательное реверсирование двигателя. Во избежание этого в цепь управления контактором торможения *Т* включают замыкающие контакты реле скорости *КС*. Когда двигатель работает, контакты реле *КС* замкнуты, но цепь втягивающей катушки контактора *Т* разомкнута, так как в нее включен размыкающий блок-контакт *К*, который при работе двигателя (включенном контакторе *К*) разомкнут. После выключения контактора *К* кнопкой *Стоп* или автоматически блок-контакт *К* замыкается, через втягивающую катушку контактора *Т* проходит ток и контактор противовключения замыкает свои контакты. Когда скорость электродвигателя становится близкой к нулю, реле *КС* размыкает свои контакты и контактор *Т* отключается.

На рис. 32 показана принципиальная схема кнопочного управления асинхронным двигателем с фазным ротором при автоматическом выведении пусковых резисторов. После нажатия кнопки *Пуск* главные контакты линейного контактора *К* замыкаются и двигатель подключается к сети при полностью введенных пусковых резисторах в цепи ротора.

Одновременно напряжение через блок-контакт *К* подводится к катушке реле блокировки *Б* с последующим замыканием его контактов. Этот же блок-контакт шунтирует кнопку *Пуск*.

Через катушку контактора ускорения первой ступени *У1* ток не пойдет, так как контакты соответствующего реле ускорения *РУ1* разомкнуты. Это произойдет потому, что все реле ускорения *РУ1*, *РУ2* и *РУ3* инстраиваются на такие токи срабатывания, величина которых находится между максимальным значением пускового тока и его минимальным значением для каждой ступени сопротивлений (током переключения). В момент пуска контакты реле *РУ1* размыкаются и только когда пусковой ток несколько спадет и достигнет значения, равного току переключения, они снова замыкаются (размыкающие контакты реле *РУ2* и *РУ3* не замкнутся, так как эти реле имеют иную уставку и замыкаются при меньших токах).

Вследствие этого срабатывает контактор ускорения первой ступени *У1* и его контакты закорачивают первую ступень резисторов, в результате чего происходит новый бросок тока в роторе, который задерживает замыкание контактора ускорения следующей ступени *У2*, так как контакты соответствующего реле ускорения *РУ2* размыкаются. Лишь когда ток первой ступени ускорения снова уменьшится и будет равен току переключения для второй ступени (такова должна быть уставка реле *РУ2*), контакты реле *РУ2* снова замкнутся и позволят включиться контактору ускорения второй ступени. Замыкающие контакты контактора *У2* закорачивают вторую ступень, что вызывает очередной бросок роторного тока. Аналогично закорачивается и последняя ступень.

В схеме предусмотрено шунтирование размыкающих контактов реле ускорения *РУ1*, *РУ2* и *РУ3* соответствующими блок-контактами контакторов ускорения *У1*, *У2* и *У3* ввиду возможности вибрации контактов реле ускорения при бросках роторных токов. Реле блокировки *Б* введено в схему для создания некоторой выдержки времени, необходимой для того, чтобы ток в цепи ротора достиг значения,

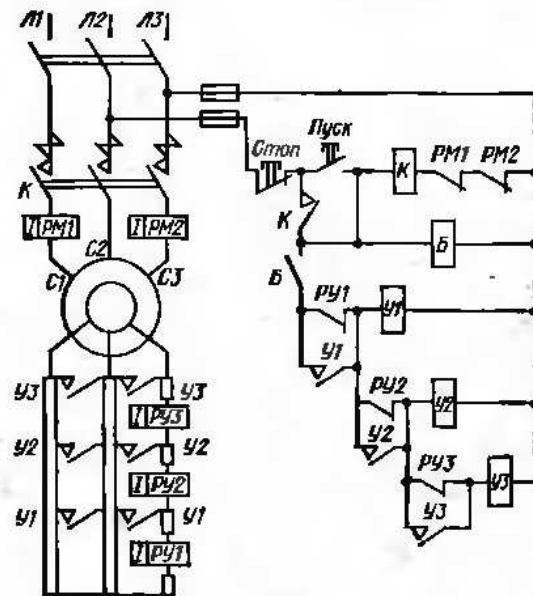


Рис. 32. Принципиальная схема кнопочного управления асинхронным двигателем с фазным ротором

при котором все реле ускорения открывают свои размыкающие контакты. Защита двигателя от перегрузки и короткого замыкания осуществляется при помощи реле *PM1* и *PM2*.

На рис. 33 показана более сложная принципиальная схема контакторного управления реверсивным асинхронным двигателем с фазным ротором, в цепь которого введен регулировочный (он же пусковой) резистор. Управление электродвигателем осуществляется при помощи командоконтроллера. В положении 0 командоконтроллера (контакт *K0* замкнут) и при наличии достаточного напря-

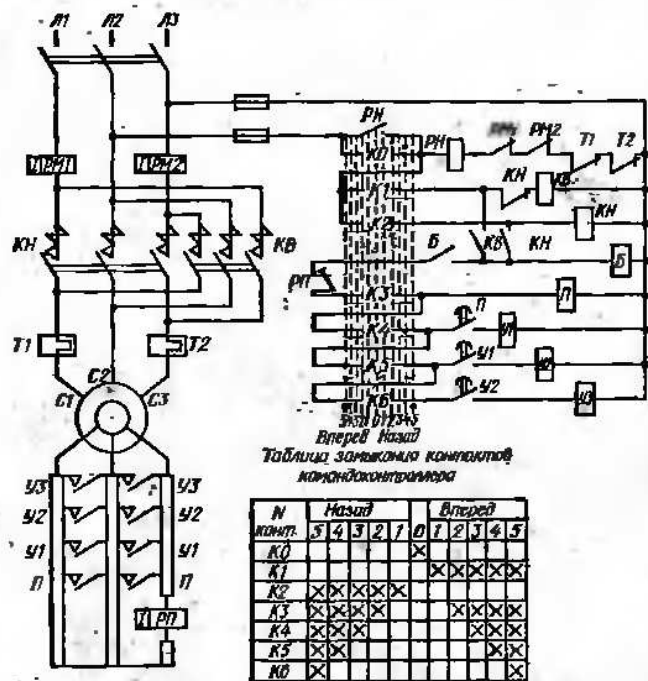


Рис. 33 Принципиальная схема контакторного управления реверсивным асинхронным двигателем с фазным ротором

жения в сети реле наоружения *PH* срабатывает и своими контактами блокирует контакт *K0* командоконтроллера. Перемещение рукоятки командоконтроллера в ту или другую сторону определяет желательное направление вращения двигателя.

Для защиты двигателя от коротких замыканий служат максимальные реле *PM1* и *PM2*, а от перегрузки — тепловые реле *T1* и *T2*. Размыкающие контакты этих реле включены последовательно с катушкой реле *PH*. Следовательно, срабатывание одного из реле защиты вызывает размыкание контактов реле *PH* с последующим размыканием контактов контактора *KB* или *KH*, когда рукоятка командоконтроллера находится не в положении 0.

При переводе рукоятки командоконтроллера из нулевого положения в положение 1 (*Вперед* или *Назад*) замыкается контакт *K1* или *K2*, включается соответствующий контактор *KB* или *KH*, через главные контакты которого подается напряжение к обмотке статора двигателя, а через замыкающие блок-контакты — на катушку блокировочного реле *B*. После замыкания замыкающих контактов этого реле и перевода рукоятки командоконтроллера в положение 2 замыкается контакт *K3*, ток проходит через катушку контактора противовключения *П*, если размыкающие контакты реле противовключения *PP* замкнуты.

Реле противовключения *PP* настраивается так, чтобы его ток срабатывания был несколько выше максимального пускового тока. Следует иметь в виду, что главные замыкающие контакторы контакторов *П*, *У1* и *У2* — мгновенного действия, а их замыкающие блок-контакты — с выдержкой времени. Выдержку времени обычно осуществляют с помощью реле времени, встроенных в соответствующие контакторы. После срабатывания контактора *П* его замыкающие контакты мгновенного действия закорачивают тормозную часть сопротивлений, а блок-контакты, работающие с выдержкой времени, замыкают цепь катушки контактора *У1* первой ступени ускорения.

При перемещении рукоятки командоконтроллера в положения 3, 4, 5 закорачиваются последовательно с определенной выдержкой времени первая, вторая и третья ступени пусковых резисторов. После замыкания контактов контактора *У3* пуск электродвигателя заканчивается.

Реверсирование двигателя осуществляется переводом командоконтроллера в противоположное положение, например из положения *Вперед* в положение *Назад*. При переводе рукоятки командоконтроллера за положение 0 размыкается контактор *KB* и замыкается контактор *KH* и, следовательно, меняется чередование фаз на статоре. В результате в цепи ротора (через обмотку реле *PP*) начинает проходить ток противовключения, который больше пускового тока; размыкающие контакты реле *PP* размыкаются, вследствие чего контактор *П* не включается до тех пор, пока ток противовключения не снизится до величины пускового тока. Таким образом, пусковая ступень сопротивления не может быть выведена раньше времени.

Следует обратить внимание на роль реле *B*. При отсутствии этого реле катушка контактора *П* получила бы в первый момент реверсирования импульс на включение раньше, чем контакты реле *PP* успели бы открыться. Реле *B* создает некоторую выдержку времени и препятствует мгновенному срабатыванию контактора *П*.

Рассмотрим еще одну довольно сложную принципиальную схему силовых цепей и цепей управления контакторной павелл двигателя передвижения моста или тележки крупных кранов постоянного тока (рис. 34). Управление осуществляется посредством командоконтроллера, таблица переключения контактов которого приведена также на рис. 34. Таблица показывает, что в положение 0 привода

командоконтроллера замкнуты только контакты *K1*, а все остальные разомкнуты.

Если рубильник *P2* цепи управления включен, через обмотку блокировочного реле *Б* проходит ток, контакты этого реле замыкаются и шунтируют (блокируют) контакты *K1* командоконтроллера.

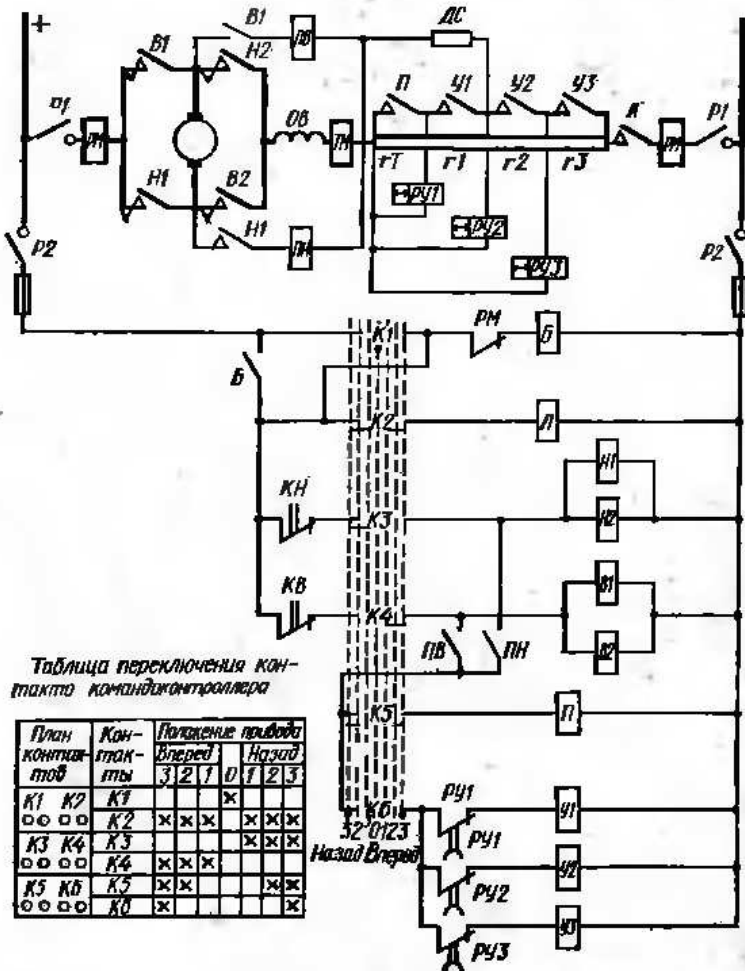


Рис. 34. Принципиальная схема главных цепей и цепей управления крановой контакторной панели

что дает возможность повернуть вал командоконтроллера в положение 1, 2, 3 (*Вперед* или *Назад*).

Питание всей схемы управления осуществляется через контакты *Б*, которые остаются замкнутыми, так как через обмотку реле продолжает проходить ток, что обеспечивает защиту электропривода от коротких замыканий и больших перегрузок (более 200%), а также от пониженного напряжения (нулевая защита).

Действительно, при прохождении тока короткого замыкания или перегрузки по главной цепи установки (см. верхнюю часть рис. 34), а следовательно, через обмотки максимального реле *PM*, размыкающие контакты этого реле, включенные последовательно с обмоткой реле *Б*, размыкаются, ток в цепи катушки реле исчезает и контакты реле *Б* размыкаются. В результате этого размыкается цепь катушки контактора *Л*, а также катушек контакторов *В1* и *В2* (или *Н1* и *Н2*), контакты их тоже размыкаются и отключают двигатель от сети (полагаем, что командоконтроллер находится в рабочем положении 1, 2 или 3). То же самое происходит при снижении напряжения сети более чем на 40% или полном отключении напряжения.

Чтобы вновь включить электропривод после его автоматического отключения, нужно рукоятку командоконтроллера перевести в положение 0. При переводе рукоятки командоконтроллера в положение 1 замыкаются контакты командоконтроллера *K2* и *K4* или *K2* и *K3* в зависимости от положения привода командоконтроллера (*Вперед* или *Назад*).

Так, если привод командоконтроллера находится в положении 1 *Вперед*, замыкаются контакты *K2* и *K4* командоконтроллера, ток управления проходит через обмотки контакторов *Л*, *В1* и *В2* и вызывает замыкание их контактов (схема главной цепи). Если при этом рубильник *P1* включен и контакты конечного выключателя *KB* замкнуты, главный ток пойдет по цепи: плюс — первая обмотка максимального реле *PM* — контакт *В1* — якорь двигателя — контакт *В2* — обмотка возбуждения *OB* двигателя — обмотка тормозного магнита *TM* — все ступени пусковых резисторов — контакт *Л* — вторая обмотка максимального реле *PM* — минус.

Одновременно замыкается блок-контакт контактора *В1* и ток управления начинает проходить по обмотке реле *ПВ*. Контакты реле замыкаются и плюс подается на контакты *K5* и *K6* командоконтроллера.

Главный ток на каждой ступени пусковых резисторов создает разность потенциалов, и ток проходит по обмоткам реле ускорения *РУ1*, *РУ2* и *РУ3*, контакты которых вследствие этого размыкаются.

В положении 2 *Вперед* привода командоконтроллера, как видно из схемы, контакты *K2* и *K4* остаются замкнутыми, кроме того, дополнительно замыкается контакт *K5*, что обеспечивает прохождение тока через обмотку контактора *П*, контакты которого закорачивают тормозную секцию, *гТ* пусковых резисторов. Одновременно исчезает ток в обмотке реле ускорения *РУ1* и его контакты снова замыкаются с выдержкой времени, например 1 с.

В положении 3 *Вперед* привода командоконтроллера замыкаются контакты *K6*, вследствие чего ток начинает проходить через обмотку контактора *У1*. Контакты контактора *У1* закорачивают первую пусковую секцию *г1*, а также катушку реле *РУ2*. Ток в обмотке реле *РУ2* исчезает и контакты его снова замыкаются с выдержкой времени, например 0,8 с.

После замыкания контактов реле ускорения *PY2* ток проходит по обмотке контактора *У2*, контакты которого закорачивают вторую пусковую секцию *r2*, а также обмотку реле *PY3*, что позволяет току проходить через обмотку контактора *У3*, контакты которого закорачивают последнюю секцию пускового резистора, чем и завершается пуск двигателя.

При переводе рукоятки командоконтроллера из положения *Вперед* в положение *Назад* происходит реверсирование двигателя, так как контакторы *B1* и *B2* размыкаются, а контакторы *H1* и *H2* замыкаются, вследствие чего меняется направление тока в якоре (при неизменном направлении тока возбуждения).

В положении *2 Назад* привода контроллера ток через катушку контактора *П* проходит только тогда, когда замкнутся контакты реле противовключения *ПН*. Это может быть лишь при скорости вращения двигателя в направлении *Вперед*, близкой к нулю (значение противодействующей эдс тоже близко к нулю).

Таким образом, тормозная секция сопротивления закорачивается только тогда, когда процесс торможения противовключением заканчивается. После срабатывания реле *ПН* двигатель разгоняется в обратном направлении.

§ 8. Содержание и назначение схем соединений (монтажных)

На схемах этого типа изображают соединения составных частей устройства в деталях с указанием характера прокладки проводов, сбора их в жгуты и крепления. На монтажных схемах даются способы прокладки кабелей и трубопроводов, указывается их расположение в кабельных каналах, а также места присоединений и вводы (зажимы, разъемы, проходные изоляторы, фланцы и др.). Схемы соединений являются документом, по которому производится монтаж установки. Ими также руководствуются при эксплуатации и ремонте.

При построении монтажных схем учитывают возможность прокладки тех или иных коммуникаций и рационального расположения электрических аппаратов и приборов с нанесением технологических деталей установки. Монтажные схемы должны помочь рационально расположить приборы и аппараты на поверхности распределительных щитов и панелей определенного габарита и материала. Чертежи панелей с размещенными на них аппаратами и приборами изображают обычно в масштабе.

В практике встречаются следующие виды схем соединений:

схема внутренних соединений (монтажная схема, на которой указаны все соединения внутри отдельной сборочной единицы);

схема внешних соединений (монтажная схема, на которой указаны соединения между отдельными сборочными единицами).

При монтаже даже не очень сложной схемы защиты, управления и автоматики приходится прокладывать большое количество проводов, соединяющих отдельные аппараты. Для упрощения

прокладки пучка проводов и возможности контроля отдельных участков выводы из каждого аппарата присоединяют к соответствующим наборным зажимам, которые у места установки нескольких аппаратов комплектуются в сборки зажимов. Сборки зажимов — важный элемент установки, так как посредством сборок и соответствующих многожильных кабелей осуществляют все необходимые соединения. Для возможности контроля и проверки схемы каждый зажим должен иметь соответствующую маркировку (цифру или букву).

Кроме приборов и аппаратов в монтажных схемах показывают провода, кабели, кабельные муфты и сборки зажимов. Сборки зажимов изображают в виде ряда прямоугольников, внутри которых ставят маркировочные цифры или буквы. Существуют два вида маркировки:

независимая, при которой определенную марку присваивают цепям, связывающим между собой точки с одинаковым потенциалом, вне зависимости от того, к каким приборам и аппаратам относятся эти точки;

зависимая, при которой каждый зажим аппарата, прибора или цепи имеет свою марку.

Наиболее распространена независимая маркировка, поэтому мы будем применять ее в последующем изложении.

Чтобы облегчить чтение монтажных схем, цепи вспомогательного тока разбивают на ряд характерных видов, каждому из которых присваивают определенный порядок цифр (определенную сотню). Ниже приведена примерная маркировка цепей.

Цели постоянного тока управления и защиты распределительных устройств	1—99
Цели переменного тока управления и защиты распределительных устройств, а также цепи управления и автоматики электропривода	101—199
Цели трансформаторов напряжения	201—299
Цели трансформаторов тока	301—399
Цели аварийной сигнализации распределительных устройств	501—599
Цели предупредительной сигнализации распределительных устройств	601—699
Цели включения электромагнитных приводов выключателей	701—799
Прочие цепи	901—999

Рассмотрим несколько примеров чтения схем соединений. На рис. 35 показана монтажная схема камеры высоковольтного выключателя фидера трансформатора. Маркировка (цифровая) позволяет проследить практическое осуществление схемы соединений отдельных приборов и аппаратов. Например, на схеме токовых цепей реле и амперметра указаны цифры *301*. Это значит, что вывод *H1* трансформатора тока *ТТ2-А* и соответствующий зажим амперметра имеют марки *301*.

Левая часть схемы представляет собой неоткрываемую часть лицевой панели (ее называют щитком приводов), на которой смонтированы приводы высоковольтного выключателя *М/РБА-6* и разъединителя *Р*, амперметр, сборка зажимов для амперметра и проложены соответствующие провода соединений.

В правой части схемы изображены трансформаторы тока, установленные внутри камеры (за сетчатым ограждением). Из схемы видно, что от релейных обмоток трансформаторов тока (класса точности 3) провода с маркировкой 300, 301 и 303 прокладывают к сборке зажимов, установленной около амперметра, и к зажимам отключающих катушек привода М/РБА-6. От измерительных обмоток трансформаторов тока провода идут к щитку счетчиков, расположенных в другом помещении.

На рис. 36, а показана схема соединений панели релейной защиты линии электропередачи на подстанции, а принципиальная схема цепей защиты показана на рис. 36, б.

Как видно из рисунка, обмотки токовых реле (реле ЭТ-520) присоединяются к вторичным (релейным) обмоткам трансформаторов

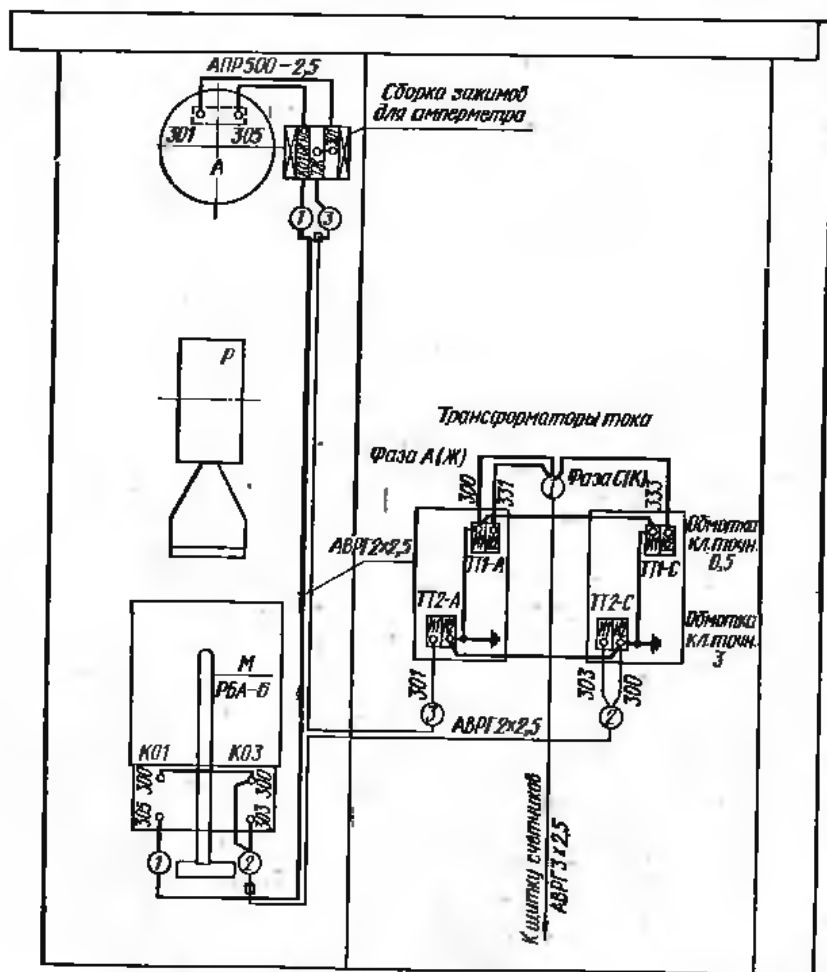


Рис. 35. Схема соединений высоковольтного выключателя в камере фидера трансформатора

тока проводами с маркировкой 300, 301 и 303, подключенными к зажимам 8, 9, 10, 11 и 12 сборки зажимов. Перемычки между зажимами с одинаковой маркировкой ставят для возможности последовательного включения в цепь каждого трансформатора тока, амперметра или реле (в этом случае перемычки должны быть сняты).

Постоянный ток управления проходит: плюс — к зажиму 7

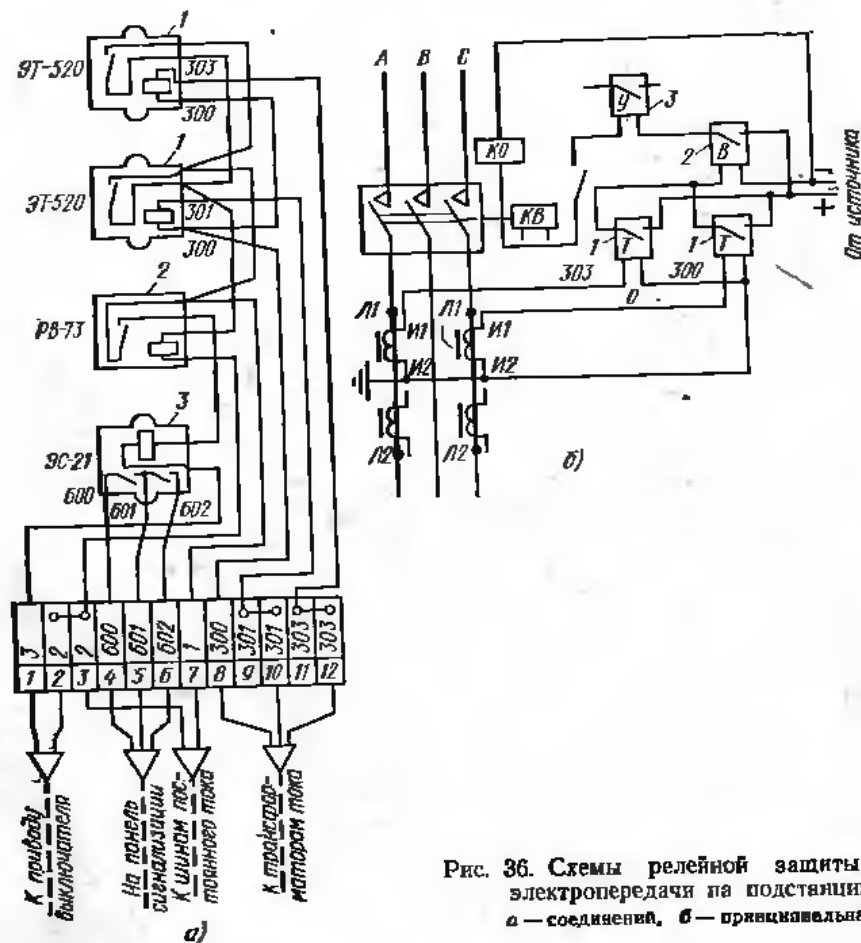


Рис. 36. Схемы релейной защиты линии электропередачи на подстанции: а — соединений, б — принципиальная

(с маркировкой 1) и минус — к зажиму 3 (с маркировкой 2). По проводам, проложенным на панели, плюс подается на верхние зажимы контактов обоих токовых реле ЭТ-520 и реле времени РВ-73. Нижние зажимы контактов реле ЭТ-520 через обмотку реле РВ-73 соединены с минусом (зажим 3 с маркировкой 2).

При срабатывании одного реле ЭТ-520 замыкается цепь отключающей катушки через контакты реле времени РВ-73 (зажим 7, присоединенный к плюсу источника постоянного тока, — контакты

реле РВ-73 — обмотки сигнального реле ЭС-21 — отключающая катушка привода выключателя — зажим 2, присоединенный к минусу источника постоянного тока).

§ 9. Методические указания по чтению схем вспомогательных цепей

Чтение схемы вспомогательных цепей рекомендуется начинать после предварительного ознакомления со схемой главной цепи.

Приступая к чтению схемы какого-либо устройства, нужно прежде всего ознакомиться с ее типом и видом (из углового штампа), а также с примечаниями, приведенными на том же листе или на других листах (что оговаривается соответствующими ссылками), а иногда с пояснительной запиской или спецификацией.

Чтение схемы следует начинать от источников питания (от вторичных обмоток трансформаторов тока или напряжения, аккумуляторных батарей и др.). Так как обычно схема состоит из нескольких электрически связанных между собой цепей, рекомендуется знакомиться по очереди с каждой цепью (лучше всего сначала рассмотреть схемы цепей, питающихся от вторичных обмоток трансформаторов тока, а затем перейти к цепям управления).

Чтобы облегчить чтение монтажной схемы вспомогательных цепей, нужно по возможности подобрать соответствующие принципиальные схемы и установить вид принятой маркировки. Чтение следует начинать с наборных зажимов, к которым подключается цепь трансформаторов тока (маркировка 301—399), в котом рассматривать цепи, присоединенные к наборным зажимам, тока управления. В каждом случае необходимо проследить цепь от одного наборного зажима до другого зажима той же сборки через элементы схемы, подключенные к этой сборке.

Тематика упражнений на составление и чтение схем вспомогательных цепей. Рекомендуется следующая тематика классных упражнений.

1. Составить разнесенную схему управления асинхронным двигателем со щита управления при помощи магнитного пускателя. Предусмотреть на щите установку двух сигнальных ламп, показывающих включенное и выключенное положения магнитного пускателя, который для этого имеет дополнительные блок-контакты.

2. По разнесенной схеме п. 1 составить монтажную схему.

3. Составить разнесенную схему управления реверсивным асинхронным двигателем при помощи магнитного пускателя. У кинопочной станции предусмотреть установку двух сигнальных ламп, показывающих направление вращения двигателя.

4. По разнесенной схеме п. 3 составить монтажную схему.

5. По однолинейной схеме трансформаторной подстанции (см. рис. 20) составить многолинейные схемы релейной защиты и измерения.

6. По той же схеме составить разнесенные схемы вспомогательных цепей фидера I.

7. Прочитать разнесенную схему магнитной станции для управления двухскоростным асинхронным электродвигателем (см. рис. 29).

8. Прочитать разнесенную схему управления короткозамкнутым асинхронным двигателем с динамическим торможением (см. рис. 30).

9. Прочитать разнесенную схему управления короткозамкнутым асинхронным двигателем с торможением противотоксением (см. рис. 31).

10. Прочитать схему цепей контакторного управления крановым двигателем (см. рис. 34).

§ 10. Содержание и назначение схем электрических цепей с элементами электроники

В настоящее время в схемы управления и автоматизации все больше и больше внедряются электронные приборы и устройства. Это обстоятельство несколько усложняет чтение схем, так как при

наличии в них элементов электроники следует знать особенности их построения и некоторые условности при их чтении, хотя правкла вычерчивания схем общие.

Чтобы прочесть схему, содержащую электронные приборы, необходимо иметь некоторую квалификацию в области элементарной теории электронных цепей. В первую очередь надо ясно представить себе механизм прохождения электрических зарядов через различные элементы цепей применяемых в электронике приборов (вакуумных, нонных или полупроводниковых). Необходимо хорошо понимать назначение и принцип действия управляющих элементов (сеток или эмиттеров). Таким образом, чтение схем электроники значительно труднее чтения ранее рассмотренных электрических схем.

Прежде всего в схемах с элементами электроники всегда имеется несколько отдельных цепей (например, в цепях коллектора, эмиттера и базы транзисторов). Каждая из них рассчитана на определенное напряжение, которое создается или отдельными источниками электроэнергии, или для всех цепей используют общий источник через соответствующий делитель напряжения. Во втором случае напряжение для каждой из цепей получают присоединением их к делителю напряжения, т. е. к последовательно включенным в цепь источника резисторам различного номинала.

Вследствие того что питание основных цепей в электронных устройствах, как правило, принято однопроводное (зажим источника напряжения — цепь — корпус аппарата, присоединенный к другому зажиму), на многих схемах не изображают обратный провод. Вместо него вводят условные обозначения присоединения конца цепи к корпусу аппарата. Так как корпуса электронных аппаратов обычно заземляют, присоединение к корпусу обозначают на схемах как заземление.

В настоящем пособии ограничиваемся лишь разбором принципиальных схем некоторых несложных электронных устройств промышленной электроники. С подобными схемами могут встретиться будущие электромонтажники, электромонтеры и электрослесари при обслуживании различных промышленных установок.

Наличие в схемах, содержащих электронные устройства, нескольких цепей значительно усложняет чтение этих схем. Чтобы прочесть схему какого-либо сложного электронного аппарата, нужно уметь разбить ее на части

(выпрямительную, усилительную, фильтры и др.), это требует довольно высокой квалификации. Чтобы хорошо разбираться в сложных схемах, следует освоить чтение схем отдельных элементов, входящих в состав сложной схемы. Поэтому начнем рассматривать схемы с

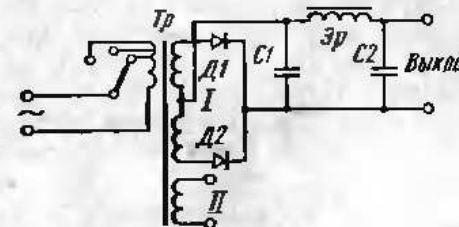


Рис. 37. Принципиальная схема двухполупериодного выпрямителя

простейших и будем постепенно переходить к более сложным.

На рис. 37 показана схема двухполупериодного выпрямителя, в котором в качестве вентилей используют два диода $D1$ и $D2$. Первичная обмотка силового трансформатора Tr имеет три вывода, что позволяет использовать трансформатор для трех значений первичного однофазного напряжения: 220, 127 и 110 В. Трансформатор имеет две вторичные обмотки: силовую I (число витков этой обмотки подбирают в зависимости от необходимого значения выпрямленного напряжения) и обмотку II для питания цепи сигнальной лампы. Для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения в схему включен П-образный сглаживающий фильтр, состоя-

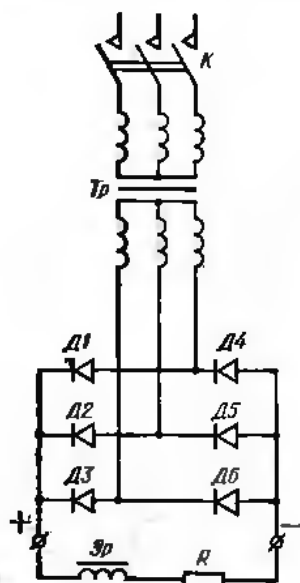


Рис. 38. Принципиальная схема трехфазного мостового выпрямителя

щий из конденсаторов $C1, C2$ и электрического реактора $\mathcal{E}p$.

На рис. 38 показана трехфазная мостовая выпрямительная схема с использованием полупроводниковых вентилей. Схема состоит из шести полупроводниковых диодов, образующих две группы ($D1, D2, D3$ и $D4, D5, D6$). К каждой фазе подключаются по два диода, причем противоположными концами. Вследствие этого при прохождении тока через один диод фазы другой оказывается запертым. Как видно из схемы, диоды каждой группы включены параллельно и, как известно из теории, ток проходит через тот диод, который будет иметь в данный момент наибольший положительный потенциал. Таким образом, одна из групп (диоды $D1, D2$ и $D3$) является плюсом выпрямителя, а другая (диоды $D4, D5$ и $D6$) — его минусом.

На выходе выпрямителя установлен индуктивный сглаживающий фильтр — электрический реактор $\mathcal{E}p$, включенный в рассечку выходного (например, плюсового) провода. Назначение фильтра —

создать индуктивное сопротивление для переменной составляющей выпрямленного тока и тем снизить ее значение.

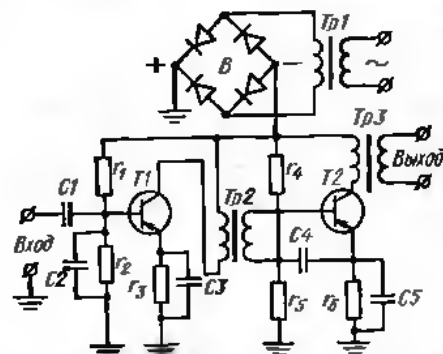


Рис. 39. Принципиальная схема двухкаскадного усилителя на транзисторах

создать индуктивное сопротивление для переменной составляющей выпрямленного тока и тем снизить ее значение.

На рис. 39 показана принципиальная схема двухкаскадного усилителя на полупроводниковых триодах (транзисторах) с трансформаторной связью. Из схемы видно, что усилитель питается от однофазной сети переменного тока через трансформатор $Tr1$ и двухтактный выпрямитель B . Положительный полюс выходного напряжения подают на корпус, а отрицательный подводят к делителям напряжения r_1-r_2 и r_4-r_5 . Каждый из этих делителей подключен к корпусу (т. е. положительному полюсу источника питания).

Усиление производят посредством двух транзисторов $T1$ и $T2$, включенных по схеме с общим эмиттером. Связь между каскадами осуществлена при помощи междукаскадного трансформатора $Tr2$, первичная обмотка которого включена в коллекторную цепь триода $T1$, а вторичная — между базой и эмиттером триода $T2$ (через конденсатор $C4$).

Сигнал подается между базой и эмиттером триода $T1$ через конденсаторы $C2$ и $C3$. Для отделения постоянных составляющих сигнала на входе установлен разделительный конденсатор $C1$. Под воздействием сигнала в коллекторном токе триода $T1$ появляется переменная составляющая, которая индуктирует во вторичной обмотке трансформатора $Tr2$ эдс, являющуюся выходным напряжением первого каскада и входным напряжением второго каскада (напряжение между базой и эмиттером триода $T2$).

На выходе усилителя установлен трансформатор $Tr3$, первичная обмотка которого включена в цепь коллектора триода $T2$.

§ 11. Методические указания по чтению схем цепей с элементами электроники

Приступая к чтению схем какого-либо электронного устройства, необходимо прежде всего узнать из углового штампа или заглавной надписи, какое устройство изображено на схеме. Если устройство сложное, изучение схемы рекомендуется начать с ее разбивки на ряд элементарных схем. После этого необходимо вынять источники сетевого питания и связанные с ними выпрямительные устройства. Затем следует из обозначенных в схеме конденсаторов, реакторов и резисторов выделить те, которые относятся, например, к сглаживающим фильтрам. Полезно определить типы фильтров. После этого надо разобраться во всех приведенных в схеме вакуумных и полупроводниковых приборах и установить их тип и схему использования. Далее следует установить все цепи анодного тока и все цепи смещения, а также все элементы связи между отдельными частями (каскадами) схемы.

Приведенные методические указания являются ориентировочными и ими следует руководствоваться при чтении схем, содержащих электронные устройства. Эти схемы настолько разнообразны, что дать исчерпывающую методику их чтения не представляется возможным и не является задачей данной книги.

Контрольные вопросы

1. Что называется электрической схемой?
2. Каково назначение схем электрических установок и изделий?
3. Какие бывают схемы?

4. Чем отличается структурная схема от принципиальной?
5. Чем руководствоваться при условном изображении отдельных элементов схемы?
6. Чем отличаются однолинейные схемы от многолинейных?
7. В каком положении даются в условных обозначениях контакты коммутирующих аппаратов и реле?
8. Что такое разнесенная схема?
9. Какие имеются виды принципиальных схем?
10. Как находят отдельные элементы одного и того же аппарата на разнесенной схеме?
11. Какие преимущества имеет разнесенная схема перед совмещенной?
12. В чем состоит особенность монтажных схем?
13. Каковы особенности принципиальных схем, содержащих электронные устройства?
14. Какие цепи имеются в схемах с полупроводниковыми триодами?

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ЧЕРТЕЖИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК И ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

§ 12. Общая характеристика чертежей электрических устройств

Чертежи, по которым устанавливают электрические машины и аппараты, прокладывают электрические сети высокого и низкого напряжения, а также монтируют электрическое освещение, отличаются большим разнообразием как по характеру объектов, так и по способу их изображения.

По способу изображения чертежи электрических установок можно разбить на два типа:

чертежи, выполняемые по общим правилам черчения (их называют чертежами электрических установок);

чертежи, выполняемые в виде схем с широким использованием условных обозначений, нанесенных на упрощенные строительные или технологические чертежи (их называют чертежами электрических сетей).

К первому типу можно отнести чертежи машинных залов электростанций, распределительных устройств высокого и низкого напряжения, трансформаторных подстанций, распределительных щитов и щитков, монтажные чертежи установок машин и аппаратов деталей крепления и конструкций, на которых эти машины и аппараты монтируются, чертежи отдельных сборочных единиц различных электрических устройств, общих видов и деталей опор линий электропередачи высокого и низкого напряжения и т. д.

Ко второму типу относят чертежи весьма разнообразных по условиям работы и мощности установок электросилового оборудования и электрического освещения с соответствующими электрическими сетями для их питания. В этих чертежах для изображения электродвигателей, пускорегулирующей аппаратуры, распределительных щитков и пунктов, светильников и другого оборудования широко пользуются многочисленными условными обозначениями, приведенными в ГОСТ 2. 754—72.

§ 13. Чертежи трансформаторных подстанций и распределительных устройств напряжением выше 1000 В

На этих чертежах изображают электрические устройства, для которых сооружают специальные здания. Планировка и конструкция зданий соответствуют условиям нормальной эксплуатации находящихся в них ответственных установок.

Обычно чертежи электроустановок совмещают с чертежами другой специальности. Например, общие чертежи электрооборудования и чертежи технологического оборудования располагают на одном листе. На чертежах электроустановок наносят все размеры, необходимые для монтажа оборудования, а само оборудование изображают схематично — наносят лишь контурные линии, позволяющие судить о габаритах и точках крепления.

Расположение основной аппаратуры в распределительных устройствах при напряжении выше 1000 В показывают главным образом на поперечных разрезах по характерным ячейкам, а иногда на продольном разрезе по коридору управления. План служит лишь

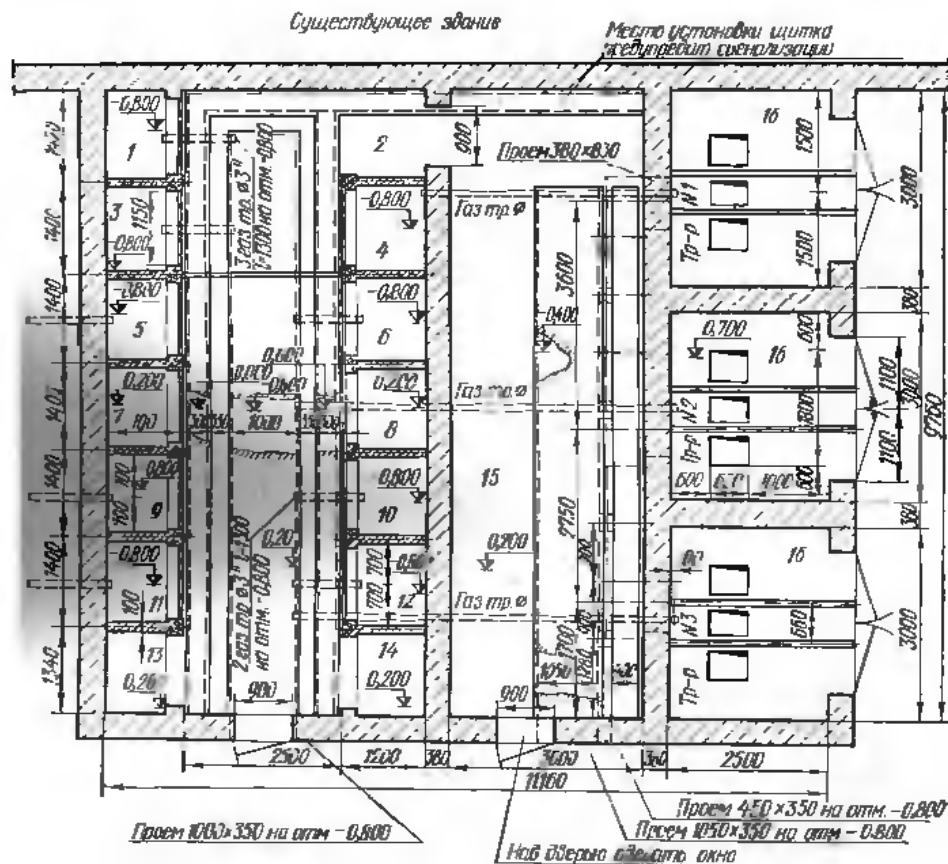


Рис. 40. План трансформаторной подстанции промышленного типа:

1 — ячейка масляного выключателя трансформатора № 1, 2 — проход в помещение распределительного щита напряжением до 1000 В, 3 — ячейка масляного выключателя трансформатора № 3, 4 — ячейка масляного выключателя трансформатора № 1, 5 и 6 — резервные ячейки, 7 и 8 — ячейки трансформаторов напряжения, 9, 10, 11 и 12 — ячейки масляных выключателей отходящих фидеров, 13 и 14 — ячейки для установки щитков релейной защиты, 15 — помещение распределительного щита напряжением до 1000 В, 16 — камеры силовых трансформаторов

для того, чтобы дать общее представление о размерах и составе распределительного устройства, и является основанием для выполнения строительных чертежей. Поэтому обычно на плане РУ аппаратуру не показывают, но отдельные части помещения нумеруют, а на чертеже дают экспликацию камер или ячеек.

Строительные чертежи, на которые наносят электрическую аппаратуру, несколько упрощают. Из них исключают ряд подробностей и условных обозначений чисто строительного характера. Количество размеров, необходимых для строительных работ, но не нужных для установки аппаратуры, значительно сокращают.

На рис. 40 показан план трансформаторной подстанции старого типа с тремя понижающими трансформаторами, распределительным устройством высшего напряжения и распределительным щитом низшего напряжения. Электрическая аппаратура на плане не нанесена, и по нему можно судить лишь о назначении каждого помещения, камеры и ячейки, которые пронумерованы, а чертеж снабжен соответствующей экспликацией.

Как видно из рисунка, трансформаторная подстанция состоит из следующих частей: распределительного устройства 10 кВ на тринадцать ячеек прислонного типа с железобетонными переборками (ячейки расположены по обе стороны центрального коридора), помещения для восьмипанельного распределительного щита низшего напряжения одностороннего обслуживания и трех трансформаторных камер.

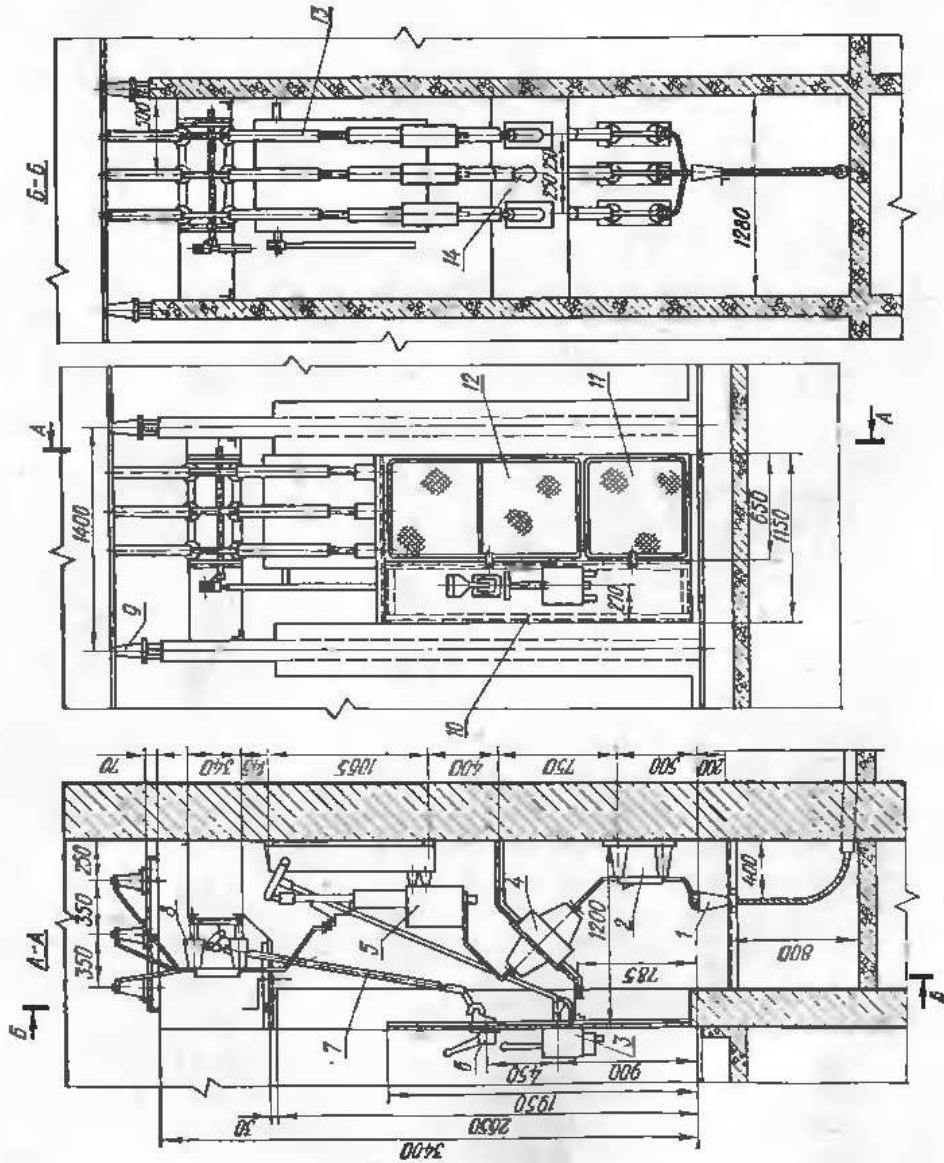
На чертеже показаны кабельные каналы, приемки и проемы для прокладки кабелей, а также трубы для прохода кабелей сквозь фундаменты. Трубы закладывают при строительных работах. На чертеже они изображены штриховыми линиями по оси ячеек 5, 6, 9, 10, 11 и 12 с указанием отметок уровня прокладки трубы (за левую отметку принята поверхность земли). Там, где каналы перекрыты плитами, в влотах сделаны вырывы, на которые нанесены знаки отметок для канала.

Электрические аппараты, монтируемые на подстанции, изображают на разрезах. Разрезы выполняют в том же масштабе, что и план (1:100 или 1:50) или для удобства пользования ими при монтаже в более крупном масштабе (например, 1:20). В качестве примера на рис. 41 и 42 показаны чертежи установки электрического оборудования в ячейках.

На рис. 41 показана ячейка 3 (см. рис. 40) масляного выключателя горшочкового типа в распределительном устройстве 10 кВ. Чертеж состоит из двух разрезов и фасада. План не приведен, так как ввиду многоярусного расположения оборудования контуры отдельных аппаратов в плане накладывались бы один на другой и чертеж было бы трудно читать.

Из чертежа видно, что РУ состоит из ряда железобетонных ячеек одностороннего обслуживания (прислонного типа). На скобе, вмозанной в каждую перегородку, установлены три опорных изолятора 9 на напряжение 10 кВ (разрез А—А) для крепления сборных шин. Ниже, на поперечных уголках, укрепленных в боковых пере-

Рис. 41. Ячейка масляного выключателя горшкового типа в распределительном устройстве 10 кВ:
 1 — кабельная воронка, 2 — однопольный разъединитель, 3 — привод выключателя, 4 — трансформатор тока, 5 — масляный выключатель, 6 — привод разъединителя, 7 — тага, 8 — трехполюсный разъединитель, 9 — опорный изолятор, 10 — шпатель приводов, 11 и 12 — сетчатое ограждение, 13 — шины, 14 — проходной изолятор



городках, установлен трехполюсный шинный разъединитель 8, а под ним, непосредственно на капитальной кирпичной стене, смонтирован масляный выключатель 5.

Управление трехполюсным разъединителем и масляным выключателем производится при помощи приводов 6 и 3, установленных на щитке 10. Под масляным выключателем на двух изогнутых уголках, на которые опирается стальной лист, укреплены два проход-

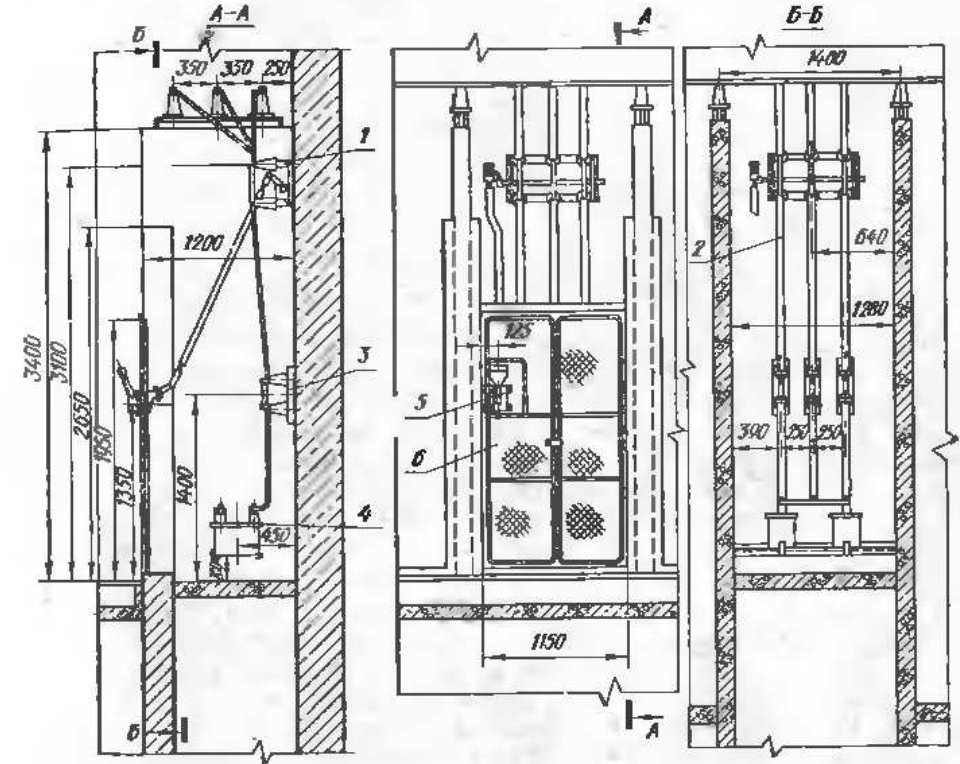


Рис. 42. Ячейка трансформатора напряжения подстанции промышленного типа:
 1 — разъединитель, 2 — стальная шина, 3 — трубчатый предохранитель, 4 — трансформатор напряжения, 5 — привод разъединителя, 6 — сетчатое ограждение

ных трансформатора тока 4 и один проходной изолятор 14. Стальной лист отделяет аппаратуру, расположенную выше, от трех однополюсных разъединителей 2 и кабельной воронки 1, которая с помощью поперечного уголка укреплена в верхней части прямка для ввода кабеля. Шинные разъединители 8 и сборные шины отделены от масляного выключателя изогнутым стальным листом. Таким образом, ячейка разделена двумя стальными листами на три изолированных один от другого отсека. Со стороны фасада каждая ячейка закрыта соответствующим сетчатым ограждением 11 и 12.

На рис. 42 показана ячейка 7 или 8 трансформатора напряжения подстанции, план которой был показан на рис. 40. Как видно

из чертежа, в этой ячейке смонтированы два однофазных измерительных трансформатора напряжения 4, включенных в открытый треугольник, три трубчатых высоковольтных предохранителя 3 для защиты трансформаторов от коротких замыканий и один трехполюсный разъединитель 1 с рычажным приводом 5. Трансформаторы напряжения устанавливают на уголках, вмазанных в боковые железобетонные перегородки, а предохранители и разъединитель — непосредственно на капитальной кирпичной стене.

Установка силового трансформатора в камере показана на рис. 43. Как видно из чертежа, пол камеры приподнят, чтобы удобно было выкатывать трансформатор на автотранспорт (при замене или отправке в ремонт) и подводить наружный воздух для охлаждения трансформатора. В отверстие проема для входа охлаждающего воздуха вмазаны жалюзи 8, защищающие проем от дождевых капель, и решетка 9, которая мешает грызунам проникнуть внутрь подстанции.

Когда на подстанции установлен один трансформатор относительно небольшой мощности (без масляного выключателя), распределительного устройства высокого напряжения может не быть. В этом случае всю аппаратуру высшего напряжения монтируют в трансформаторной камере. В качестве примера на рис. 44 показана подстанция небольшой мощности (до 400 кВ·А) с одним воздушным вводом и одним трансформатором, которая состоит из трансформаторной камеры и помещения распределительного щита низшего напряжения. В трансформаторной камере кроме трансформатора 7 смонтированы три трубчатых высоковольтных предохранителя 5, при помощи которых защищен трансформатор, и трехполюсный разъединитель 4. Напряжение подводится к подстанции воздушной линией и тремя линейными вводами 2.

Трехполюсным разъединителем управляют при помощи рычажного привода 6, установленного в трансформаторной камере (между входом и деревянными поручнями 8). Распределительный щит 1 низшего напряжения одностороннего обслуживания имеет две панели и расположен в пристройке к подстанции. Отходящие от щита линии могут быть воздушными и кабельными. Для вывода этих линий со щита между торцами щита и боковыми стенами оставляют небольшие промежутки (185 мм), достаточные для прокладки проводки в газовых трубах. Кроме того, под щитом делают кабельный канал с выводом наружу. Вентиляцию трансформатора осуществляют посредством двух отверстий: входного — в двери трансформаторной камеры и выходного — в боковой стене.

Некоторая эскизность чертежа этой подстанции объясняется незначительной мощностью и несложностью, благодаря чему монтажникам достаточно иметь общие виды и чертеж некоторых деталей установки и крепления аппаратуры.

Для ускорения и удешевления монтажных работ в последнее время широко применяют комплектные распределительные устройства (КРУ) и подстанции. Распределительное устройство называется комплектным, если оно изготовлено и собрано на заводе или

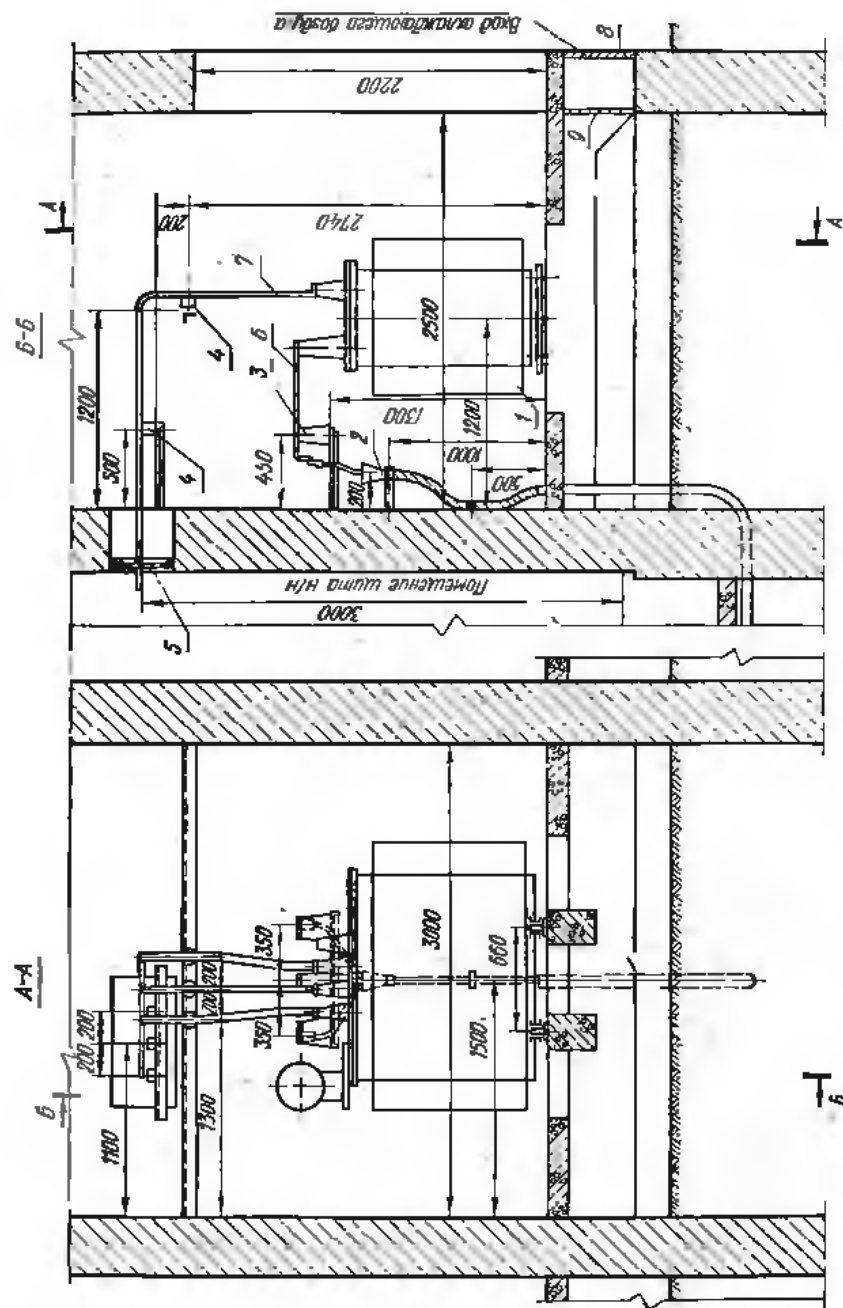


Рис. 43. Установка силового трансформатора на подстанции промышленного типа.

1 — силовой трансформатор, 2 — кабельная трюма, 3 — кабельная порочка, 4 — опорный изолятор до 1000 В, 5 — предохранитель из изоляционного материала, 6 — шины напряжением выше 1000 В, 7 — шины напряжением до 1000 В, 8 — жалюзи, 9 — сварная частая решетка

в специализированной мастерской и состоит из ряда закрытых шкафов со встроенными в них аппаратами, измерительными и защитными приборами и вспомогательными устройствами.

На рис. 45 показаны фасад и два разреза ячейки комплектного устройства для внутренней установки серии КСО-2УМ. Ячейка

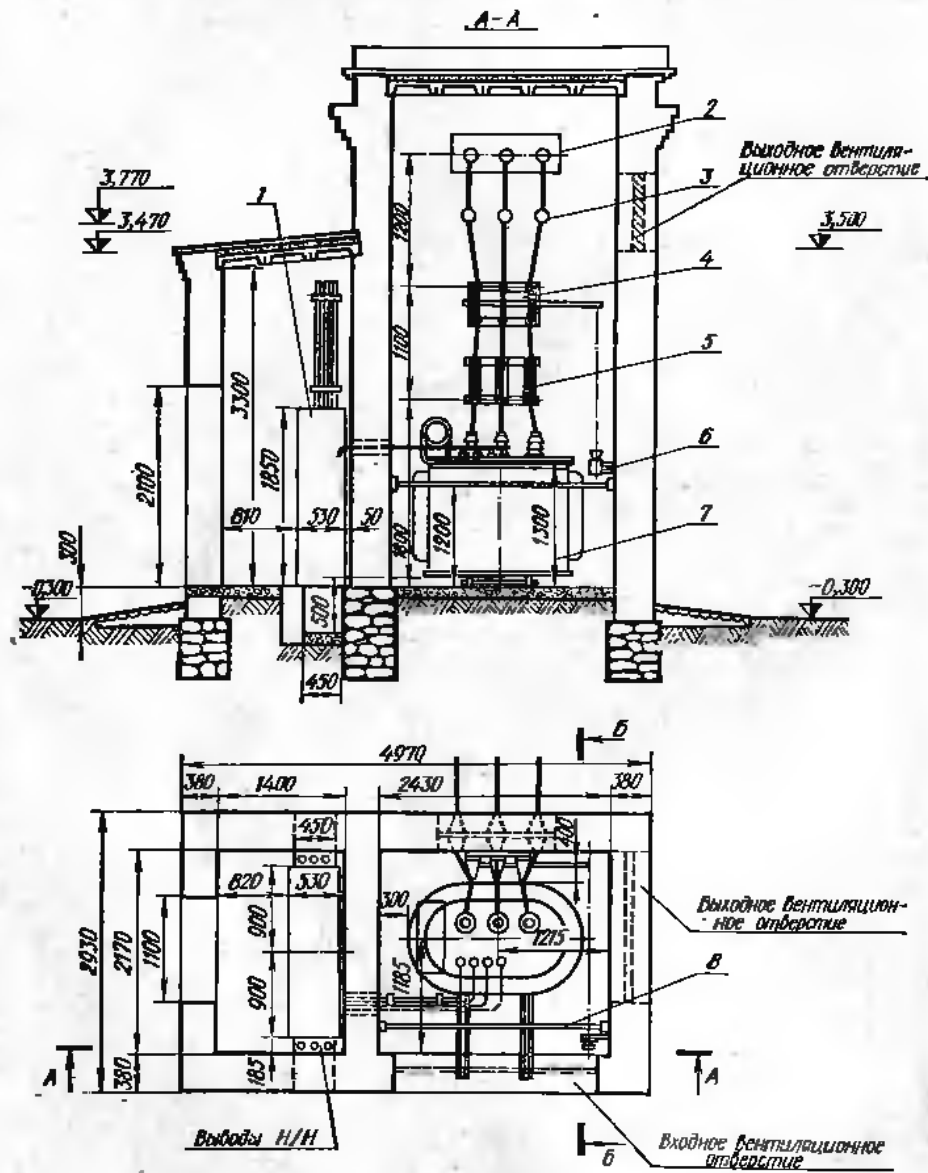


Рис. 44. Подстанция с одним воздушным вводом и одним трансформатором.
1 — распределительный щит напряжением до 1000 В, 2 — линейный ввод 6—10 кВ, 3 — опорный изолятор 6—10 кВ, 4 — трехполюсный разъединитель, 5 — грубчатый предохранитель 6—10 кВ, 6 — привод разъединителя, 7 — трансформатор, 8 — поручки

имеет одинарную систему шин, рассчитанную на напряжение 10 кВ и ток до 1000 А и масляный выключатель ВМП-10 с приводом ПРБА. Площадь ячейки 1200×1200 мм², высота 2800 мм (без выступающих шин). Корпус ее сварен из листовой стали толщиной 2—3 мм. На лицевой стороне ячейки справа имеются сетчатые двери, а слева — панель, на которой установлены приводы 1 и 2 разъединителей 3 и 9 и привод 8 разъединителя 6, приборы защиты, измерения и сигнализации.

Кроме того, в ячейке установлены два трансформатора тока 7. В панель встроены вертикальный шкафчик 10, в котором размещены сборка зажимов 11, лампы 5 для внутреннего освещения камеры и разводка цепей вспомогательного тока.

Из рисунка видно, что ячейка разделена перегородками из листовой стали на три отсека: отделение сборных шин и шинного разъединителя, отделение выключателя и отделение фидерного разъединителя. Для прохода шин через перегородки служат проходные изоляторы 4 и трансформаторы тока 7. Наличие отдельных отсеков позволяет производить ревизию выключателя без снятия напряжения со сборных шин и отходящих линий.

На рис. 46 показана комплектная трансформаторная подстанция мощностью 160 кВ·А, полностью смонтированная в металлическом кожухе, который состоит из трансформатора 10/0,4 кВ мощностью 16 кВ·А и шкафов низшего (НН) и высшего (ВН) напряжения, в которых смонтирована вся необходимая коммутационная аппаратура. Для защиты подстанции от атмосферных перенапряжений

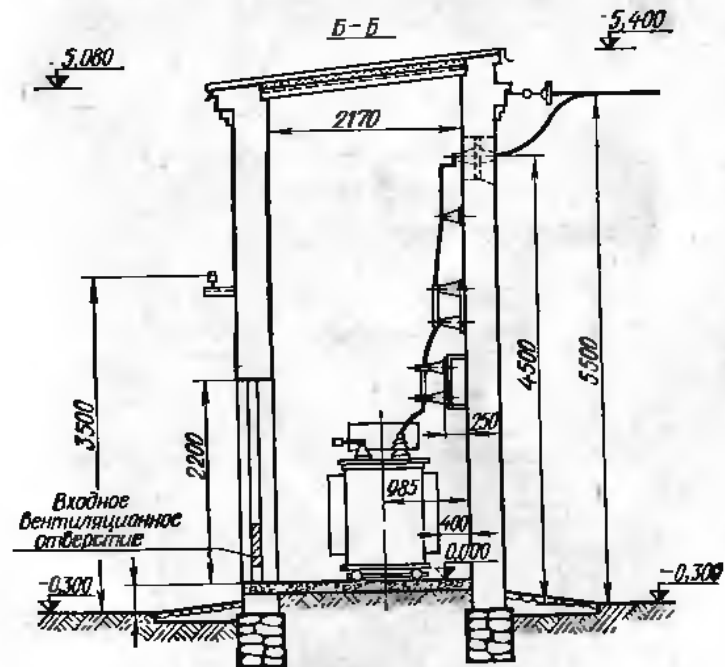


Рис. 44. Продолжение

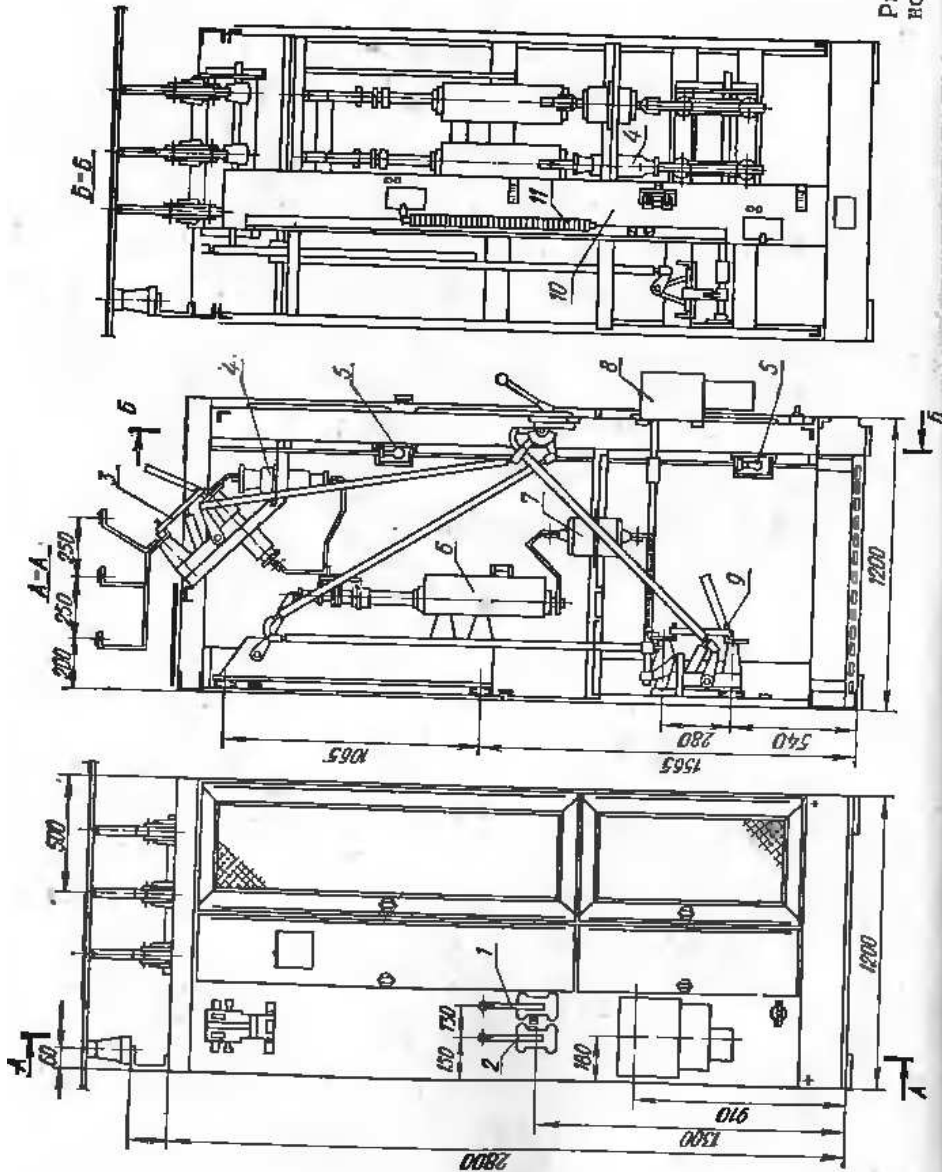


Рис. 45. Ячейка комплектного распределительного устройства на 10 кВ

предусмотрен разрядник. Монтаж такой подстанции чрезвычайно прост и сводится к установке ее на фундамент, подсоединению подходящей и отходящих линий и заземлению кожуха.

При распределении электроэнергии напряжением 35 кВ и выше широко применяют открытые распределительные устройства и подстанции. На рис. 47 показана небольшая открытая трансформаторная подстанция 35/6 кВ старого типа с одиарной системой сборных шин на металлических опорах. В настоящее время подобные подстанции монтируются на железобетонных опорах. Как видно из чертежа, электроэнергию подводят к шинам 35 кВ посредством воз-

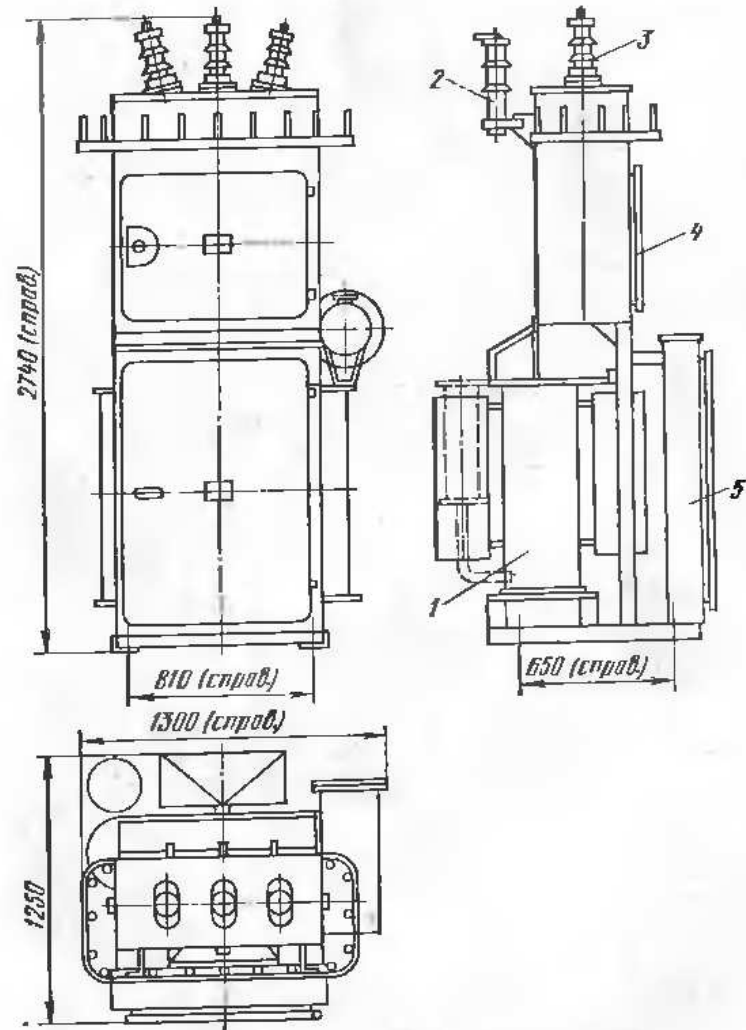


Рис. 46. Комплектная трансформаторная подстанция на напряжении 10/0,4 кВ мощностью 160 кВ·А:

1 — силовой трансформатор, 2 — разрядник РВС, 3 — изолятор ПНБ-10/400, 4 — шкаф напряжением выше 1000 В, 5 — шкаф напряжением до 1000 В

душной линии через комплект разъединителей 2. На подходе линии электропередачи устанавливают вентильные разрядники 1 для защиты подстанции от атмосферных перенапряжений. Их присоединяют к линии при помощи второго комплекта разъединителей 2.

Сборные шины выполняют в виде многопроволочных голых проводов, укрепленных на П-образных металлических опорах посредством натяжных гирлянд 3. К сборным шинам через комплект разъединителей и масляные выключатели 5 присоединяют два силовых

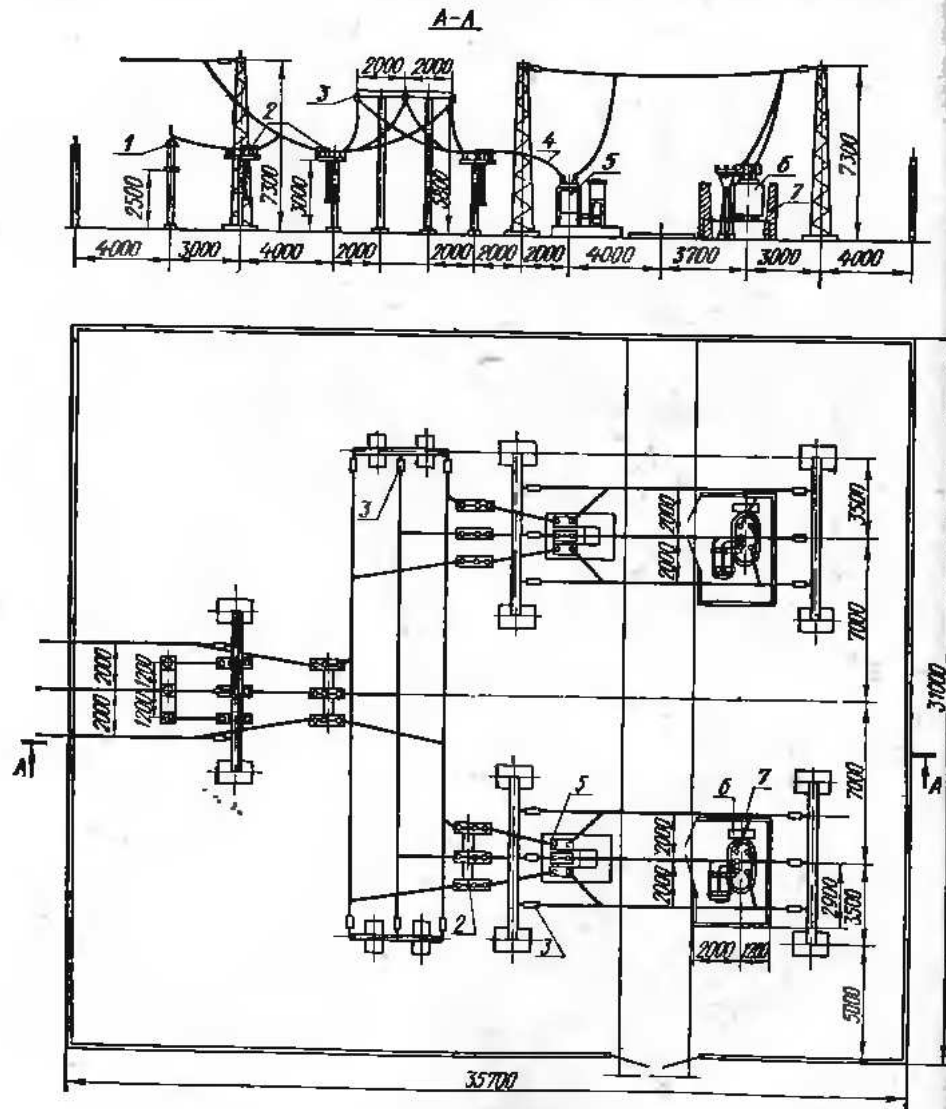


Рис. 47. Открытая трансформаторная подстанция 35/6 кВ:

1 — вентильный разрядник, 2 — трехполюсный разъединитель, 3 — натяжные гирлянды, 4 — трубчатая шина, 5 — масляный выключатель, 6 — силовой трансформатор, 7 — ограждение трансформатора

трансформатора 6. Монтаж подводки к трансформаторам осуществляют аналогично монтажу сборных шин.

Спуски к аппаратуре делают также голым проводом, за исключением участка между разъединителями и масляными выключателями, где соединение выполняют медной трубчатой шиной 4 диаметром $1/2''$ (12 мм), чтобы придать ему необходимую жесткость. Масляные выключатели и трансформаторы устанавливают на бетонных фундаментах, а всю остальную аппаратуру — на металлических стойках.

§ 14. Монтажные чертежи и чертежи крепления различной аппаратуры

Для графического описания распределительных устройств и трансформаторных подстанций достаточно одних общих видов, так как мелкий масштаб (1 : 100, 1 : 50), в котором обычно их выполняют, не позволяет изобразить на них с достаточной ясностью некоторые детали устройства и крепления отдельных приборов и аппаратов. Поэтому общие виды, как правило, дополняют монтажными чертежами для каждого распределительного устройства и подстанции, а также чертежами деталей крепления. Последние не разрабатываются для конкретного устройства, а являются типовыми

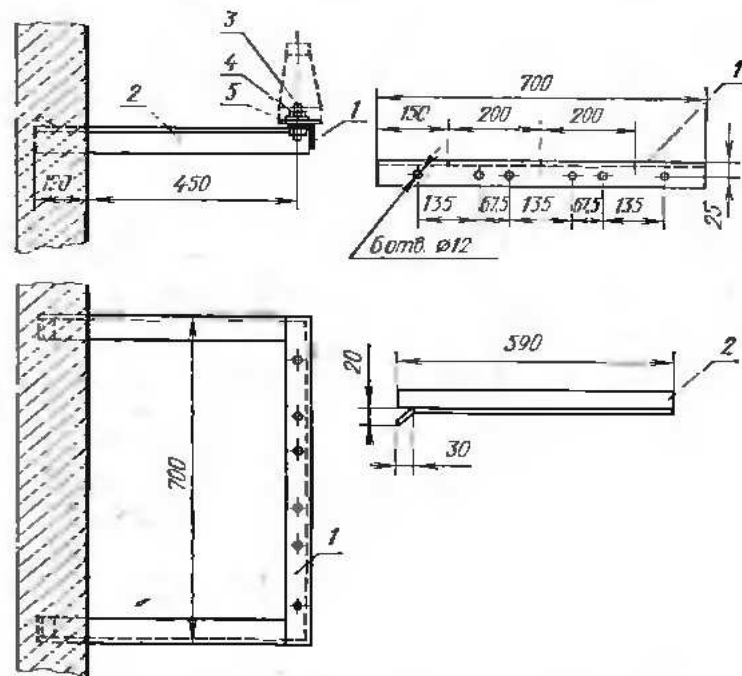


Рис. 48. Скоба для крепления опорных изоляторов: 1 — угольник 5X50X700, 2 — угольник 6X50X590, 3 — болт М10X35, 4 — гайка М10, 5 — шайба М10

ляемый при помощи тяг 1 и 3 приводом, смонтированным на колонке между ячейками. Тип крепления разъясняют в спецификации. План мостика уточняет разметку отверстий на стойке 2 для крепления изоляторов. Правая часть плана сделана по плоскости, проходящей ниже соединительных шин.

§ 15. Чертежи распределительных устройств до 1000 В

В зависимости от назначения, распределяемой мощности, количества отходящих линий и способа их защиты распределительные устройства напряжением до 1000 В бывают различных типов: распределительные щиты, силовые распределительные пункты, осветительные групповые щитки и др.

В настоящее время в большинстве случаев распределительные устройства до 1000 В, как и распределительные устройства выше 1000 В, комплектуются из выполненных на заводах панелей и шкафов. Панели устанавливают только в специально предназначенных для этого помещениях, а шкафы можно располагать и в производственных помещениях.

В качестве примера на рис. 52 показана одна панель распределительного щита одностороннего обслуживания на четыре фидера. Корпус панели изготовлен из профилей гнутой листовой стали толщиной 2—3 мм, в которых сделаны отверстия для крепления приборов и приводов рубильников.

Для уменьшения ширины панели и улучшения условий эксплуатации в данной конструкции применены рубильники со смещенными рукоятками, это позволило в центре фасада панели сделать большую одностворчатую дверь 3, а приводы рубильников сместить в сторону и установить на боковых поясках 4. Измерительные приборы расположены над дверью на двух верхних поясках 1 и 2. Рубильники и предохранители применены с общим средним контактом (выключатель-предохранитель 5). Трансформаторы тока 6 подвешены непосредственно на нижних зажимах выключателей-предохранителей. Сборные щиты 7 расположены в верхней части щита.

В действующих электросиловых установках широко распространены силовые распределительные пункты (СП), при помощи которых выполняют разветвление питающей линии на несколько групповых, а также присоединение отдельных энергоприемников к групповой линии. На рис. 53 показан габаритный чертеж силового распределительного пункта на несколько трехфазных групп с защитой их трубчатыми предохранителями (шкаф распределительный силовой СП-58).

Из чертежа видно, что шкаф представляет собой сварной корпус из гнутых стальных листов. Внутри шкафа установлена съемная рама 2, на которой смонтирована вся аппаратура: вводный трехполюсный рубильник 3 с боковым приводом 1, трубчатые предохранители 4 и сборные шины 5.

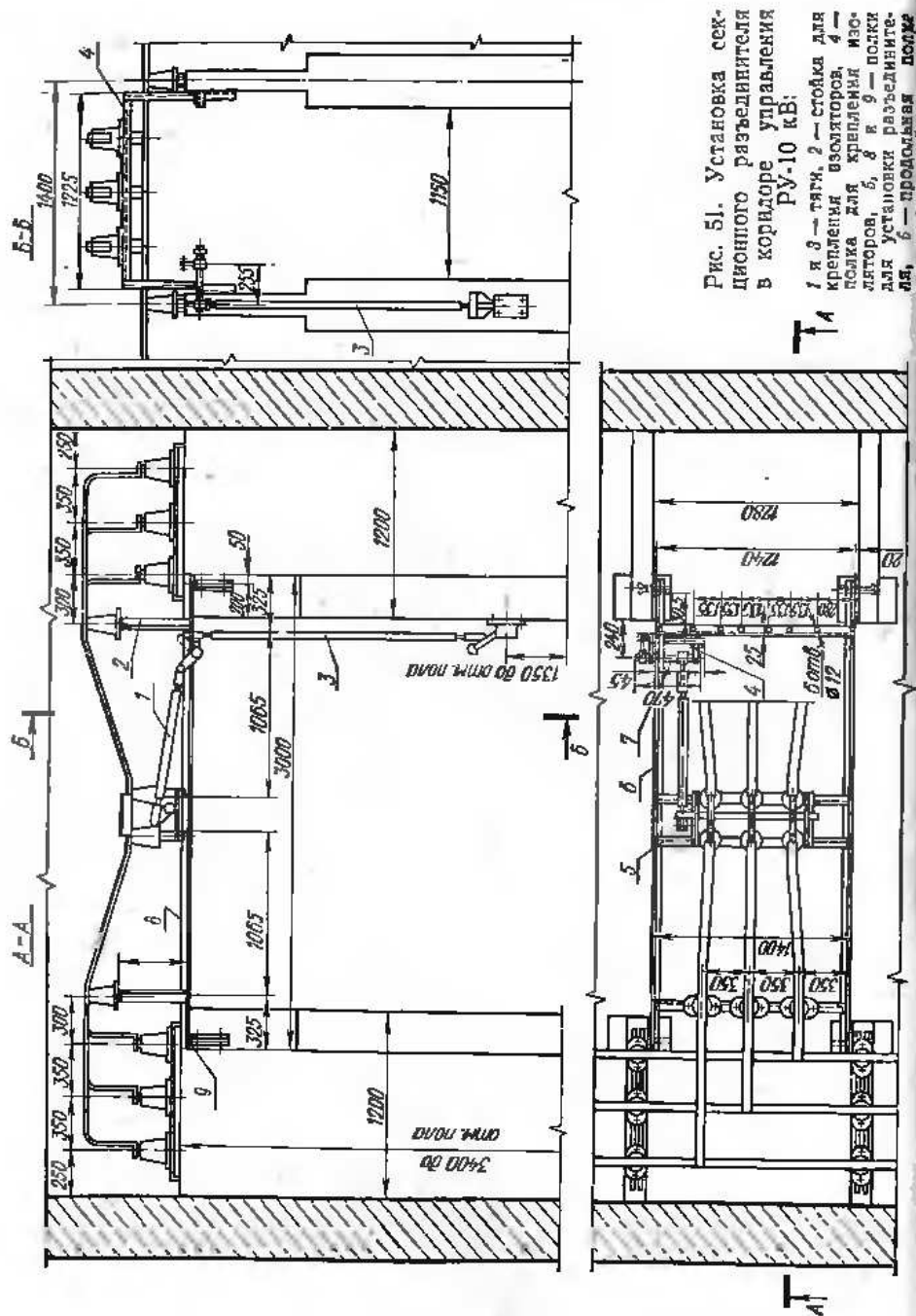


Рис. 51. Установка секционного разъединителя в коридоре управления РУ-10 кВ:
1 и 3 — тяги, 2 — стойка для крепления изоляторов, 4 — планка для крепления изоляторов, 5, 8 и 9 — планки для установки разъединителя, 6 — продольная планка

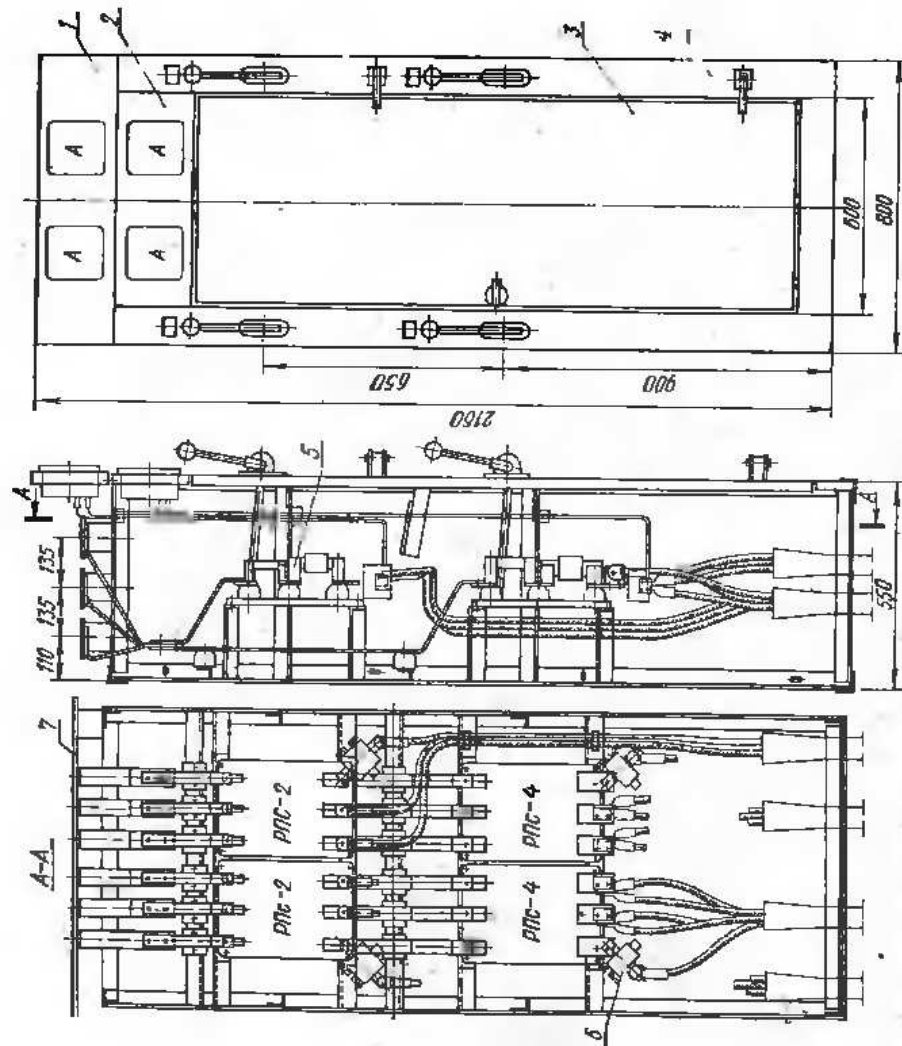


Рис. 52. Панель распределительного щита одностороннего обслуживания

Сборные шины выполнены из листовой стали и имеют Z-образное сечение, обладающее большой жесткостью. Верхняя горизонтальная полка шины используется для присоединения питающей ошиновки (от рубильника). Каждая шина прикреплена к двум опорным изоляторам 6, установленным у правой и левой боковых стенок шкафа. Непосредственно к шинам прикреплены верхние контактные стойки предохранителей (узел 1), а нижние контактные

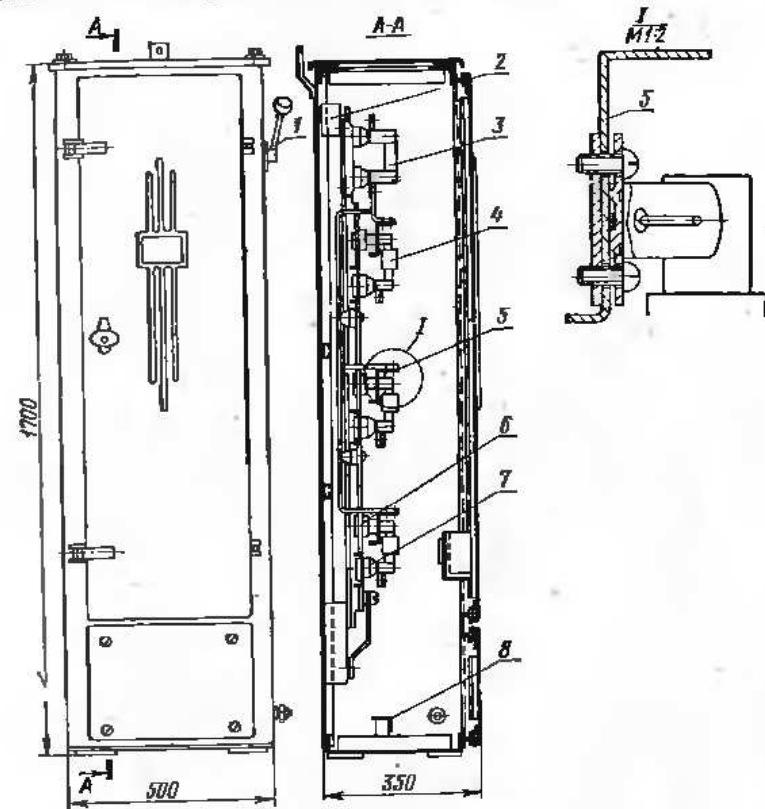


Рис. 53. Силовой распределительный пункт

стойки установлены на изоляторах 7, закрепленных на поперечных рамах. Предохранители одной фазы расположены в одном горизонтальном ряду, т. е. предохранители одной группы размещены по вертикали. В нижней части корпуса находится нулевая шина 8. Дверь шкафа запирается.

§ 16. Чертежи опор электрических линий до 1000 В и выше

Передачу электрической энергии от источника (электростанции) или преобразователя (трансформаторной подстанции) потребителям очень часто производят при помощи воздушных линий электропередачи. Этот способ используют как для передачи больших мощ-

ностей при высоких напряжениях на дальние расстояния (высоковольтные линии электропередачи), так и для питания электрической энергией силовых и осветительных установок при незначительной протяженности питающей линии.

Несмотря на некоторые недостатки воздушных линий (например, повышенную аварийность вследствие всевозможных атмосферных влияний), простота выполнения, дешевизна и быстрота постройки заставляют во многих случаях предпочитать их более совершенным во всех отношениях, но дорогим и требующим дефицитных материалов кабельным линиям.

В воздушных линиях используют голый алюминиевый, стальной или сталеалюминиевый провод, который укрепляют на фарфоровых изоляторах соответствующего типа, установленных на опорах.

В зависимости от ответственности линии и района ее прокладки применяют деревянные, металлические и железобетонные опоры (например, в степном и лесистом районах вопрос решается по-разному). Благодаря дешевизне наиболее распространены деревянные опоры, но в последнее время для линий электропередачи всех напряжений стали применять железобетонные опоры. Исключения составляют линии электропередачи на напряжение 500 кВ и выше, для которых используют только металлические опоры.

Чертежи опор выполняют по общим правилам черчения. Так как они довольно просты для чтения, их изображают чаще всего

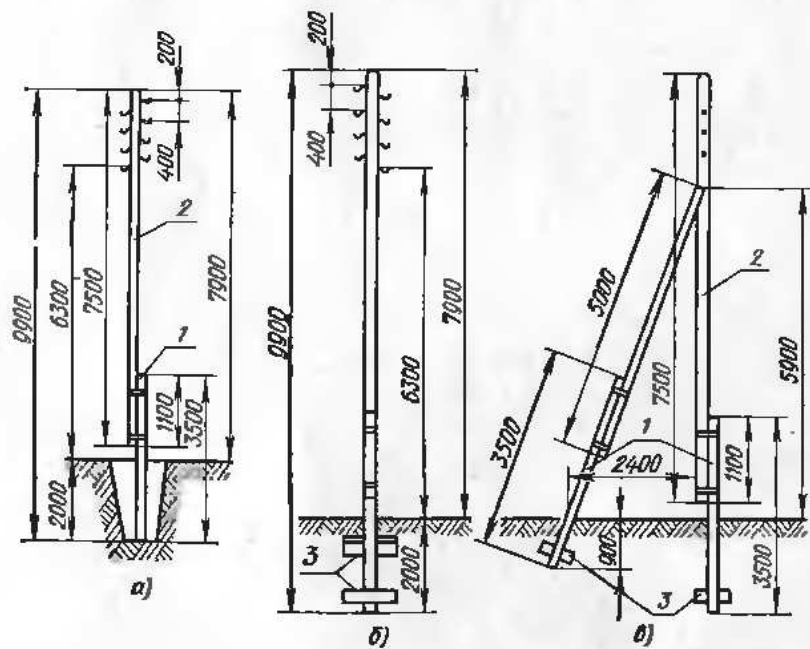


Рис. 54. Деревянные опоры воздушных линий электропередачи напряжением до 1000 В:

а — промежуточная, б — концевая с ригелем, в — угловая с подкосом

одном или двух видах (спереди и сбоку). Планы опор, как правило, не вычерчивают, их иногда дают только при изображении отдельных деталей. Масштаб обычно принимают 1 : 50 или 1 : 100 (иногда с разрывом в средней части), а для деталей — 1 : 10 или 1 : 20.

На рис. 54, а, б и в показаны чертежи основных типов деревянных опор воздушных линий напряжением до 1000 В для небольшого количества проводов. Промежуточные опоры (рис. 54, а) выполняются на железобетонных пасынках 1. Основная часть опоры — деревянная стойка 2 — привязана к пасынку стальной отожженной проволокой диаметром 4 мм.

Концевые и угловые опоры (рис. 54, б и в) для большей устойчивости в отношении вращающих усилий снабжают железобетонными ригелями 3, составляющими одно целое с железобетонными пасынками. Опоры закапывают на глубину 2 м.

Более совершенными по сравнению с деревянными являются железобетонные опоры. На рис. 55, а и б показаны промежуточная

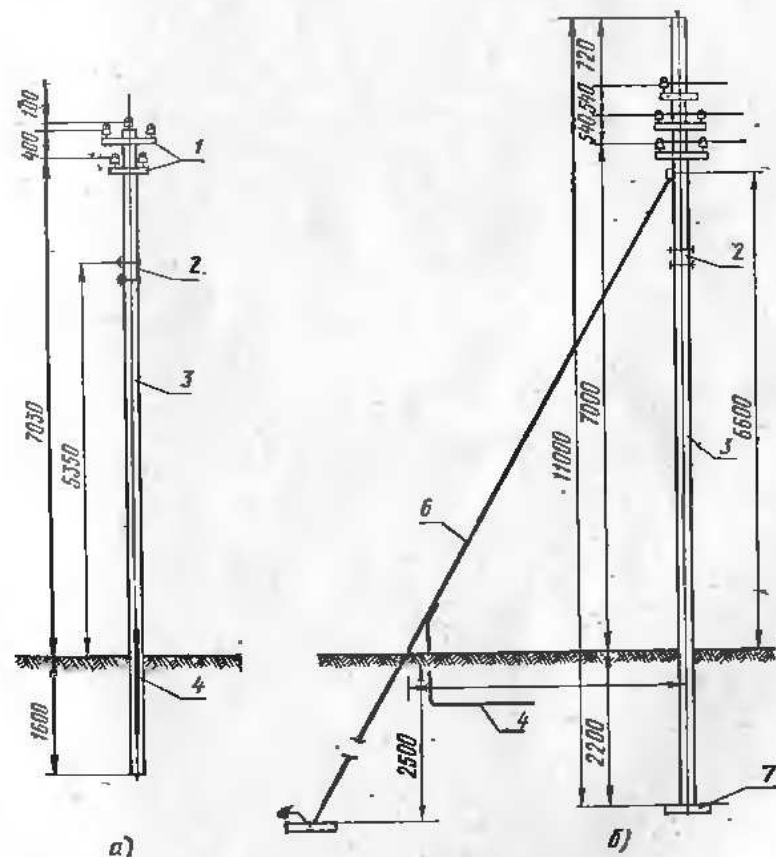


Рис. 55. Железобетонные опоры линий электропередачи напряжением до 1000 В:

а — промежуточная, б — концевая или угловая с оттяжками и якорями

и угловая или концевая железобетонные опоры. Промежуточная опора (рис. 55, а) состоит из железобетонной стойки 3, нижний конец которой непосредственно закапывается в грунт, траверс 1 для крепления изоляторов, заземлителя 4 и крепления 2 для прокладки радиотрансляционной сети. По сравнению с деревянными опорами у железобетонных отсутствует пасынок, что является существенным конструктивным преимуществом.

У концевой или угловой опоры (рис. 55, б) помимо элементов являющихся общими для этих типов опор, имеются специальные: бетонная плита 7, к которой крепится нижний конец стойки (плита предотвращает возможное вращение опоры в осевом направлении), оттяжка 6, воспринимающая горизонтальные усилия от натяжения проводов, якорь 5, к которому крепится оттяжка (якорь закапывают в грунт на глубину 2—2,5 м) и заземлитель 4, приваренный к оттяжке. Эти опоры могут быть дополнительно использованы при прокладке радиотрансляционной сети для чего предусмотрены крепления 2.

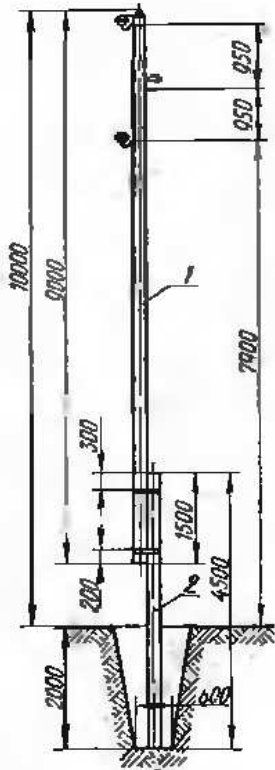


Рис. 56. Промежуточная деревянная опора воздушной линии электропередачи 3—10 кВ

Опоры линий напряжением выше 1000 В более сложны и разнообразны по конструкции. Однако для исчерпывающего представления об их конструкции также достаточно видов спереди и сбоку. В некоторых случаях приходится давать дополнительно чертежи деталей.

На рис. 56 показана чертеж промежуточной опоры с железобетонным пасынком для воздушной линии 3—10 кВ. Сопряжение деревянной стойки 1 с железобетонным пасынком 2 выполняют припасовкой и установкой бандажей из стальной проволоки диаметром 4 мм. Опору закапывают в землю на глубину 2 м. Изоляторы крепят на крюках, ввертываемых в опору.

На рис. 57 показана промежуточная деревянная опора с траверсой на железобетонном пасынке для воздушной линии 3—10 кВ. Верхний штыревой изолятор крепят при помощи специальной конструкции, а два дру-

гих — посредством деревянной траверсы 2, которую врубают и прибалчивают к стойке 1. Траверсу укрепляют двумя стальными раскосами 3. Конструкция для крепления верхнего изолятора представляет собой П-образную скобу 4 из полосовой стали толщиной 10 мм, к верхней части которой внутри приваривают поперечную планку 6 и распорную трубчатую шайбу 5.

На рис. 58 показана анкерная концевая А-образная опора, состоящая из двух деревянных стоек 1 и двух железобетонных пасынков

4. В опорах этого типа применяют ригели 2 для противодействия вращающим усилиям, которые возникают при обрыве одного из нижних проводов линии. Деревянная траверса 3 для крепления

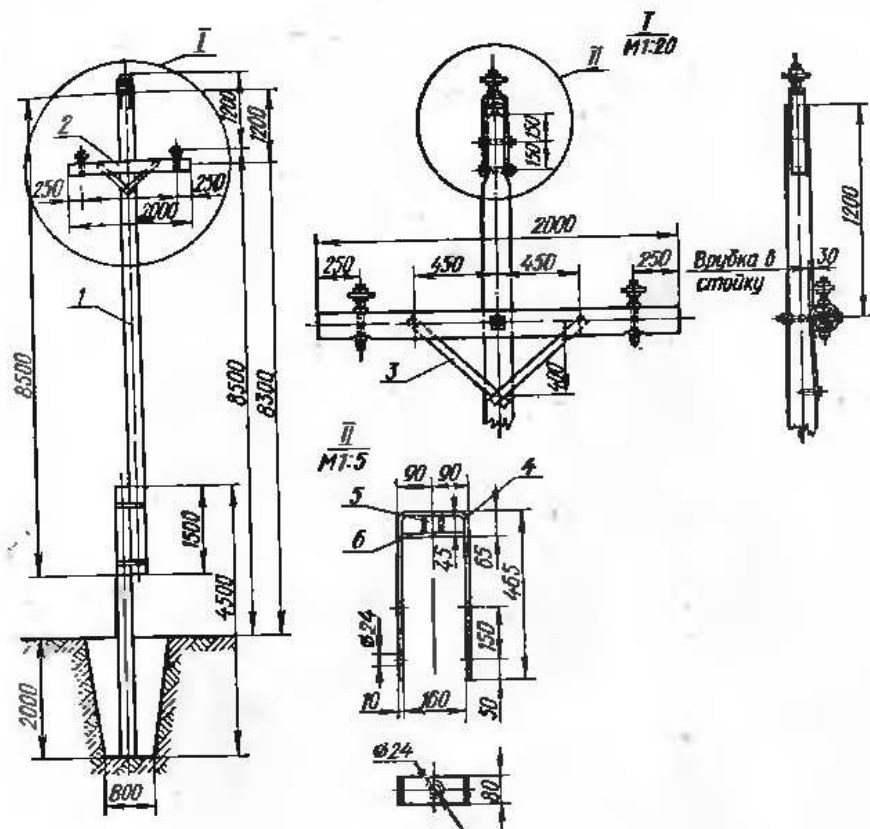


Рис. 57. Промежуточная опора воздушной линии электропередачи 3—10 кВ с траверсой

изоляторы 7 двух нижних проводов прибалчивается к четырем подтраверсникам 5. Штыревой изолятор верхнего провода крепят к стальной конструкции 6 на верхушке опоры.

§ 17. Методические указания по чтению чертежей электроустановок

Для облегчения чтения чертежей электроустановок необходимо прежде всего установить из основной надписи, какого рода электроустановка изображена на чертеже и к какому типу чертеж относится, т. е. является ли этот чертеж сборочным всего устройства или чертежом детали. Рекомендуется каждый чертеж рассматривать в совокупности с другими чертежами, дающими полное графическое описание электроустановки или ее части.

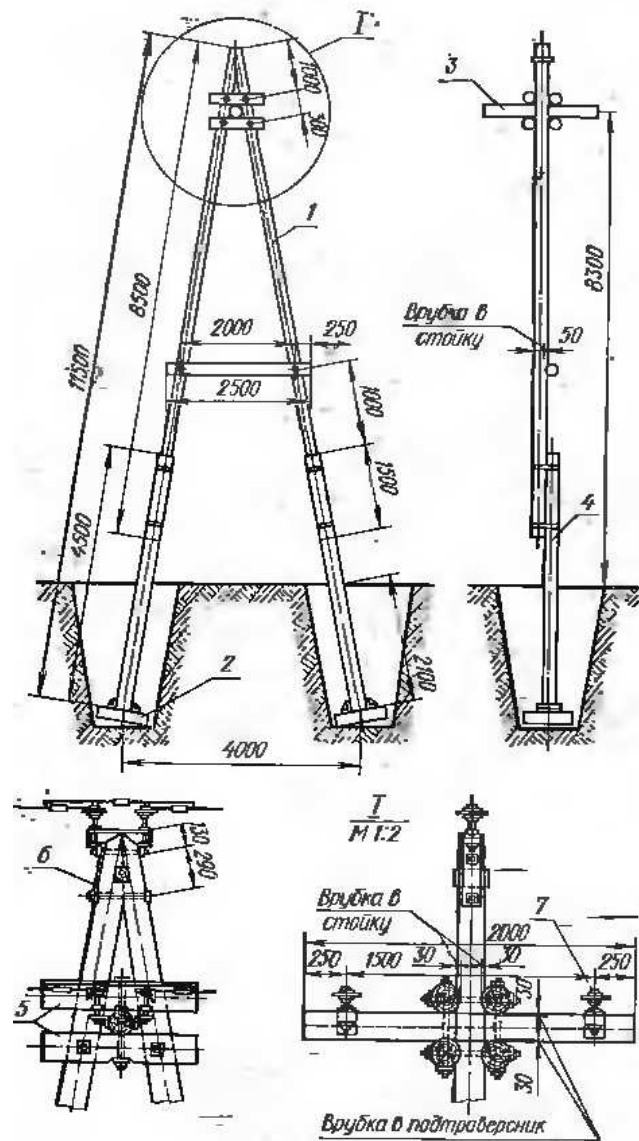


Рис. 58. Анкерная деревянная опора воздушной линии электропередачи 3—10 кВ с подвесными изоляторами

Чтение лучше всего начинать со сборочного чертежа, который может быть выполнен на нескольких листах, поэтому следует подобрать все планы и разрезы данного устройства. Подбор облегчается тем, что обычно на плане первого этажа дается экспликация всех относящихся к данному объекту чертежей с указанием их номеров и названий. Для облегчения пространственного представления необходимо планы сопоставить с соответствующими разрезами. После изучения сборочного чертежа, когда вся электроустановка в общих чертах уже ясна, можно перейти к изучению ее деталей.

Рассмотрим методику чтения чертежей на примере проекта трансформаторной подстанции закрытого типа. После подбора всех сборочных чертежей изучают планы и устанавливают (например, по экспликации ячеек) назначение каждого помещения и знакомятся с конструкцией здания. Затем переходят к чтению соответствующих разрезов, увязывая их с планами. Иногда полезно сопоставить планы и разрезы по отдельным ячейкам с соответствующими схемами главных цепей.

Тематика упражнений по чтению чертежей электроустановок. Рекомендуется следующая тематика заданий для учащихся:

1. Прочсть чертеж (фасад и разрез) ячейки выключателя, показанный на рис. 41, и построить однолинейную схему главной цепи ячейки.
2. Построить поперечный разрез по ячейке 9 — ячейке 8 — шиту напряжением до 1000 В — камере трансформатора № 2 трансформаторной подстанции промышленного типа, олан которой показан на рис. 40.
3. Прочсть чертеж трансформаторной подстанции промышленного типа, план разрезы которой показаны на рис. 40, и построить однолинейную схему соединения трансформатора № 1 от шин высшего до шин низшего напряжения.
4. Прочсть чертеж открытой трансформаторной подстанции, показанный на рис. 47, и построить однолинейную схему главной цепи.
5. Прочсть чертеж ячейки комплектного распределительного устройства 6—10 кВ, показанный на рис. 45, и составить однолинейную схему соединений ячейки с главным выключателем.
6. Прочсть чертеж распределительного пункта, разрез которого показан на рис. 53, и составить трехлинейную схему соединений для шести трехфазных групп.

§ 18. Общая характеристика и условные обозначения чертежей электрических сетей

При монтаже электрических установок чаще всего приходится встречаться с чертежами силовых и осветительных сетей, которые охватывают очень большой круг объектов: от незначительных осветительных установок в бытовых или вспомогательных помещениях до весьма мощных силовых и осветительных устройств в крупных цехах современных промышленных предприятий. Несмотря на разнообразие объектов изображаемых электрических сетей, эти чертежи характеризуются особенностями, значительно отличающимися от чертежей электроустановок, которые были рассмотрены выше.

Основной особенностью этой группы чертежей является то, что в них, с одной стороны, должны быть изображены большие предметы (планы цехов или жилых зданий), размеры которых измеряют единицами, десятками и сотнями метров, а с другой стороны — электродвигатели, пускорегулирующая аппаратура и т. п., размеры которых невелики (десятые доли метра и метры), а также элементы электрических сетей, размеры которых измеряют миллиметрами.

Это обстоятельство заставило принять для графического изображения рассматриваемых устройств форму схем. При построении чертежа строительную часть (планы и разрезы) вычерчивают в масштабе, оси механического оборудования наносят также с соб-

людением масштаба, а электрооборудование и соответствующие электрические сети показывают условными символами, установленными ГОСТ 2. 754—72, так как соблюдение масштаба ввиду незначительности размеров изображаемых предметов затруднительно.

Обычно для чертежей силовых и осветительных сетей производственных помещений используют упрощенные строительные чертежи с нанесенными на них станками и прочими производственными механизмами (технологические чертежи).

Электрические сети (питающие, распределительные, групповые и ответвления к отдельным приемникам изображают в виде одной линейной схемы с соблюдением трассы фактической прокладки каждой линии. Естественно, что при этом приходится считаться с некоторыми условностями. Например, если по одному направлению проходит несколько кабельных линий, иногда ширина общего пучка линий на чертеже может значительно превысить действительную ширину кабельного канала (нанесенного на строительном чертеже в масштабе), отведенного для прокладки этих кабелей.

Для большей ясности и удобочитаемости электрические сети различного назначения (силовые, осветительные, сигнализации, автоматики) обычно наносят на различных чертежах. Однако в ряде случаев (при крупном масштабе и незначительности электрических установок) чертежи выполняют совмещенными. Каждую магистраль или ответвление изображают на чертеже отдельной условной линией (сплошной, штриховой, штрихпунктирной) в соответствии с назначением магистрали или ответвления согласно условным обозначениям, установленным ГОСТ 2. 754—72.

Наиболее распространенный масштаб чертежей 1 : 100 и 1 : 200 (второй для крупных цехов и помещений), иногда встречается масштаб 1 : 50 (для небольших помещений). Более мелкий масштаб применяют в случаях очень больших производственных помещений (длина которых более 100 м) для нанесения на их планах питающих и распределительных сетей, а также соответствующих распределительных пунктов. Однако при этом групповую сеть выполняют частями на чертежах в масштабе 1 : 100 или 1 : 200.

Строительные чертежи, на которые наносят силовые и осветительные сети, несколько упрощают. На них не вычерчивают отдельные подробности и строительные детали, оставляют только основные размеры или совершенно их не указывают. Это вызвано тем, что силовые и осветительные сети монтируют в готовых зданиях, выстроенных по подробным строительным чертежам, а для определения длины сетей строительные размеры бесполезны, так как трасса сетей разветвлена и часто непараллельна стенам здания. Длины сетей обычно определяют по масштабу, измеряя их трассы непосредственно по чертежу.

Чтобы научиться читать чертежи силового и осветительного электрооборудования, сетей сигнализации, диспетчерской связи, автоматики, прежде всего надо изучить условные обозначения, применяемые для всех чертежей. Наиболее употребительные условные обозначения приведены в табл. 3 приложения.

Чертежи силовых электросетей вычерчивают, как правило, на чертежах цеха, на которых не изображают деталей, не имеющих отношения к электрическим устройствам, а указывают только отдельные строительные элементы, имеющие прямое отношение к электросетям (например, кабельные каналы). Для изображения электросилового устройства обычно достаточно плана. Разрезами пользуются редко.

На рис. 59 показано расположение силового электрооборудования в ремонтно-механической мастерской небольшого предприятия. На чертеже нанесены условными обозначениями электродвигатели, пусковая аппаратура, распределительные шкафы (ШР), силовая сеть и сеть заземления. Около каждого обозначения электродвигателя написана дробь, числитель которой указывает номер двигателя, а знаменатель — его мощность в кв. ваттах. Знаменатель дроби, стоящий у обозначения распределительного шкафа, выражает присоединенную к данному распределительному пункту мощность (кВт). Около каждой линии, изображающей кабель или провод, указывают марку и количество проводов или кабелей, число жил, их сечение (мм²) и род прокладки.

Например, на рис. 59 около ШР2 к электродвигателям, имеется надпись $\frac{\text{АПВЗ}(1 \times 2,5)}{\Gamma \frac{3}{4}''}$, которая означает, что от ШР2 проложены три одножильных провода марки АПВЗ (провод с алюминиевой жилой в поливинилхлоридной оболочке) сечением 2,5 мм² в стальной трубе диаметром $\frac{3}{4}''$.

В другом месте (линия от ШР1 к ШР3) написано $\frac{\text{АВРГ1}(3 \times 16)}{\text{по потолку}}$. Это означает, что указанная магистраль выполнена одним трехжильным кабелем марки АВРГ (с алюминиевыми жилами и резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке). Сечение каждой жилы 16 мм². Магистраль проложена по потолку.

В тех случаях, когда место прокладки и способ крепления не указаны, предполагается, что это ясно из изображения магистрали на плане. Например, способ прокладки не указан на линии от ШР1 к электродвигателю И—АВРГ1 (3×2,5), так как из чертежа ясно, что линия должна быть проложена по стене (выше окон) и выполнена одним трехжильным кабелем марки АВРГ, сечение каждой жилы 2,5 мм².

Типы электродвигателей, пусковой аппаратуры и распределительных пунктов на плане не обозначают. Их указывают в расчетно-монтажной таблице силовых сетей, прилагаемой к каждому проекту. В этой таблице, кроме того, приводят результаты расчета силовых сетей, а также указывают длины всех проводов и кабелей.

На рис. 60 показано силовое электрооборудование первого этажа небольшой табачной фабрики, размещенной в многоэтажном здании. Как видно из чертежа, питание электроэнергией обеспе-

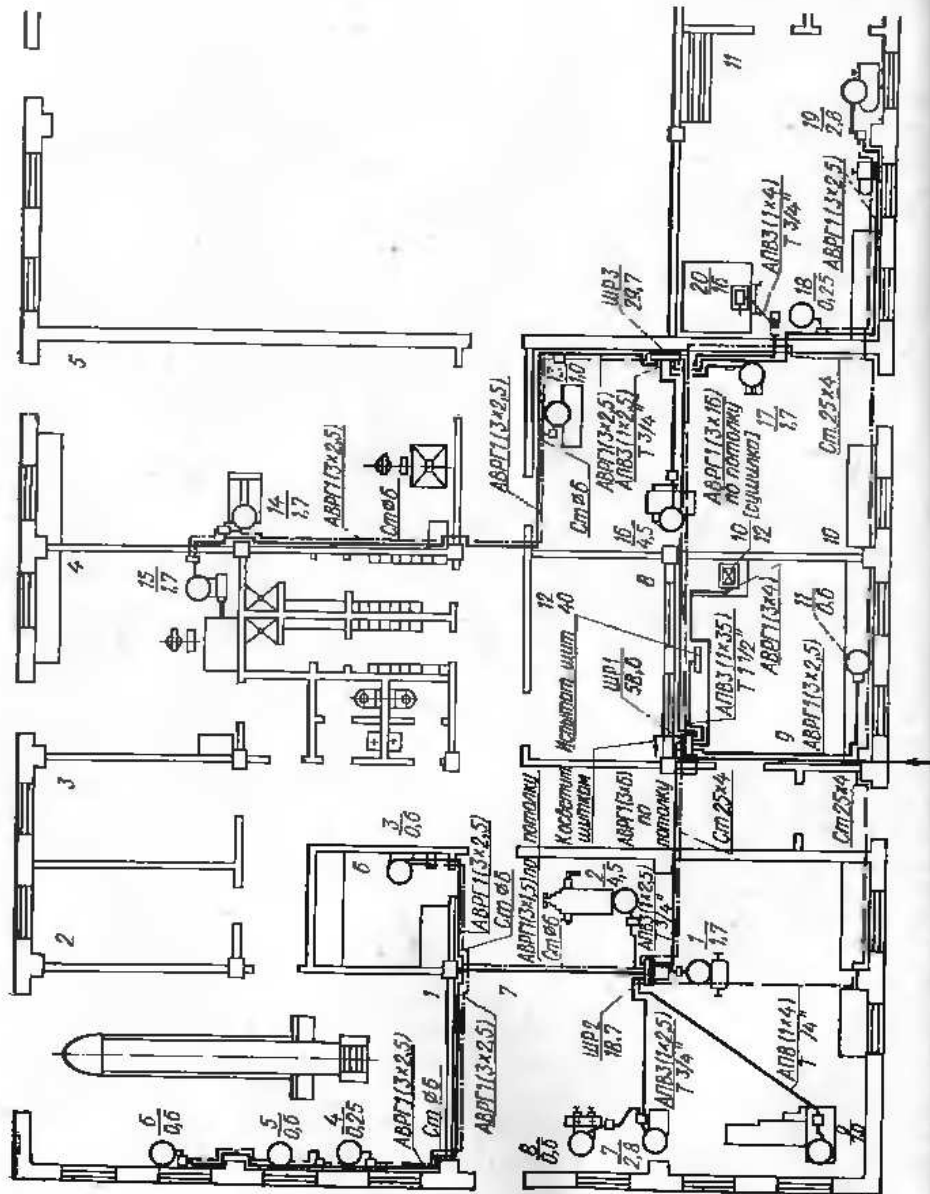


Рис. 59. Силовая электросеть ремонтно-механической мастерской:
 1 — авторемонтная мастерская, 2 — конка шиферов, 3 — кабинет главного механика, 4 — кузница, 5 — инструментальная мастерская, 6 — инструментальная механическая, 7 — складская, 8 — складская, 9 — электроремонтная мастерская, 10 — столовая мастерская, 11 — мастерская

питается от подстанции, расположенной на территории предприятия, при помощи четырех кабельных линий, которые подходят к четырем распределительным силовым шкафам (ШР1, ШР2, ШР3, ШР4). От этих шкафов питаются электродвигатели, установленные на первом этаже. Электродвигатели на верхних этажах питаются от своих распределительных шкафов, присоединенных к распределительным пунктам первого этажа (например, от ШР1 питается часть распределительных пунктов второго и третьего этажей).

Из рис. 59 и 60 видно, что во многих случаях электродвигатели присоединяют к распределительным пунктам (по два, по три). Групповое питание электродвигателей можно осуществлять посредством групповых магистралей, прокладываемых по стене, с отпайками к каждому двигателю (как это выполнено, например, для некоторых электродвигателей на рис. 59).

Если электродвигатели расположены вдали от стен, питание их электроэнергией осуществляют по схеме «цепочка». Сущность этой схемы заключается в том, что групповая линия прокладывается под полом в трубе, причем каждый последующий электродвигатель питается от вводных зажимов пускателя предыдущего электродвигателя. Такая схема широко применяется в установках с большим числом электродвигателей незначительной мощности и ис-

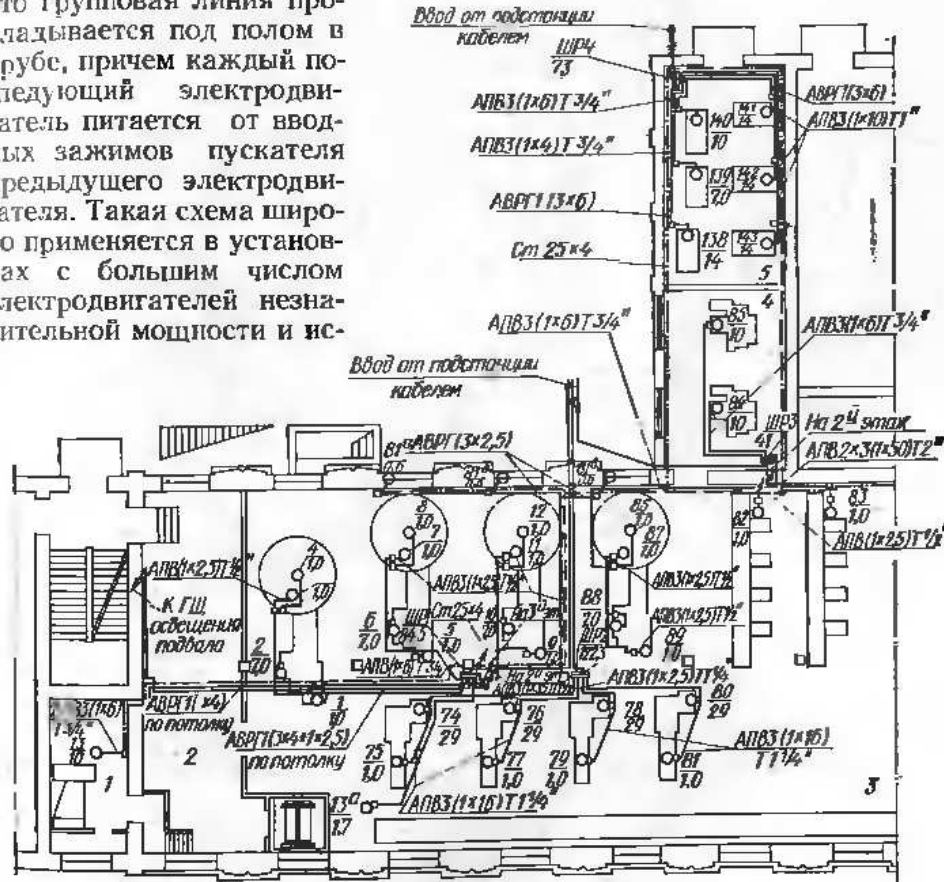


Рис. 60. Силовая электросеть первого этажа небольшой табачной фабрики:
 1 — вентиляционная камера, 2 — цех ящиков, 3 — крошительный цех, 4 — точильное отделение, 5 — помещенка вентиляторов пневматического транспорта

пользована в чертежах, показанных на рис. 59 и 60. Например, на рис. 60 показано, что от ШР1 питаются «цепочкой» несколько групп электродвигателей: 1, 2, 3, 4; 5, 6, 7, 8; 9, 10, 11, 12 и т. д.

Для заземления электродвигателей и пусковой аппаратуры прокладывают по линии их расположения стальную полосу (ее условное обозначение — штрих с точкой и поперечной черточкой), соединяемую с одного конца к нулевым жилам питающих кабелей, с другого — к заземляемым шинам и аппаратам. При заземлении электродвигателей и пускателей, питание которых осуществляют проводом, проложенным в газовых трубах, трубы используют в качестве заземляющих линий. На чертеже в этом случае заземление не показывают.

§ 20. Чертежи электроосветительных сетей

Электроосветительные сети производственных помещений обычно изображают на упрощенных чертежах цеха, а жилых складских и культурно-бытовых помещений — на упрощенных строительных чертежах. Как правило, все элементы осветительной установки, включая и соответствующие сети, можно с исчерпывающей ясностью показать на поэтажных планах освещаемых помещений. Только в исключительных случаях, когда принято необычное строительное решение, затрудняющее чтение чертежа (например, имеют площадки, антресоли, полуэтажи), или когда работа в помещении производится на разных уровнях, для изображения осветительной установки используют также и разрезы.

Объектами изображения на чертежах рассматриваемого типа являются светильники, устройства для их включения и выключения (выключатели), а также для присоединения переносных светильников (штепсельные розетки, понижающие низковольтные трансформаторы), распределительная и групповая электрические сети и соответствующие распределительные и групповые щитки.

На рис. 61 показано электрическое освещение второго этажа большого двухэтажного здания конторы. Из чертежа видно, что освещение конторских помещений запроектировано при помощи светильников с молочным стеклом, а коридора — посредством одной лампы плафона. Кроме того, в каждом конторском помещении предусмотрена установка штепсельных розеток для настольных ламп. Из плана можно определить: расчетную освещенность каждого помещения в люксах (цифра в кружке), а также мощность и высоту подвеса каждого светильника (по дроби, написанной у его условного обозначения).

Чертеж показывает, что питание электрической энергии осуществляется от воздушной сети, в связи с чем ввод запроектирован на второй этаж (в лестничную клетку). У ввода на площадке второго этажа лестничной клетки установлен рубильник с предохранителями. За предохранителями линия разветвляется на две: одна подключается к групповому щитку ГЩ1, обслуживающему второй этаж, а другая — к групповому щитку ГЩ2, обслуживающему

первый этаж. Обе линии четырехпроводные и выполнены изолированным проводом АПР сечением 2,5 мм². Все четыре провода прокладывают в газовой трубе. Как видно из чертежа, остальная сеть выполняется двухжильным шнуром ПРД сечением 2×1,5 мм² на дюймовых. Щиток трехфазный, от него отходят четыре однофазные группы.

На рис. 62 показан план электрического освещения башни для ремонта мощных силовых трансформаторов и примыкающей к ней

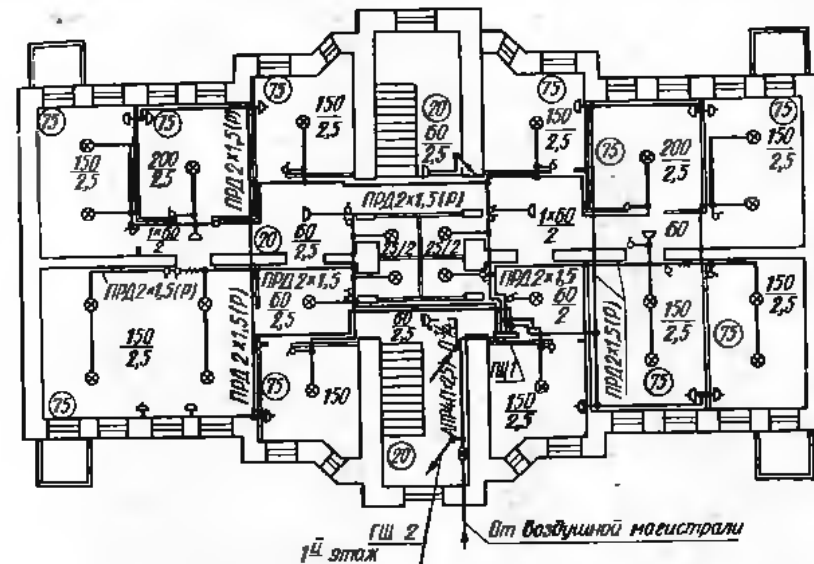


Рис. 61. Электрическое освещение второго этажа конторы

электроремонтной мастерской. Питание осветительной сети производится от распределительного пункта 1 с автоматом на вводе А-3120 без расцепителя и шестью линейными автоматами А-3161 с распределителями. Согласно плану от распределительного пункта отходят пять линий, из которых четыре выполнены проводом АПР сечением 4 мм² и используются непосредственно для питания светильников. Пятая линия подходит к понижающему трансформатору ОСО-0,25, через который производится питание местного освещения.

Понижающий трансформатор вместе с предохранителями на стороне высшего напряжения устанавливают в металлическом кожухе. Необходимость в сети местного освещения диктуется безопасными условиями работы при ремонте трансформаторов. Как следует из чертежа, к сети местного освещения через специальные стенные штепсельные розетки 2 присоединяются переносные лампы ремонтного освещения.

Марку провода, использованного для групповой сети и сети местного освещения, указывают отдельной надписью на плане. Например, надпись АПР (2×4) по магистральному коробу означает, что данный участок сети выполнен в специальном коробе двумя

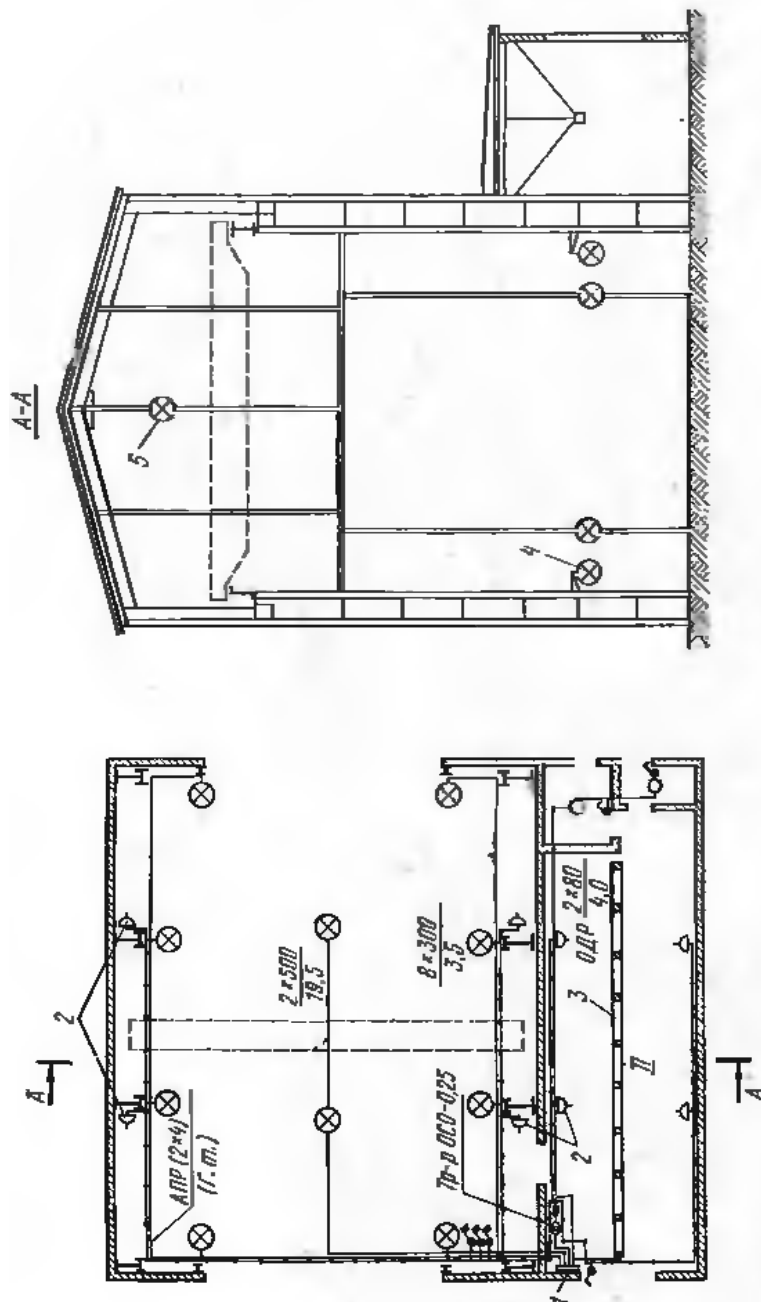


Рис. 62. Электрическое освещение башни (I) для ремонта мощных силовых трансформаторов и примыкающей к ней электромонтажной мастерской (II)

ножилыми проводами АПР сечением 4 мм² каждый. Если на чертеже нет указаний о способе прокладки, это значит, что практически возможен только один какой-нибудь способ.

Для освещения рассматриваемого объекта использованы светильники пылебрызго-непроницаемого исполнения. Два таких светильника 5 подвешены непосредственно под кровлей башни, а восемь светильников 4 установлены на стенах по периметру башни; люминесцентная арматура 3 на две лампы ОДР $\frac{2 \times 80}{4,0}$ мощностью по 80 Вт установлена на магистральном коробе, подвешенном к раздельному перекрытию.

Часто на чертежах электроосветительных сетей для облегчения чтения дается схема щитков освещения.

§ 21. Методические указания по чтению чертежей электрических сетей

Выяснив из углового штампа или надписей характер изображенной на чертеже установки, следует подобрать планы всех этажей, а иногда и разрезы, если они имеются. Подбор облегчается тем, что обычно на одном из листов (чаще всего на плане первого этажа) дается экспликация всех чертежей, входящих в состав проекта, с указанием их номера.

Затем следует установить (например, по плану первого или второго этажа) источники питания (подстанцию, магистральную сеть), а также виды всех питающих кабельных и воздушных линий и выяснить, с какими распределительными шкафами (ШР), силовыми пунктами (СП) или групповыми щитками (ГЩ) связана каждая из этих линий. Далее следует найти все ШР или СП и установить, какие вторичные распределительные или групповые пункты от них питаются.

После этого можно приступить к изучению схем электрических сетей, распределительных пунктов и присоединенных к ним энергоприемников, а также сетей заземления.

Все вышеназванное представляет собой лишь приблизительную схему методики чтения чертежей электроустановок. В каждом конкретном случае в зависимости от характера, назначения и сложности устройства могут быть те или иные отклонения.

Тематика упражнений на чтение чертежей электрических сетей. Рекомендуется следующая тематика заданий для учащихся:

1. Прочсть чертеж электросилового сети мастерской, показанный на рис. 59, и составить по нему однолинейную принципиальную схему силовой сети.
2. Прочсть чертеж электрического освещения второго этажа конторы, план которого показан на рис. 61, и составить многолинейную принципиальную схему ввода к одной из групп щитка ГЩ1.

Контрольные вопросы

1. На какие два типа подразделяют чертежи электроустановок?
2. Какие чертежи относятся к первому и какие ко второму типу?
3. В каком масштабе обычно выполняют сборочные чертежи электроустановок?
4. Для чего требуются чертежи отдельных сборочных единиц?
5. Почему чертежи электрических сетей выполняют в виде схем?
6. В каких масштабах обычно выполняют чертежи силовых и осветительных сетей?
7. Какими надписями снабжают условные обозначения электродвигателей на чертежах силовой сети?
8. Какие пояснительные надписи делают у групповых и индивидуальных линий силовой и осветительной сетей на чертежах?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Продолжение табл. 1

Таблица 1. Начертание и основное назначение линий (по ГОСТ 2.303—68)

Наименование	Начертание	Толщина линий по отношению к толщине сплошной основной линии	Основное назначение
Сплошная основная		S	Линии видимого контура. Линия перехода видимые. Линия контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
Сплошная тонкая		От $\frac{S}{2}$ до $\frac{S}{3}$	Линии контура наложенного сечения Линии размерные и выносные Линии штриховки Линии-выноски Полки линий-выносок и подчёркивание надписей Линии для изображения пограничных деталей «обстановки» Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Линии перехода изображаемых Линии сгиба на развертках Оси проекций, следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
Сплошная волнистая			Линии обрыва
Штриховая			Линии разграничения вида разреза Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
Штрихпунктирная тонкая		От $\frac{S}{2}$ до $\frac{S}{3}$	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях Линии для изображения развертки, совмещенной с видом
Штрихпунктирная утолщенная		От $\frac{S}{2}$ до $\frac{S}{3}$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термической обработке или покрытию Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («выложенная проекция»)

Наименование	Начертание	Толщина линий по отношению к толщине сплошной основной линии	Основное назначение
Разомкнутая		От S до $1\frac{1}{2}S$	Линии сечений
Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{S}{2}$ до $\frac{S}{3}$	Длинные линии обрыва

Примечание. Толщина линий $\frac{S}{3}$ допускается только для чертежей, выполненных тушью, если S менее 0,9 мм.

Таблица 2. Обозначения условные графические в схемах

№ п. п.	Наименование	Обозначение
1. Род тока и напряжения; виды соединения обмоток (ГОСТ 2.750—68)		
1.1	Ток постоянный. Напряжение постоянное	—
1.2	Ток переменный с числом фаз m и частотой f	m ~ f
1.3	Ток постоянный и переменный (обозначение используется для машин, аппаратов и приборов, пригодных для работы на постоянном и переменном токе)	— ~
1.4	Полярность отрицательная	—
1.5	Полярность положительная	+
1.6	Обмотка однофазная с двумя выводами	— —
1.7	Обмотка однофазная с двумя выводами и выведенной нейтральной (средней) точкой	— — T

№ п. п.	Наименование	Обозначение
1.8	Соединение обмоток двух фаз в открытый треугольник (питание от сети трехфазного тока) Примечание. Допускается указывать угол, под которым включены обмотки	
1.9	Обмотка трехфазная, соединенная в звезду	
1.10	Обмотка трехфазная, соединенная в звезду с выведенной нейтральной (средней) точкой	
1.11	Обмотка трехфазная, соединенная в треугольник	
1.12	Обмотка трехфазная, три фазы соединены в разомкнутый треугольник	
1.13	Обмотка трехфазная, соединенная в зигзаг	

2. Линии электрической связи, провода, кабели, шины и их соединения (ГОСТ 2.751—73)

2.1	Линия электрической связи, провод, кабель, шина. Общее обозначение	
2.2	Линия электрической связи, осуществленная гибким проводом; провод, кабель, токопровод гибкие	
2.3	Группа линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение	Однолинейное Многолинейное
2.4	Заземление	
2.5	Корпус (машины, аппарата, прибора)	

№ п. п.	Наименование	Обозначение
2.6	Линии электрической связи пересекающиеся, электрически не соединенные	
2.7	Линия электрической связи с ответвлениями: а) одним б) двумя	
2.8	Повреждение изоляции а) между проводами б) на корпус в) на землю	

3. Машины электрические (ГОСТ 2.722—68)

3.1	Обмотка добавочных полюсов, обмотка компенсационная	
3.2	Обмотка статора (каждой фазы) машины переменного тока, обмотка последовательного возбуждения машины постоянного тока	
3.3	Обмотка параллельного возбуждения машины постоянного тока, обмотка независимого возбуждения	







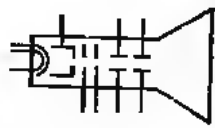
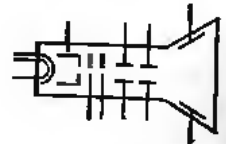












№ п. п.	Наименование	Обозначение
10.5	Индикатор тлеющего разряда (неоновая лампа) Примечание. Баллон допускается изображать меньшего диаметра.	
10.6	Стабилизатор	
10.7	Стабилизатор тока (барретор) Примечание. Букву V допускается не указывать.	
10.8	Вентиль ртутный. Общее обозначение Примечание. В обозначениях ртутных вентилях допускается знак ионного наполнения не указывать.	
10.9	Вентиль ртутный управляемый. Общее обозначение	
10.10	Игнитрон	
10.11	Трубка электроннолучевая и кинескоп двуханодные с электростатической фокусировкой и электростатическим отклонением	
10.12	Трубка электроннолучевая треханодная с электростатической фокусировкой и электростатическим отклонением	

Таблица 3. Обозначения условные графические электрического оборудования и проводов на планах

№ п. п.	Наименование	Обозначение
<i>Оборудование и проводки в планах (ГОСТ 2.754-72)</i>		
1.1	Линия проводки. Общее обозначение. Допускается указывать над обозначением линии данные проводки (род тока, частота, напряжение, материал и т. п.) и способ прокладки проводки, например: а) цепь постоянного тока напряжением 110 В б) цепь трехфазного тока частотой 50 Гц, напряжением 6000 В в) цепь переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 6000 В, выполненная кабелем ААБ 3×120 по стене	   
1.2	Линия заземления, зануления	
1.3	Конструкции металлические, используемые в качестве магистралей заземления, нуления	
1.4	Заземлители	
1.5	Линия цепей управления	
1.6	Линия радиосвязи	
1.7	Линии телевидения	
1.8	Линия сети аварийного и охранного освещения	
1.9	Линия напряжением 36 В и ниже	

№ п. п.	Наименование	Обозначение
1.10	Прягодка гибкая	
1.11	Линия, выполняемая голыми шинами, лентами или проводами	
1.12	Шинопровод закрытый ка стойках	
1.13	Шинопровод закрытый ка подвесах	
1.14	Шинопровод закрытый на кронштейнах	
1.15	Шинопровод закрытый, прокладываемый под полом	
1.16	Линия троллейная	
1.17	Проводка вертикальная: а) проводка уходит на более высокую отметку или приходит с более высокой отметкой б) проводка уходит на более низкую отметку или приходит с более низкой отметки в) проводка пересекает отметку, изображенную на плане, сверху вниз или снизу вверх и не имеет горизонтальных участков в пределах данного плана	
1.18	Коробка ответвительная	
1.19	Коробка, ящик без зажимов	

№ п. п.	Наименование	Обозначение
1.20	Коробка зажимов	
1.21	Щит, пульт, ящик с аппаратурой (коммутационные, управления и т. п.): а) общее обозначение б) из нескольких панелей	
1.22	Щит, пункт распределительный	
1.23	Щиток группового рабочего освещения	
1.24	Щиток группового аварийного освещения	
1.25	Выключатель. Общее обозначение: а) выключатель с электромагнитным приводом б) выключатель температурный	
1.26	Выключатель однополюсный	