

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Учебный модуль



МОДУЛЬ 2

Энергообеспечение в строительстве

**Тема 11. Передача электроэнергии и основы
электропотребления**

Тема 12. Электрические сети строительных площадок

Тема 13. Электропрогрев бетона и электроттаивание грунта

Тема 14. Электрооборудование сварочных установок

Тема 15. Электробезопасность в строительстве

Тема 11. Передача электроэнергии и основы электропотребления

1. Источники электрической энергии. Передача и распределение электроэнергии

Электрическая энергия универсальна: она удобна для дальних передач, легко распределяется по отдельным потребителям и с помощью сравнительно несложных устройств преобразуется в другие виды энергии.

Эти задачи решает энергетическая система, в которой осуществляются преобразование энергии топлива или падающей воды в электрическую энергию, трансформация токов и напряжений, распределение и передача электрической энергии потребителям.

Источниками электрической энергии служат тепловые (ТЭС), гидравлические (ГЭС) и атомные (АЭС) электростанции, имеющие общий режим производства энергии. Линии электропередачи, трансформаторные и распределительные устройства обеспечивают совместную работу электростанций и распределение энергии между потребителями.

Передача и распределение электроэнергии строится по ступенчатому принципу (рис. 11.1). Для уменьшения потерь в линиях электропередач (ЛЭП) напряжение повышают при помощи повышающих (ГПП-1) и понижающих (ГПП-2) трансформаторов, устанавливаемых на электрических подстанциях.

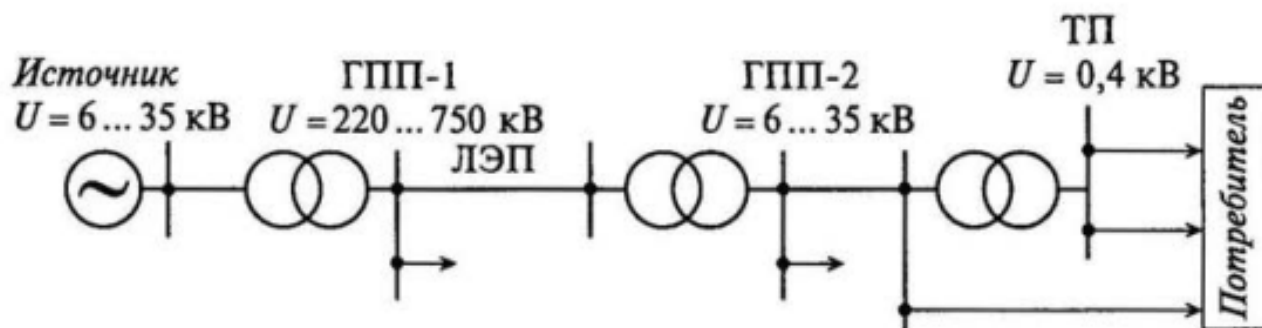


Рис. 11.1. Общая схема электроснабжения

От крупных подстанций электроэнергия подается непосредственно к объектам, на которых на трансформаторных подстанциях (ТП) производится окончательное понижение напряжения. Распределение электроэнергии в электрических сетях производится, как правило, трехфазным переменным током частотой 50 Гц.

В начальный период строительства в удаленных районах применяют в качестве временных источников электроснабжения собственные электростанции, как правило, передвижные (рис. 11.2).

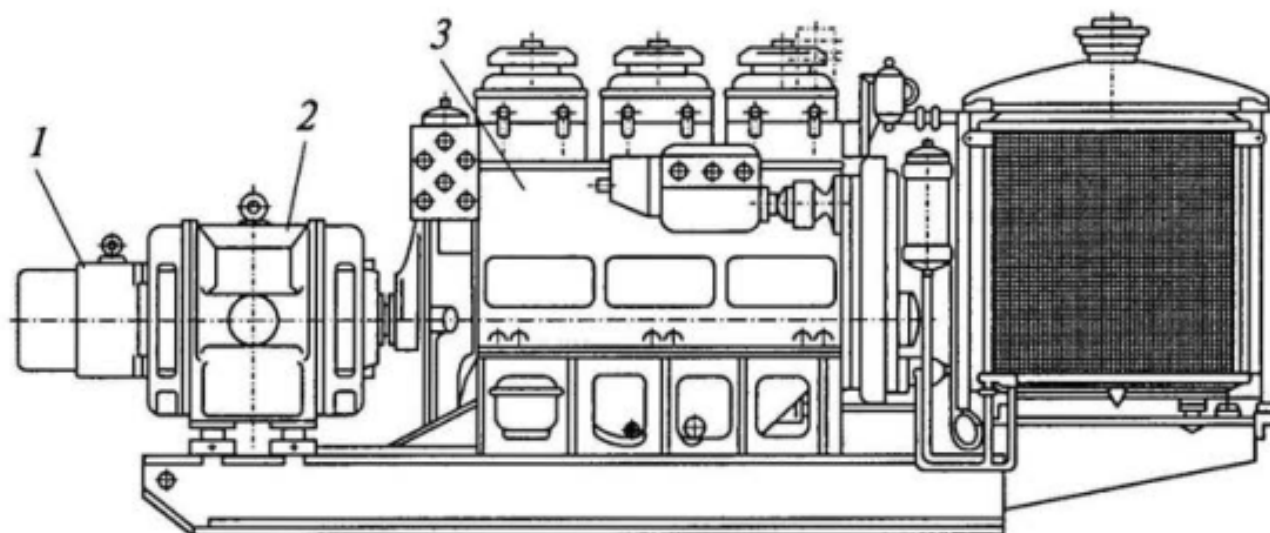


Рис. 11.2. Передвижная дизельная электростанция с синхронным генератором; 1 — возбудитель постоянного тока; 2 — генератор; 3 — дизельный двигатель

2. Потребители электроэнергии

Приемником электроэнергии (электроприемником) является электрическая часть технологической установки или механизма, получающая энергию из сети и расходующая ее на выполнение технологических процессов. Потребляя электроэнергию из сети, электроприемник, по существу, преобразует ее в другие виды энергии: механическую, тепловую, световую или в электроэнергию с иными параметрами (по роду тока, напряжению, частоте). Некоторые технологические установки имеют несколько электроприемников: станки, краны, и т.п.

Электроприемники классифицируются по следующим признакам: напряжению, роду силы тока, его частоте, единичной мощности, степени надежности электроснабжения, режиму работы, технологическому назначению.

По напряжению электроприемники подразделяются на две группы: до 1000 В и свыше 1000 В.

По роду силы тока электроприемники подразделяются: на приемники переменного тока промышленной частоты (50 Гц), постоянного тока и переменного тока частотой, отличной от 50 Гц (повышенной или пониженной).

Единичные мощности отдельных электроприемников и электропотребителей различны — от десятых долей киловатта до нескольких десятков мегаватт.

По степени надежности электроснабжения правила устройства электроустановок (ПУЭ) предусматривают **три категории**:

1. **Электроприемники I категории** — электроприемники, перерыв снабжения которых электроэнергией связан с опасностью для людей или влечет за собой большой материальный ущерб (доменные цехи, котельные производственного пара, подъемные и вентиляционные установки шахт, аварийное освещение и др.). Они должны работать непрерывно.

2. **Электроприемники II категории** — электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, простоя технологических механизмов, рабочих, промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности городских и сельских жителей.

3. **Электроприемники III категории** — все остальные электроприемники, не подходящие под определение I и II категорий. Электроприемники данной категории допускают перерыв электроснабжения не более одних суток.

3. Схемы электрических сетей

Схемы электрических сетей до 1000 В.

Схема силовой сети определяется технологическим процессом производства, категорией надежности электроснабжения, взаимным расположением ТП или ввода питания и электроприемников, их единичной установленной мощностью и размещением. Схема должна быть проста, безопасна и удобна в эксплуатации, экономична, должна удовлетворять характеристике окружающей среды, обеспечивать применение промышленных методов монтажа.

Схемы сетей могут быть радиальными, магистральными и смешанными — с односторонним или двусторонним питанием.

При **радиальной схеме** (рис. 11.3) энергия от отдельного узла питания (ТП) поступает к одному достаточно мощному потребителю или к группе электроприемников. Радиальные схемы выполняют одноступенчатыми, когда приемники питаются непосредственно от ТП, и двухступенчатыми, когда они подключаются к промежуточному распределительному пункту (РП).

Радиальные схемы применяют для питания сосредоточенных нагрузок большой мощности, при неравномерном размещений приемников, а также для питания приемников во взрывоопасных, пожароопасных и пыльных помещениях.

Выполняются радиальные схемы кабелями или проводами в трубах или коробах (лотках).

Достоинства радиальных схем заключаются в высокой надежности (авария на одной линии не влияет на работу приемников, получающих питание по другой линии) и удобстве автоматизации.

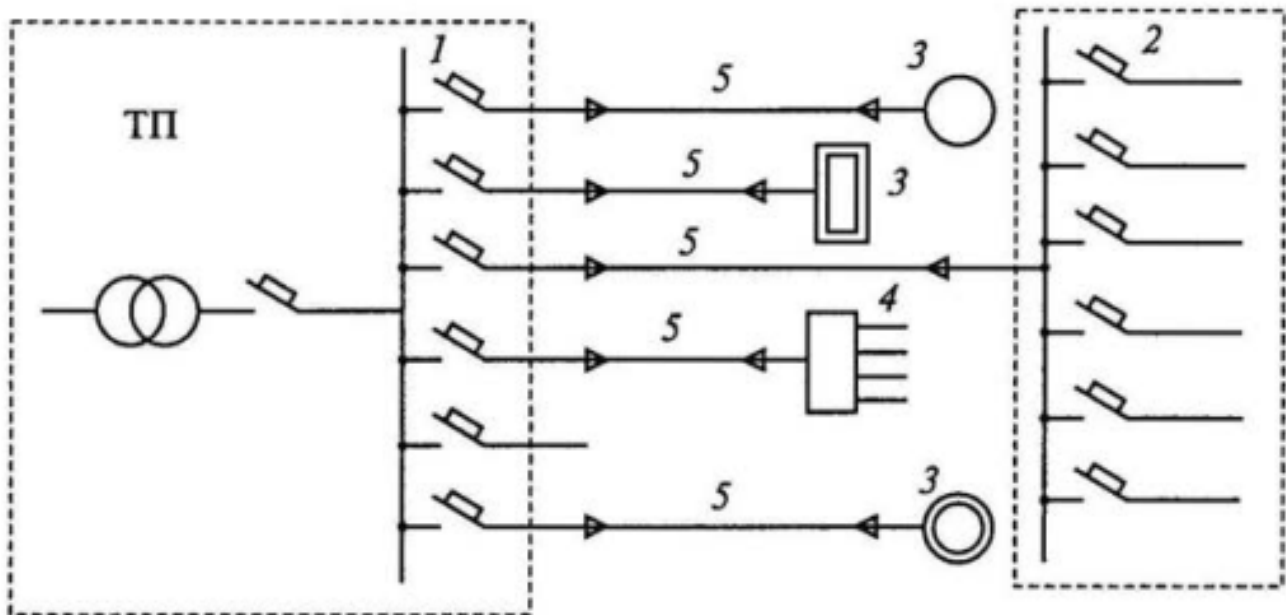


Рис. 11.3. Радиальная схема питания:

- 1 — распределительный щит; 2— силовой распределительный пункт (РП);
3 — электроприемник; 4 — щит освещения; 5 — кабельная линия

Недостатками радиальных схем являются: малая экономичность из-за значительного расхода проводникового материала; необходимость в дополнительных площадях для размещения силовых РП; ограниченная гибкость сети при перемещениях технологических механизмов, связанных с изменением технологического процесса.

При **магистральных схемах** приемники подключаются к любой точке линии (магистральной). Магистральные схемы могут присоединяться к распределительным щитам подстанции или к силовым РП. Магистральные схемы с распределительными шинпроводами (рис. 11.4) применяются при питании приемников одной технологической линии или при равномерно распределенных по площади цеха приемниках. Схемы выполняются с применением шинпроводов, кабелей и проводов.

Достоинствами магистральных схем являются: упрощение щитов подстанции; высокая гибкость сети, дающая возможность перемещать технологическое оборудование без переделки сети; использование унифицированных элементов, позволяющих вести монтаж промышленными методами.

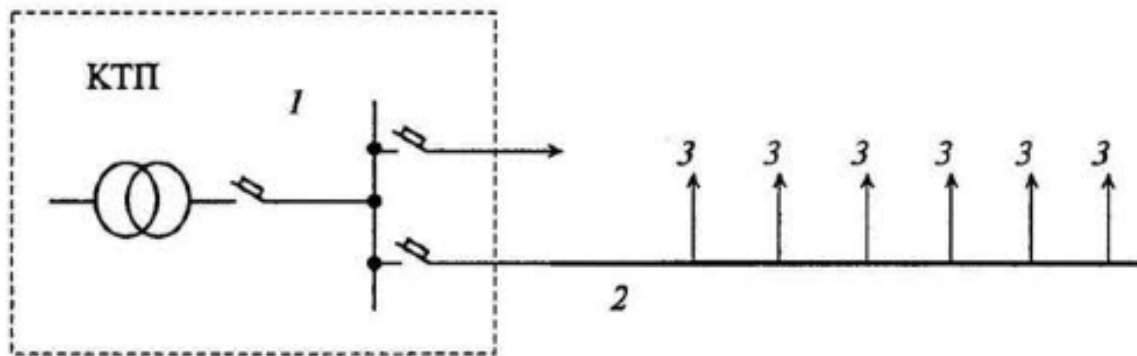


Рис. 11.4. Магистральная схема с распределительным шинпроводом:
1 - комплектная трансформаторная подстанция (КТП); 2 — распределительный шинпровод; 3 – нагрузка

Магистральная схема менее надежна, чем радиальная, так как при исчезновении напряжения на магистрали все подключенные к ней потребители теряют питание.

Для повышения надежности питания электроприемников по магистральным схемам применяется двустороннее питание магистральной линии (рис. 11.5).

Участки сети от источника питания до групповых щитков освещения называются питающими, а от групповых щитков до светильников - групповыми. Питающие сети выполняются трех- и четырехпроводными по магистральной, или радиально-магистральной схеме. Групповые линии в зависимости от протяженности и нагрузки могут быть двух-, трех- и четырехпроводными. Питание сетей рабочего и аварийного освещения может осуществляться вместе с силовой сетью от одного трансформатора. При наличии в цехе нескольких однострансформаторных подстанций или одной двухтрансформаторной подстанции сети рабочего и аварийного освещения должны питаться от разных трансформаторов.

Групповые линии одного помещения должны получать питание так, чтобы при погасании части ламп одних групп оставшиеся в работе группы обеспечивали минимальную освещенность до ликвидации аварии. Пример схемы питания осветительной сети приведен на рис. 11.6.

4. Расчет электрических нагрузок

Основой рационального решения комплекса технико-экономических вопросов электроснабжения является правильное определение ожидаемых электрических нагрузок. От этого зависят капитальные затраты в схеме электроснабжения, расход цветного металла, потери электроэнергии и эксплуатационные расходы. Электрическая мощность, потребляемая электроприемником (электрическая нагрузка), меняется по часам суток и зависит от времени года: ночью она, как правило, значительно меньше, чем днем; в первую смену - несколько выше, чем во вторую; в зимние дни - в утренние часы и вечером - к нагрузке добавляется еще нагрузка от электрического освещения.

Исходными данными для расчета электрических нагрузок являются установленная мощность электроприемников и характер изменения нагрузки. Под установленной мощностью (P_y) групп потребителей понимают суммарную паспортную мощность всех электроприемников. Например, установленная мощность башенного крана равна сумме номинальных мощностей всех его электродвигателей.

В результате расчета определяется максимальная (расчетная) нагрузка, которая служит основой для выбора сечения токоведущих частей, потерь мощности и напряжения в сетях, выбора мощности трансформаторов и компенсирующих устройств.

Для каждой группы электроприемников существует некоторое определенное соотношение между величинами расчетной (P_p) и установленной мощности. Это соотношение называется коэффициентом спроса:

$$K_c = \frac{P_p}{P_y} \quad (11.1)$$

Зная установленную мощность и коэффициент спроса данной группы потребителей, можно определить расчетную мощность:

$$P_p = P_y K_c \quad (11.2)$$

Расчетную реактивную мощность (Q_p) определяют по формуле

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi, \quad (11.3)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ находят для угла φ , косинус которого определяют из паспортных данных установки.

Полная расчетная мощность силовой нагрузки определяется как

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (11.4)$$

К расчетной силовой нагрузке необходимо прибавить мощность на освещение. Расчеты удобно вести в табличной форме (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Определение расчетной нагрузки

Группы нагрузок	P_y	K_c	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_{p'}$ кВт	$Q_{p'}$ квар	$S_{p'}$ кВ·А
<i>Силовая нагрузка</i>							
Башенные краны							
Ручные машины и электроинструмент							
Сварочные агрегаты							
Итого по силовой нагрузке							
<i>Электрическое освещение</i>							
Наружное							
Внутреннее							
Итого по электрическому освещению							
Всего по строительной площадке							

Примечание. Значения P_y , K_c , $\cos \varphi$ определяют по справочной литературе. Значения P_p , Q_p , S_p рассчитывают по формулам (11.2), (11.3), (11.4) соответственно. Итоговые строки определяются как сумма соответствующих расчетных нагрузок: например $P_{p\Sigma} = \sum P_p$.

Компенсация реактивной мощности.

Потеря электроэнергии при передаче по проводам трехфазной линии определяется формулой

$$W = \frac{PRt \cdot 10^3}{U^2 \cos^2 \varphi} \quad (11.5)$$

где W — потеря электроэнергии, кВт*ч; P — передаваемая мощность, кВт; R — активное сопротивление питающей линии, Ом; t — время, ч; U — напряжение передающей сети, В.

Формула показывает, что потери при передаче некоторой мощности P обратно пропорциональны квадрату напряжения, при котором производится передача, и квадрату коэффициента мощности. Отсюда следует, **что для снижения потерь электроэнергии надо использовать более высокие напряжения, стремиться к сокращению протяженности сетей до 1000 В, применять меры по повышению коэффициента мощности.**

На значении коэффициента мощности электроустановки отрицательно сказывается наличие малозагруженных электродвигателей и трансформаторов. Поэтому в первую очередь проводятся мероприятия организационного порядка, направленные на то, чтобы естественный коэффициент мощности достиг максимального значения. Если этих мер недостаточно, то применяют батареи конденсаторов, синхронные двигатели. Устанавливают батареи конденсаторов или на подстанции, или непосредственно у потребителя.

5. Трансформаторные подстанции

Трансформаторные подстанции служат для приема электроэнергии, преобразования напряжения и распределения электрической энергии на объекте.

По назначению различают следующие виды трансформаторных подстанций:

- **главные** (повышающие и понижающие) подстанции, предназначенные для повышения напряжения линии электропередач при больших расстояниях. Понижающие или повышающие подстанции (главные понизительные подстанции — ГПП) служат пунктами приема электроэнергии от энергосистем и преобразования ее напряжения для дальнейшего распределения по крупным объектам. Высокое напряжение таких подстанций обычно может быть 1150..30 кВ, низкое — 35...6 кВ (чаще всего 10 кВ);
- **распределительные**, или просто трансформаторные подстанции (ТП), в которых электроэнергия, поступающая от ГПП, трансформируется с высшего напряжения 35...6 кВ на низшее 660/380 или 380/220 В, на которое и рассчитано большинство потребителей. На строительстве, однако, имеют место и мощные потребители электроэнергии по 6 и 10 кВ (землесосные снаряды, шагающие экскаваторы, компрессоры).

Оборудование ТП состоит из трансформаторов, аппаратов коммутации и защиты, устройств управления, контроля и учета электроэнергии. Схема ТП типа строительной комплектной трансформаторной подстанции с одним трансформатором показана на рис. 11.7. С высокой стороны трансформатор присоединен к линии через замыкающий контакт и высоковольтный предохранитель (вместо них может быть установлен выключатель нагрузки или масляный выключатель). Защита от перенапряжения осуществляется разрядником. Обмотки трансформатора соединены в «звезду», со стороны низшего напряжения нейтраль глухо заземлена. *По конструктивному выполнению различают открытые, закрытые, передвижные подстанции.*

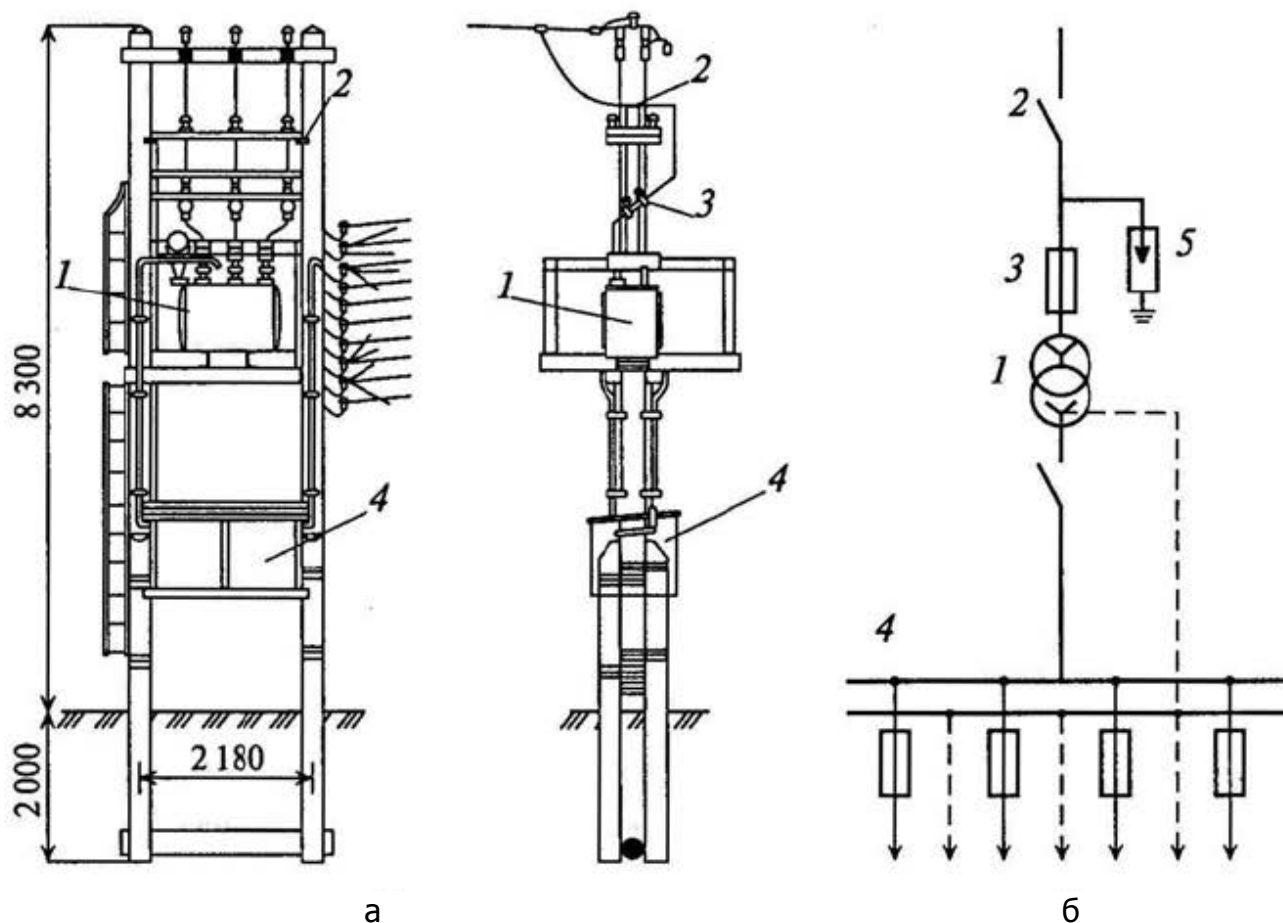


Рис. 11.7. Мачтовая открытая подстанция (а) и схема ТП с одним трансформатором (б): 1 — трансформатор; 2 — разъединитель; 3 — предохранитель; 4 — распределительный шкаф; 5 — разрядник

К **открытым**, оборудование которых устанавливается на открытом воздухе, относятся мачтовые подстанции с трансформаторами, установленными на деревянных или железобетонных опорах. На рис. 11.7 изображена подстанция с одним трансформатором, присоединенным к ЛЭП. Трансформаторы и аппаратура высокого напряжения расположены на П-образной опоре на высоте 4 м, а распределительное устройство (распределительный щит) 380/220 В - внизу в шкафу. Для установки трансформаторов полной мощности 160...400 кВА применяют А-образные и П-образные опоры. Открытые подстанции могут быть выполнены также с установкой трансформатора на помосте, а распределительного щита — в металлическом шкафу на уровне земли. На таких ТП предусматриваются ограждение и наружное освещение.

Закрытые ТП (рис. 11.8) *располагаются в помещениях*. В условиях строительства такими зданиями могут быть производственные объекты или специальные сооружения. К закрытым трансформаторным подстанциям относятся также комплектные подстанции КТП или СКТП (строительные комплектные трансформаторные подстанции). Электрооборудование КТП размещается в металлическом корпусе. Ввод 6... 10 кВ может быть кабельным или воздушным.

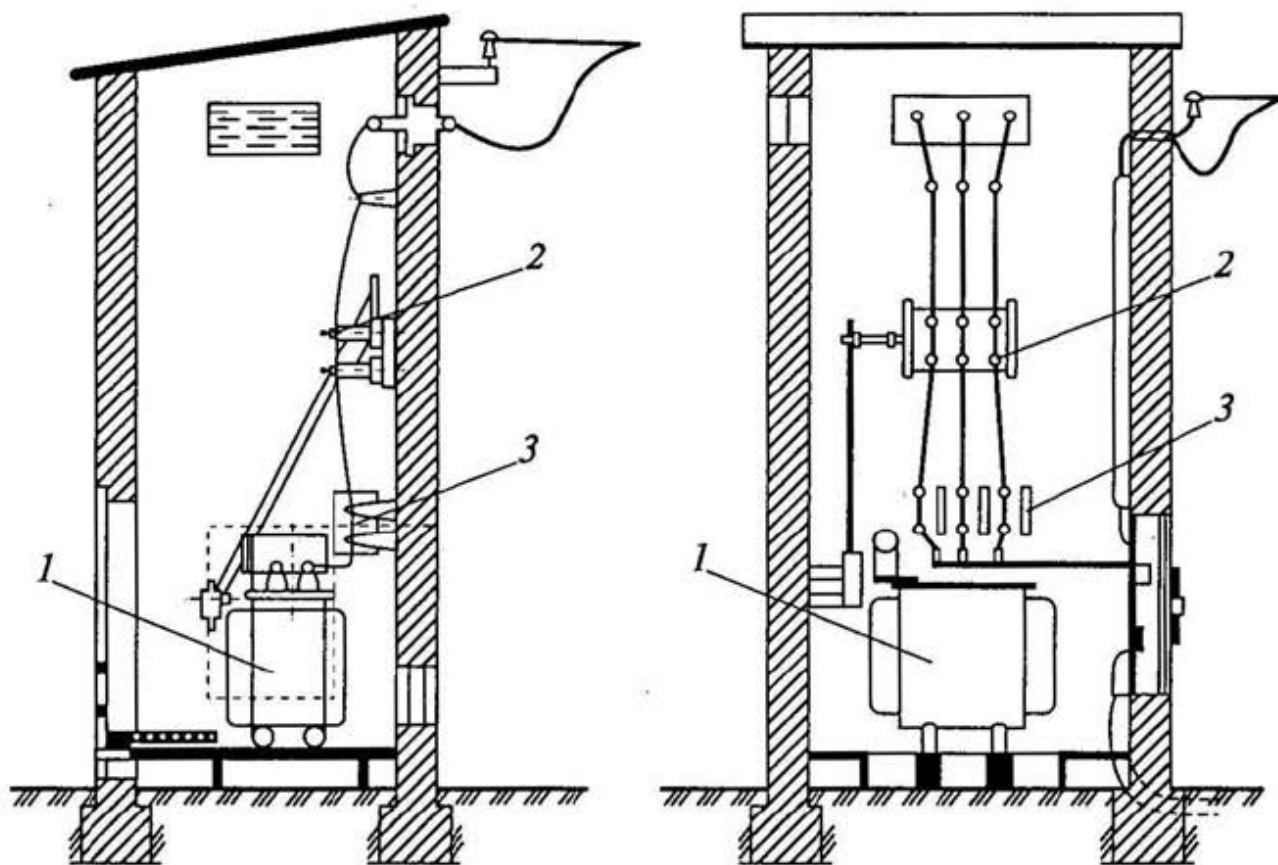


Рис. 11.8. Закрытая трансформаторная подстанция:
1 — трансформатор; 2 — контакт замыкающий; 3 — предохранитель

Передвижные подстанции, которые также могут быть комплектными, монтируются на авто- или железнодорожной платформе.

Технические характеристики силовых трансформаторов.

Основным конструктивным типом силового трансформатора напряжением до 10 кВ является трехфазный трансформатор с естественным масляным охлаждением. Используются и сухие силовые трансформаторы (т. е. с воздушным охлаждением). Они безопасны в отношении пожара и поэтому ими комплектуются ТП в зданиях с повышенными требованиями пожарной безопасности. Для работы в условиях повышенной влажности сухие трансформаторы непригодны, поэтому в условиях строительной площадки их не применяют.

Во всех трансформаторах предусматривается возможность изменения коэффициента трансформации в пределах $\pm 10\%$ напряжения, указанного в паспорте.

Промышленность выпускает трехфазные силовые трансформаторы по определенной шкале мощностей: 10; 16; 25; 40; 63; 100; 250; 400; 630; 1000; 1600 кВА. В условиях строительных площадок трансформаторы напряжения 10/0,4 и 6/0,4 кВ применяются преимущественно мощностью 100 и 630 кВА.

Определение типа и мощности силового трансформатора.

Выбор типа, мощности ТП, ее расположение обуславливается величиной, характером электрических нагрузок и их пространственным расположением.

Расчет ведется в такой последовательности:

- 1) определяется местоположение ТП с учетом положения опасных зон, расположения подъездных путей и дорог. Трансформаторные подстанции желательно располагать ближе к мощным потребителям;
- 2) при определении мощности трансформатора необходимо одновременно решать вопрос о компенсации реактивной мощности. При компенсации на стороне 0,4 кВ получается расчетная мощность трансформатора:

$$S_T = \frac{\sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_э)^2}}{B} \quad (11.7)$$

где P_p - расчетная активная мощность нагрузки, кВт; Q_p - расчетная реактивная мощность нагрузки, квар; $Q_э$ - реактивная мощность энергосистемы (как правило, $Q_э = 0,33 P_p$); B - коэффициент загрузки трансформатора (для однострансформаторной подстанции $B = 0,95 \dots 1,0$).

Из справочных данных выбирают ближайший трансформатор равной или большей мощности.

Тема 12. Электрические сети строительных площадок

1. Классификация электрических сетей

Электрические сети служат для передачи и распределения электрической энергии. Они подразделяются на воздушные линии, кабельные линии и электропроводки.

Воздушные линии (ВЛ) прокладываются на открытом воздухе и состоят из изолированных или неизолированных проводов, прикрепленных линейной арматурой к опорам, изоляторам или кронштейнам, к стенам зданий и инженерным сооружениям.

Кабельные линии прокладываются преимущественно под землей, в траншеях, каналах, коллекторах и состоят из одного или нескольких, совместно проложенных, кабелей.

Электропроводки прокладывают внутри зданий и сооружений или по их наружным стенам. Они выполняются изолированными проводами различных марок и кабелями с резиновой изоляцией, рассчитанными на напряжение до 1000 В.

На строительных площадках для питания электроэнергией строительных механизмов и электроосветительных установок сооружаются в основном временные электрические сети, состоящие преимущественно из воздушных линий, как более дешевых и легко выполнимых. Внутри строящихся зданий выполняются временные электропроводки. Кабельные подземные линии применяют только в отдельных случаях, когда по тем или иным причинам использование воздушных линий на данном участке строительства невозможно. Электрические сети на строительных площадках имеют специфические особенности, связанные с питанием электроэнергией передвижных строительных машин и механизмов. При изменении типа этих машин, их расположения и количества меняется и местоположение центров электрической нагрузки на территории строительства.

Отсюда и вытекает основная особенность сетей на строительных площадках: они должны быть мобильны (подвижны), способны быстро следовать за изменениями электрической нагрузки.

В связи с этим на строительстве играют большую роль переносные участки электросетей, выполняемые преимущественно шланговыми кабелями, и так называемые инвентарные электротехнические устройства разного рода, легко перемещаемые с места на место. К таким устройствам относятся:

- передвижные трансформаторные подстанции;
- передвижные и переносные распределительные шкафы;
- подключательные пункты;
- осветительные вышки;
- пусковые ящики для электродвигателей.

Переносные участки электросетей и инвентарные устройства в сочетании с временными воздушными линиями обеспечивают подачу электроэнергии в различные точки строительной площадки в короткие сроки и с минимальными затратами. Все электрические сети сооружаются в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ). К временным электросетям предъявляются те же требования,

что и к постоянным. Строгое соблюдение этих требований при сооружении временных электросетей является необходимым условием обеспечения электробезопасности работающих на строительной площадке.

2. Провода и кабели, инвентарные электротехнические устройства

Основным материалом для токоведущих жил проводов и кабелей в настоящее время является алюминий. Для изготовления голых проводов применяется также сталь. Медь, хотя и обладает большей электропроводностью, чем алюминий, применяется в весьма ограниченных случаях (например, когда необходима особая гибкость провода).

В качестве изоляционных материалов для изготовления изолированных проводов и кабелей применяют резину, кабельную бумагу, пропитанную специальными составами, и пластмассы, например полихлорвинил. Пластмассовая изоляция обладает рядом положительных свойств и поэтому с каждым годом увеличивается ее применение в производстве кабельной продукции.

Все провода и кабели выпускаются нашей промышленностью по единой шкале сечений токоведущих жил: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400 мм².

Токоведущие жилы проводов и кабелей изготавливают преимущественно многопроволочными.

Провода.

Для воздушной линии электропередачи напряжением до 1 кВ на строительных площадках применяют изолированные или неизолированные провода, расположенные на открытом воздухе и прикрепленные линейной арматурой к опорам, изоляторам или кронштейнам, стенам зданий и инженерным сооружениям.

Воздушная линия электропередачи с применением самонесущих изолированных проводов (СИП) обозначается ВЛИ.

Самонесущий изолированный провод — скрученные в жгут изолированные жилы, причем несущая жила может быть как изолированной, так и неизолированной. Механическая нагрузка может восприниматься или несущей жилой, или всеми проводниками жгута.

Неизолированные алюминиевые провода (марка А) выпускаются многопроволочными сечением от 16 до 400 мм². На строительной площадке они применяются сечением не выше 150 мм².

Особый тип проводов - сталеалюминиевые провода, состоящие из стального троса, на который навиты алюминиевые проволоки. Стальной трос служит для увеличения прочности провода. Сталеалюминиевые провода на строительной площадке применяют для сооружения линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше.

В современных условиях на ВЛ должны, как правило, применяться самонесущие изолированные провода.

Силовые кабели.

Кабелем называют одножильный или чаще многожильный изолированный провод специальной конструкции в герметической оболочке. Кабели, предназначенные для передачи электроэнергии, носят название **СИЛОВЫХ**.

Силовые кабели в настоящее время выпускаются главным образом с алюминиевыми жилами (одно-, двух-, трех- и четырехжильные), с изоляцией из бумаги, пропитанной маслоканифольным составом, а также с пластмассовой изоляцией.

Отличительной особенностью кабелей является наличие герметической (алюминиевой, свинцовой или пластмассовой) оболочки, предназначенной для предохранения от проникновения внутрь кабеля сырости. В связи с этим, при прокладке силовых кабелей применяют особые методы соединения их при помощи специальных соединительных муфт. Свободные концы подвергаются особой разделке с герметическим оконцеванием.

Кабели, предназначенные для прокладки непосредственно в земле, в траншеях, защищены от механических воздействий (поверх герметической оболочки) броней из стальных лент, покрытой сверху слоем кабельной пряжи, пропитанной битумом.

Представление о конструкции кабелей с бумажной пропитанной изоляцией дает рис. 12.1. Четвертая жила кабеля (рис. 12.1, б) служит нулевым проводом и делается меньшего сечения (около половины сечения фазных жил).

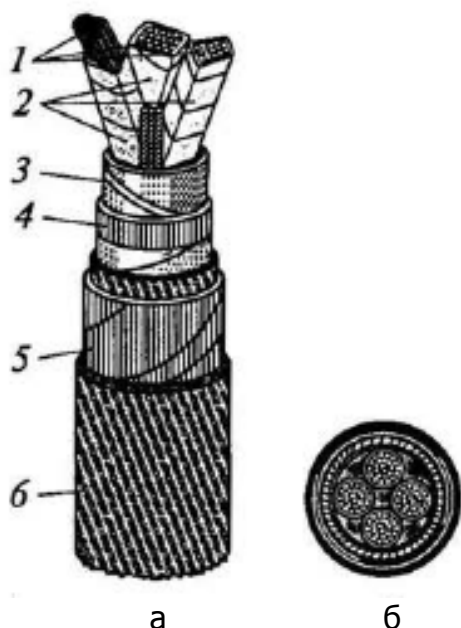


Рис. 12.1. Кабель силовой с бумажной пропитанной изоляцией, бронированный:
а – общий вид трёхжильного кабеля;
б – поперечный разрез четырёхжильного кабеля;
1 – токоведущие жилы; 2, 3 – соответственно фазовая и поясная изоляции из пропитанной кабельной бумаги; 4 – оболочка алюминиевая или свинцовая; 5 – стальная ленточная броня; 6 – слой кабельной пряжи

Кабели на напряжение 6 и 10 кВ отличаются от кабелей на напряжение до 1 кВ усиленной изоляцией токоведущих жил.

Для электроснабжения строительных площадок применяют в основном следующие марки силовых кабелей с бумажной изоляцией:

а) при напряжении до 1 кВ — кабель ААБ, силовой бронированный, в алюминиевой оболочке, с алюминиевыми жилами, предназначенный для прокладки в траншеях; в случае прокладки в каналах (например, при использовании постоянных

сооружений строящегося предприятия) применяется такой же кабель, но без наружного покрова из кабельной пряжи сверх брони — бронированный голый — марки ААБГ;

б) при напряжении 6 и 10 кВ — кабель ААБ и АСБ той же конструкции, что и низковольтные, также для прокладки в траншеях, но в алюминиевой или свинцовой оболочке.

На напряжение до 1 кВ применяют трех- и четырехжильные кабели, на 6 и 10 кВ - трехжильные.

Кабели с пропитанной бумажной изоляцией имеют ряд недостатков; их нельзя сильно изгибать, так как при резких изгибах портится изоляция жил (радиус изгиба должен быть равен не менее 15 наружным диаметрам кабеля); нельзя прокладывать при низких температурах без предварительного прогрева (из-за хрупкости оболочки), нельзя прокладывать на большую высоту по вертикали, так как в этих условиях при нагревании кабеля током из него начинает вытекать пропиточный состав и изоляция кабеля теряет свои свойства.

Указанных недостатков не имеют силовые кабели с пластмассовой изоляцией. Такие кабели с изоляцией из полиэтилена или поливинилхлорида в поливинилхлоридной оболочке бронированные и небронированные с каждым годом получают все большее применение. Промышленность выпускает их на напряжения 1; 6 и 10 кВ трех- и четырехжильными с сечением жил до 150 мм². В марках этих кабелей вторая буква указывает материал герметической оболочки (В — поливинилхлорид), а третья — материал изоляции (П — полиэтилен, В — поливинилхлорид). Например; кабель марки АВПБ — с алюминиевыми жилами, с полиэтиленовой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, бронированный; кабель марки АВВБ — такой же, но с поливинилхлоридной изоляцией.

К достоинствам кабелей с пластмассовой изоляцией помимо устранения указанных выше недостатков, присущих кабелям в бумажной пропитанной изоляции, следует отнести также отсутствие металлических (алюминиевых или свинцовых) оболочек, что снижает массу кабелей и расход цветного металла на их изготовление.

Установочные провода и кабели.

Провода с резиновой и пластмассовой изоляцией (установочные) и кабели с резиновой изоляцией служат для выполнения *электропроводок*. Выпускают их, как правило, на напряжение до 500 В с алюминиевыми жилами; с медными жилами изготавливают только особо гибкие провода.

Назовем наиболее применяемые в условиях строительства марки установочных проводов и кабелей с резиновой изоляцией:

- АПР и АПВ — провода одножильные алюминиевые, первый с резиновой изоляцией в оплетке из пропитанной хлопчатобумажной пряжи, второй — с полихлорвиниловой изоляцией и без оплетки; назначение — прокладка, по роликам и изоляторам, а также в трубах и непосредственно (без труб) в каналах и пустотах строительных конструкций;
- ПРГ и ПВГ — гибкие провода с медными жилами из большого числа тонких проволок; применяются для соединения подвижных частей машин и аппаратов;
- АВРГ и АНРГ — кабели с алюминиевыми жилами с резиновой изоляцией в герметической оболочке из полихлорвинила, двух- и трехжильные прокладываются непосредственно по поверхности стен и потолков; используются для прокладки в сырых помещениях и в помещениях с химически активной средой;

- АППВ и АПН — плоские провода двух- и трехжильные с алюминиевыми жилами в изоляции из полихлорвинила (АППВ) или резины (АПН); назначение — постоянные электропроводки в осветительных сетях; прокладываются скрыто или открыто, непосредственно по стенам и потолкам (без роликов);
- ПРД и ПРВД — двухжильный витой провод (*шнур*) с медными жилами с резиновой изоляцией в оплетке из хлопчатобумажной пряжи или в полихлорвиниловой оболочке.

Шланговые кабели и провода.

Для присоединения подвижных электроприемников предназначены шланговые кабели и провода. Их примечают на строительных площадках: для питания электропривода передвижных строительных машин и механизмов — кранов, экскаваторов, компрессоров; для питания сварочных трансформаторов, электроинструмента и т.д. Выпускаются они только с медными жилами, сплетенными из тонких проволочек (для большей гибкости). Для защиты от механических воздействий и от проникновения сырости к токоведущим жилам шланговые кабели и провода в дополнение к резиновой изоляции жил имеют толстую (5...8 мм толщиной) резиновую оболочку. Особенность их — наличие дополнительной, так называемой заземляющей, жилы, предназначенной для заземления корпусов строительных механизмов с электроприводом.

Для питания электроприемников напряжения, до 500 В на строительстве применяют шланговые кабели и провода преимущественно следующих марок:

- ШРПС — шланговые шнуры переносные (для питания электроинструментов, сварочных трансформаторов и переносных светильников); двух- и трехжильные с дополнительной заземляющей жилой;
- КРПТ — шланговые кабели переносные тяжелые (для питания электропривода строительных механизмов) двух- и трехжильные с дополнительной заземляющей жилой (рис. 11.2);
- ГРШ и ГРШН — шланговые кабели шахтные (врубовые) гибкие трехжильные с заземляющей жилой; отличаются большей (по сравнению с маркой КРПТ) прочностью;
- ПРГД — шланговые провода гибкие для дуговой сварки одножильные.

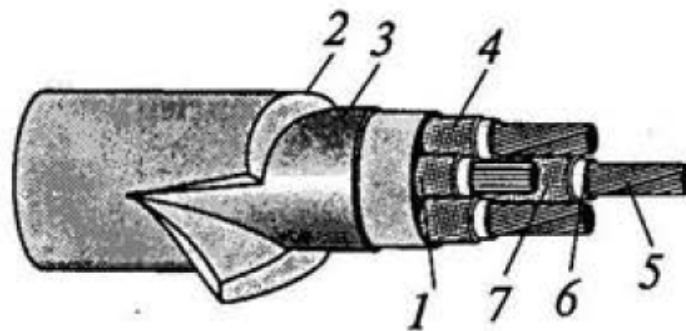


Рис. 12.2. Шланговый кабель марки КРПТ:

- 1 – заземляющая жила; 2 – резиновая оболочка; 3 – прорезиненная ткань; 4 – изоляция жил; 5 – медная токоведущая жила; 6 – вулканизационная резина; 7 – обмотка тканевой лентой

Для питания строительных машин с высоковольтным электроприводом промышленностью выпускаются шланговые кабели на напряжения 3 и 6 кВ следующих марок;

- КШВГ и КШВГЛ - кабели шланговые высоковольтные гибкие трехжильные с дополнительной заземляющей жилой;
- ГТШ — шланговые кабели гибкие, торфяные; применяются для питания электропривода строительных механизмов в особо сырых местах; имеют усиленную резиновую изоляцию и заземляющую оплетку (под шлангом) из медных проволок; изготавливаются также и для напряжения до 500 В.

Инвентарные электротехнические устройства.

Применение инвентарных (передвижных и переносных) электротехнических устройств упорядочивает электрохозяйство строительной площадки, повышает надежность работы и обеспечивает большую безопасность работающих на стройке. Устройства эти весьма разнообразны. Помимо описанных выше комплектных, передвижных подстанций КТП, на передовых стройках широко применяют также инвентарные распределительные шкафы для подсоединения отдельных линий (рис. 12.3), подключаемые пункты для строительных механизмов и электроинструмента (рис. 12.4), силовые ящики, оборудованные описанными выше блоками предохранитель-выключатель (рис. 12.5), стойки и вышки для светильников и прожекторов и ряд других устройств. При строительстве многоэтажных производственных корпусов, а также жилых и общественных зданий весьма целесообразно применение инвентарных стояков из металлических или жестких гофрированных бумажных труб с заложенными в них проводами и поэтажными коробками «отбора мощности». Такие стояки устанавливаются в лестничных клетках строящегося здания. Наличие их позволяет правильно, удобно и безопасно организовать временное электроснабжение строящегося здания.

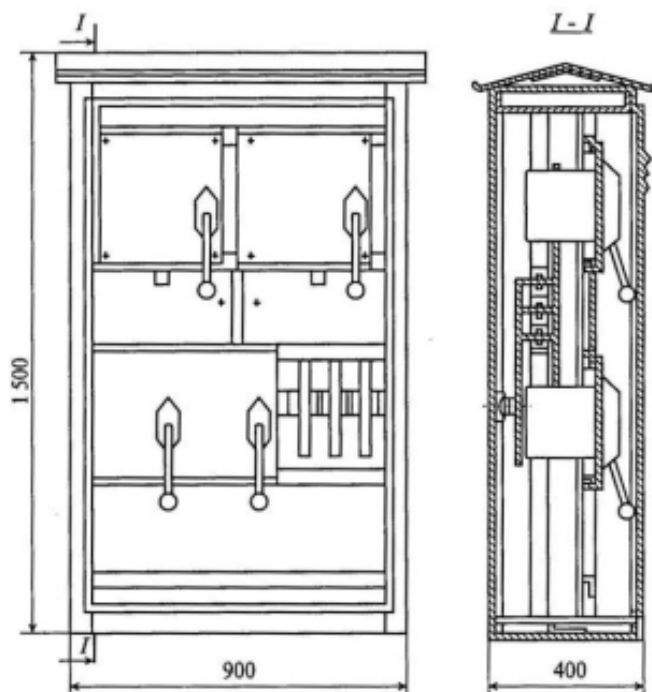
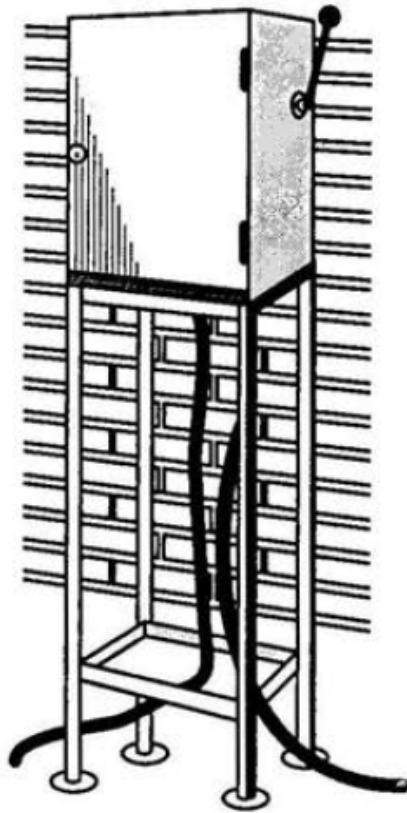
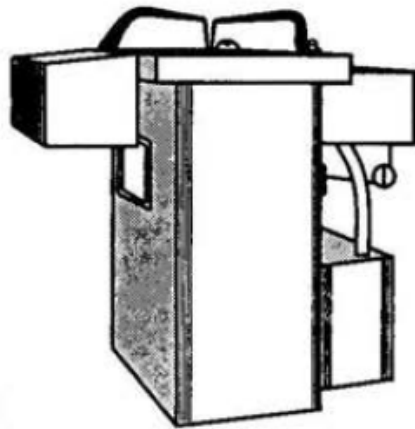


Рис. 12.3. Инвентарный распределительный шкаф с блоками предохранитель-выключатель



а



б

Рис. 12.4. Инвентарные подключаемые пункты:
а - для питания башенного крана;
б - для питания ручного инструмента

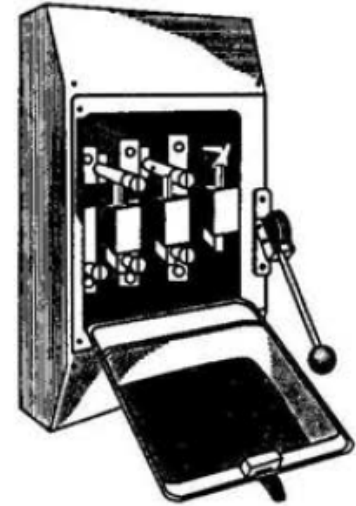


Рис. 12.5. Силовой ящик с блоком предохранитель-выключатель типа ЯБПВ

3. Устройство электрических сетей на строительных площадках

Для питания силовых и осветительных электроустановок, работающих при напряжении до 1 кВ, на строительных площадках в соответствии с рекомендациями СНиПа применяют четырехпроводные сети напряжением 380/220 В. В четырехпроводных сетях нулевая точка трансформатора (или генератора) обязательно заземляется.

Для питания ТП желательно применять сети напряжением 10 кВ, так как при повышении напряжения условия электроснабжения улучшаются, а сети получаются легче (требуются меньшие сечения проводов). Только в том случае, когда на площадке работают строительные машины (например, мощные экскаваторы) с высоковольтным электроприводом, приходится применять для электросетей строительной площадки напряжение 6 кВ.

Как мы уже говорили, кабельные подземные линии для временных электросетей на стройках почти не применяются. Поэтому в первую очередь мы познакомимся с устройством воздушных линий и электропроводок.

Воздушные линии.

Опоры воздушных линий рекомендуется применять либо деревянные с железобетонными пасынками (приставками), либо железобетонные (рис. 12.6).

Использовать опоры, изготовленные целиком из дерева, нецелесообразно из-за их недолговечности. Применение железобетонных пасынков, заменяющих нижнюю, наиболее подверженную гниению, часть опоры, увеличивает сроки службы деревянных опор.

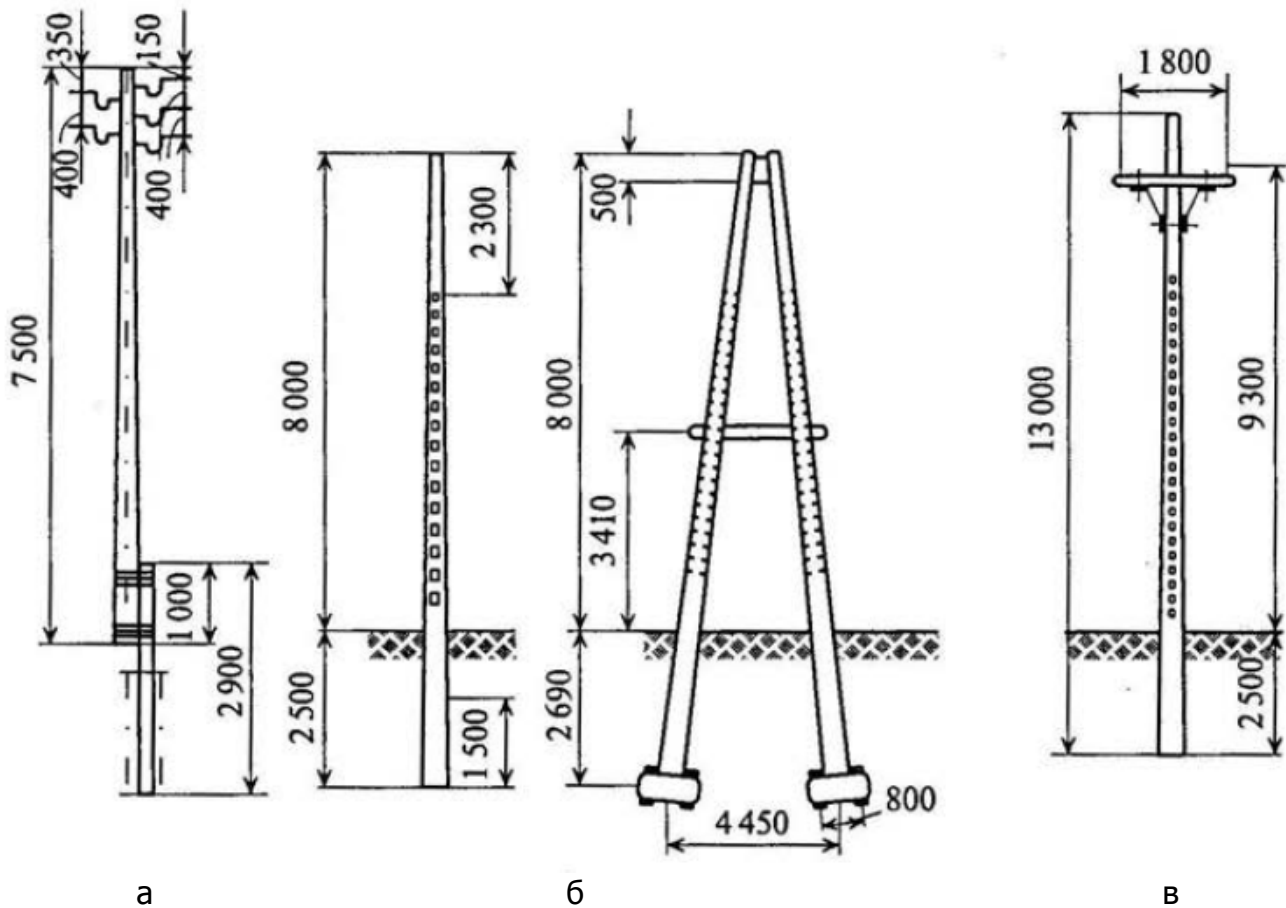


Рис. 12.6. Опоры воздушных линий:

- а – деревянная с железобетонным пасынком (приставкой), до 1 кВ;
- б – железобетонная, 0,4 кВ;
- в – железобетонная, 6...10 кВ

Для крепления проводов на опорах воздушных линий напряжением до 10 кВ включительно применяют штыревые изоляторы; для линий напряжением 380/220 В — изоляторы типа ТФ, ШЛН и ШО (последние многошейковые для ответвлений); для линий напряжением 6... 10 кВ — типа ШС (рис. 12.7). Изоляторы к опорам крепятся: к стойкам опор — на крюках, а к траверсам (поперечным брусам) — на штырях. Для привязки проводов к изоляторам используют тонкую наволоку из того же материала, что и провод.

Работы по установке опор ВЛ в настоящее время выполняют, как правило, механизированным способом. Наиболее трудоемкие работы — рытье ям под опоры — производят буровыми машинами. В качестве тяговых механизмов для натяжки проводов обычно применяют автомашины. Для работы по монтажу проводов используют телескопические автовышки и монтажные гидropодъемники на автоходу. Применение этих механизмов значительно облегчает и ускоряет труд электромонтеров при монтаже проводов, так как исключает необходимость подъема на опоры на когтях. Соединение

проводов ВЛ выполняется с помощью трубчатых овальных обжимных соединителей; эти соединители обжимаются специальным инструментом. Для линий 380/220 В допускается также соединение проводов скруткой с последующей пропайкой.

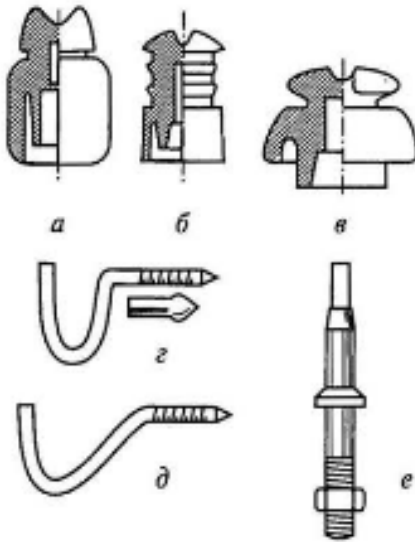


Рис. 12.7. Изоляторы и крюки:

а – изолятор типа ТФ для ВЛ до 1 кВ; б – то же, типа ШО (для ответвлений);
в – типа ШС для ВЛ 6...10 кВ; г, д – крюки; е - штырь

При строительстве воздушных линий должны соблюдаться установленные габариты — расстояния от наинизшей точки проводов до земли. Эти габариты таковы: для ВЛ напряжением 380/220 В в населенных местностях, на заводских территориях и строительных площадках — не менее 6 м, а в ненаселенных местах — не менее 5 м; для ВЛ напряжением 6... 10 кВ эти расстояния соответственно увеличиваются до 7 и 6 м.

Электропроводки.

Постоянные электропроводки выполняют как открыто, так и скрыто — в трубах, в каналах, в пустотах строительных конструкций, под слоем штукатурки и т. п.

Временные электропроводки в строящихся зданиях, а также в производственных помещениях строительной площадки выполняются открыто, т. е. по поверхности строительных конструкций, по фермам и т.п. Провода прокладываются на изоляторах или, в сухих помещениях, на роликах. Наружные электропроводки (проводки по стенам зданий и сооружений, по строительным лесам) и перекидки между близко расположенными зданиями выполняются только на изоляторах. Изоляторы типа ТФ используются так же, как и на воздушных линиях. Устанавливают их на таких же крюках, якорях и штырях. Положение изоляторов при этом всегда должно быть вертикальным. Ролики устанавливают в любом положении, крепят их на шурупах, винтах (к металлу) и на специальных устройствах. Провода привязывают к изоляторам и роликам мягкой оцинкованной стальной проволокой с подмоткой провода в месте крепления изоляционной лентой.

При выполнении временных электропроводок (изолированными проводами) на строительных площадках должны соблюдаться следующие расстояния по высоте: не менее 2,5 м — над рабочими местами; 3 м — над проходами и 5 м — над проездами. На высоте менее 2,5 м от земли, пола или настила провода должны быть защищены от

механических повреждений (заключены в короба, трубы и т. п.). Наружные электропроводки по стенам зданий прокладывают на высоте не менее 2,75 м от уровня земли; вводы воздушных линий в здания должны отстоять от земли также не менее, чем на 2,75 м. Устройство такого ввода приведено на рис. 12.8. При этом проходы через стены и перекрытия установочных проводов выполняются в изоляционных трубках, которые оконцовываются изолирующими фарфоровыми и пластмассовыми втулками или, в сырых местах, воронками.

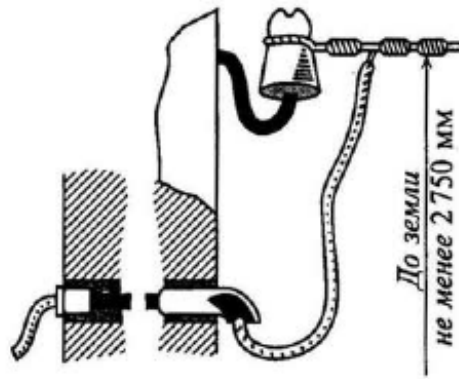


Рис. 12.8. Устройство ввода в здание от ВЛ напряжением до 1 кВ

Кабели типа ВРГ и НРГ прокладывают открыто, непосредственно по стенам и перегородкам с креплением скобками. Высота их прокладки над полом не нормирована. При выполнении проводки одножильными проводами (АПР, АПВ и др.) в стальных трубах, например при подводке питания к стационарно установленным строительным механизмам или станкам, все три провода трехфазной линии должны прокладываться в одной трубе (во избежание нагрева трубы за счет вихревых токов и перемгничивания).

Переносные участки электросетей выполняемые шланговыми проводами и кабелями, используются обычно в сочетании с воздушными линиями и теми или иными инвентарными устройствами. Воздушная четырехпроводная линия напряжением 380/220 В подводит электроэнергию к инвентарному распределительному шкафу или подключательному пункту, а далее уже с помощью переносных участков сети энергия подводится к передвижным строительным машинам, сварочным установкам и т. п.

Подземные кабельные линии.

По сравнению с воздушной линией подача энергии подземным кабелем является более надежной. Вместе с тем, подземный кабель надежен только при условии полной его сохранности, малейший прокол герметической оболочки кабеля (особенно кабеля с бумажной пропитанной изоляцией) неизбежно влечет за собой аварийный выход его из строя при эксплуатации. Поэтому необходимо правильно организовать хранение кабеля до его прокладки (кабель поставляется намотанным на деревянных барабанах). Концы кабеля должны быть герметически заделаны.

Если необходимо отрезать на барабанах кусок кабеля, конец оставшегося кабеля должен быть немедленно запаян (или герметически закрыт каким-либо другим способом).

Герметичность кабеля должна быть обеспечена и при его прокладке: на концах кабельной линии выполняются специальные концевые заделки, а в наружных установках применяются концевые муфты. При необходимости соединения концов

кабеля эта операция производится в специальных кабельных муфтах. Выполнение концевых заделок и монтаж кабельных муфт, особенно у кабелей напряжения выше 1 кВ, является ответственной операцией, требующей точного выполнения правил, чистоты и аккуратности. Эта работа поручается специально обученным электромонтерам - кабельщикам.

Трудоемкие земляные работы при прокладке подземных кабелей (рытье траншей, их засыпка и др.) производятся, как правило, механизированным способом с использованием траншейных экскаваторов, бульдозеров и других строительных машин. Кабельные траншеи делаются глубиной 800 мм, считая от планировочной отметки площадки. Ширина траншеи для одного кабеля 350.. 400 мм, для двух кабелей 600 мм.

4. Выбор сечения проводов по допустимому нагреву и допустимой потере напряжения

Расчет электрических сетей для электроснабжения строительной площадки, в том числе и временных, производится проектными организациями, разрабатывающими проект организации строительства.

Вместе с тем, работникам стройки (строителям и монтажникам) в ряде случаев приходится на месте решать вопрос о выборе сечения проводов той или иной временной линии, не предусмотренной проектом, но необходимой для подачи электроэнергии к какому-либо строительному механизму или к временной осветительной установке.

Правильный выбор сечения проводов и кабелей имеет весьма существенное значение. Сечение проводов с одной стороны должно быть выбрано достаточным для того, чтобы *потеря напряжения при передаче необходимой мощности не превосходила допустимых пределов и чтобы провод не перегревался под действием проходящего по нему тока*. С другой стороны, сечение проводов должно быть выбрано экономно, с наименьшим расходом цветного металла. Перегрев проводов током быстро приводит к выходу их из строя и перерыву в электроснабжении. Повышенная потеря напряжения и связанное с ней понижение напряжения у электроприемников ухудшает их работу: вращающий момент электродвигателей и световой поток электрических ламп резко уменьшается. Так, например, понижение напряжения против номинального на 10% уменьшает вращающий момент асинхронных двигателей на 19%, а световой поток ламп накаливания на 30%.

Установлены допустимые отклонения напряжения от номинального у различных электроприемников. Так, на зажимах электродвигателей эти отклонения от номинального напряжения, как правило, должны быть не более $\pm 5\%$, снижение напряжения, у наиболее удаленных ламп освещения промышленных предприятий и общественных зданий, а также прожекторных установок должно быть не более 2,5% номинального напряжения, а у наиболее удаленных ламп светильников наружного освещения и освещения жилых зданий — не более 5%.

Выбор сечения проводов производят по следующим двум факторам:

- по допустимому нагреву проводов током (иными словами по их пропускной способности);
- по допустимой потере напряжения.

Из двух величин сечения, определенных по двум указанным факторам, выбирают большее, округляя его до ближайшего стандартного сечения. При этом для воздушных

линий решающим фактором оказывается, как правило, допустимая потеря напряжения, а для переносных шланговых кабельных линий, электропроводок и подземных кабельных линий небольшой протяженности определяющим признаком является их пропускная способность (по допустимому нагреву).

Выбор сечения рекомендуется вести в таком порядке:

- для проводов воздушных линий определять сечение по допустимой потере напряжения и потом проверять по допустимому нагреву;
- для установочных, изолированных проводов, шланговых и других кабелей — сначала определять сечение по допустимому нагреву и затем проверять на допустимую потерю напряжения.

Выбор сечения по допустимому нагреву (допустимому току).

Длительно протекающая по проводнику сила тока, при которой устанавливается длительная допустимая температура нагрева, называется допустимой силой тока по нагреву I_D . Величина его зависит как от марки провода или кабеля, так и от условий прокладки и температуры окружающей среды. Некоторые данные применительно к сетям напряжением 380/220 В в условиях строительных площадок приведены в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Допустимые длительные токовые нагрузки на провода, кабели (А)

Сечение жил, мм ²	Голые провода воздушных линий		Шланговые кабели и провода				Кабели с бумажной изоляцией, прокладываемые в земле, в траншее		Установочные провода марок АПР, АПВ, ПРГ, АППВ, АПН			Кабели марок АВРГ, АНРГ, трехжильные
	Марки А	Марки ПС	Марок КРПТ, ГРШ, ШРПС	Марки КШВГ	Марки ГТШ	Трехжильные, до 3 кВ	Четырехжильные, до 1 кВ	Открытая прокладка		Скрытая прокладка или 3 провода в трубе	Открытая прокладка	
								Алюминиевые	Медные			Алюминиевые
				Двухжильные		Трехжильные, 6 кВ		Алюминиевые				
			Медные жилы				Алюминиевые					
2,5	—	—	33	28	—	—	24	—	24	30	19	19
4	—	—	43	26	—	—	32	38	32	41	28	27
6	—	—	55	45	—	47	39	46	39	50	32	32
10	—	—	75	60	—	65	60	65	60	80	47	42
16	105	—	95	80	90	85	75	90	75	100	60	60
25	135	60	125	105	120	105	105	115	105	140	80	75
35	170	75	150	130	145	130	130	135	130	170	95	90
50	215	90	185	160	180	160	165	165	165	215	130	110
70	265	125	235	200	220	—	210	200	210	270	165	140
95	320	135	—	—	260	—	255	240	255	330	200	170
120	375	—	—	—	300	—	295	270	295	385	220	200

Выбор сечения проводника по нагреву сводится к сравнению расчетного тока (I_P) с допустимым табличным значением для принятых марок провода или кабеля. При выборе должно соблюдаться условие

$$I_P \leq I_D \tag{12.1}$$

Значение расчетной силы тока для (I_P) линии, питающей отдельный трехфазный электродвигатель определяется по формуле

$$I_P = \frac{1000P_H k_3}{\sqrt{3}U_H \eta_D \cos \varphi} \quad (12.2)$$

где P_H - номинальная мощность электродвигателя, кВт; k_3 - коэффициент загрузки двигателя, принимаемый равным: 0,85...0,90; U_H - номинальное напряжение двигателя (380 В); η_D - КПД двигателя (принимается равным: 0,85...0,92; для крановых двигателей 0,80...0,85); $\cos \varphi$ - коэффициент мощности двигателя (принимается равным 0,80...0,90; для крановых двигателей — 0,70...0,75).

Большие значения КПД и коэффициента мощности принимают для более крупных электродвигателей — порядка 30 кВт.

Расчетная сила тока для линии, питающей электропривод строительной машины с многодвигательным электроприводом на переменном токе (например, башенные краны), приближенно определяется по аналогичной формуле:

$$I_P = \frac{1000P_\Sigma k_C}{\sqrt{3}U_H \eta_D \cos \varphi} \quad (12.3)$$

где P_Σ - суммарная номинальная мощность всех электродвигателей машины, кВт; k_C - коэффициент, учитывающий разновременность работы электродвигателей машины (коэффициент спроса для одной машины), принимаемый равным 0,7...0,8.

Выбор сечения по допустимой потере напряжения.

Потерей напряжения в трехфазовой линии называют арифметическую разницу между линейными напряжениями в начале и в конце линии.

Допустимую потерю напряжения от источника питания до потребителя электроприемника в сетях 380/220 В обычно принимают в размере 5,5...6,5%. При этом, если питание к строительному механизму подается шланговым кабелем, присоединенным к воздушной линии, то допустимую потерю напряжения обычно принимают для воздушной линии в размере 5...5,5%, а для шлангового кабеля - 0,5...1,5% (в зависимости от его длины). Суммарная потеря напряжения не должна превышать указанных выше пределов. Потеря напряжения в трехфазовой линии определяется формулой

$$\Delta U = \sqrt{3} I (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \quad (12.4)$$

где ΔU - потеря напряжения, В; I - сила тока в линии, А; l - длина линии, км; r_0 и x_0 - активное и индуктивное сопротивление одного провода, Ом/км (табл. 12.2); $\cos \varphi$ - коэффициент мощности электрической нагрузки; $\sin \varphi$ - тригонометрическая функция, по величине соответствующая значению коэффициента мощности ($\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$).

Таким образом, потеря напряжения зависит как от активного, так и от индуктивного сопротивления проводов линии. Индуктивное сопротивление ВЛ сопоставимо с активным, и поэтому его необходимо учитывать.

Таблица 4.2

Электрические характеристики проводов и кабелей линий напряжением 380/220 В

Сечение провода, мм ²	Активное сопротивление, Ом/км			Индуктивное сопротивление, Ом/км
	Медные провода и кабели	Алюминиевые провода и кабели	Сталеалюминиевые провода	Воздушные линии
1,5	12,6	—	—	—
2,5	7,55	12,6	—	—
4	4,65	7,9	—	—
6	3,06	5,26	—	—
10	1,84	3,16	3,21	—
16	1,20	1,98	2,06	0,36
25	0,74	1,28	1,38	0,35
35	0,54	0,92	0,85	0,34
50	0,39	0,64	0,65	0,33
70	0,28	0,46	0,46	0,32
95	0,20	0,34	0,33	0,31
120	0,158	0,27	0,27	0,30
150	0,123	0,21	0,21	0,29
185	0,103	0,17	0,17	0,28
240	0,078	0,132	0,132	0,27

Расчет потери напряжения такой линии производят по формуле (12.4). В кабельных же линиях и в электропроводах индуктивное сопротивление мало, поэтому в расчете кабельных линий (шланговых и других) небольшой длины и электропроводок величиной x пренебрегают и расчет производится по формуле

$$\Delta U = \sqrt{3} I r_0 \cos \varphi. \quad (12.5)$$

Если задаться допустимой потерей напряжения (5,5..6,5%), необходимое сечение определяют по формуле

$$S = \frac{P l}{\Delta U} \frac{100\,000 \rho}{U_H^2}, \quad (12.6)$$

где S - сечение провода, мм^2 ; ρ - удельное активное сопротивление, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{км}}$
(для алюминия - 28, для меди - 17,5); ΔU - допустимая потеря напряжения, %.

Пример. Определить сечение кабеля для питания башенного крана с суммарной мощностью электродвигателей $P_{\Sigma} = 100$ кВт.

По формуле (12.3) определяем расчетную силу тока линии, принимая

$$U_H = 380 \text{ В}; \eta = 0,82; \cos \varphi = 0,7; k_C = 0,7.$$

$$I_P = \frac{1000 \cdot 100 \cdot 0,7}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,82 \cdot 0,7} = 187,7 \text{ А.}$$

Из условия (12.1) по табл. 12.1 выбираем шланговый кабель с медными жилами марки ГРШ сечением 70 мм^2 с $I_D = 200$ А. Проверку по допустимой потере напряжения для шланговых кабелей не производим.

1. Электроснабжение строительной площадки

12.1 Проектирование временного электроснабжения строительных площадок осуществляется в следующей последовательности: расчет энергетических нагрузок; определение количества и мощности трансформаторных подстанций; размещение трансформаторных подстанций, электротехнических устройств, силовых и осветительных сетей; составление схемы электроснабжения [4, 6].

12.2 На стадии разработки проекта производства работ расчет нагрузок выполняется по установленной мощности электроприемников и коэффициентам спроса с дифференциацией по видам потребителей:

$$P_{\text{обш}} = 1,1 \left(\sum \frac{P_c \cdot k_c}{\cos \varphi} + \sum \frac{P_r \cdot k_r}{\cos \varphi} + \sum P_{\text{ос}} \cdot k_{\text{ос}} + \sum P_{\text{от}} \right) \cdot k_{\text{от}}, \quad (14)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий потери в сети;

P_c – мощность силовых токоприемников (башенные краны, сварочные трансформаторы и др.), кВА;

P_r – мощность, необходимая для технологии выполнения работ (например, прогрев бетона), кВА;

$P_{\text{ос}}$ – мощность, необходимая для освещения внутренних помещений, кВА;

$P_{\text{от}}$ – мощность, необходимая для наружного освещения строительной площадки, кВА;

$k_c, k_r, k_{\text{ос}}, k_{\text{от}}$ – коэффициенты спроса, зависящие от количества одновременных потребителей;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности, зависящий от количества и загрузки силовых потребителей.

12.3 Значения коэффициентов спроса и коэффициентов мощности принимаются согласно таблице 9.

$k_c, k_r, k_{\text{ос}}, k_{\text{от}}$ – коэффициенты спроса, зависящие от количества одновременных потребителей;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности, зависящий от количества и загрузки силовых потребителей.

12.3 Значения коэффициентов спроса и коэффициентов мощности принимаются согласно таблице 9.

Таблица 9 – Значение коэффициентов спроса k_c и мощности $\cos \varphi$

Группа потребителей электроэнергии	k_c	$\cos \varphi$
Башенные краны	$k_c = 0,7$	0,5
Установка электропрогрева	$k_p = 0,5$	0,85
Наружное освещение	$k_{ос} = 1,0$	1,0
Внутреннее освещение	$k_{вс} = 0,8$	1,0

12.4 Для временного электроснабжения строительных площадок используются трансформаторные подстанции двух типов: стационарные и передвижные.

12.5 При питании строительства от сети в 35 кВ и выше понижение напряжения до 6 и 10 кВ осуществляется через главную понизительную подстанцию или через подстанцию глубокого ввода с понизительными трансформаторами с 35 до 0,4 кВ.

12.6 При отсутствии на объекте постоянных источников электроснабжения при наличии низковольтной сети используются инвентарные комплектные трансформаторные подстанции, которые с помощью кабеля или воздушной линии подключаются к источнику высокого напряжения.

12.7 При отсутствии или недостаточности источников электроснабжения и сетей энергосистем используются временные передвижные электростанции:

- до 100 кВт – малой и средней мощности;
- до 1000 кВт – крупные с дизельным двигателем;
- свыше 1000 кВт – энергопоезда с газо- и паротурбинными установками.

12.8 Подсоединение потребителей к трансформаторной подстанции производится через инвентарные вводные ящики на напряжения 380/220 В и 220/127 В.

12.9 Для снижения трудозатрат на временные сети и повышения электробезопасности работ применяются инвентарно-распределительные устройства. Такие устройства особенно эффективны для прогрева бетона, переносного сварочного поста и т.д.

12.10 Трансформаторные подстанции располагаются в центре нагрузок с радиусом обслуживания до 400 – 500 м.

12.11 Сети временного электроснабжения строительных площадок подразделяются по следующим признакам [4, 6]:

- напряжению – высоковольтные (380 В и более) и низковольтные (12 – 36 В);

- назначению – питательные и распределительные;
- характеру потребителей – силовые (380 В) и осветительные (220 В);
- роду тока – переменного и постоянного;
- виду схемы – кольцевые (замкнутые) и радиальные (разомкнутые);
- конструктивному решению – воздушные и кабельные.

12.12 Электрическое освещение строительных площадок и мест производства работ должно отвечать требованиям раздела 2 ГОСТ 12.1.046.

12.13 Электрическое освещение строительных площадок и мест производства работ включает рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное согласно пункту 1.3 ГОСТ 12.1.046.

12.14 Для строительных площадок и участков работ освещенность должна быть равномерной и не менее 2 лк в соответствии с ГОСТ 12.1.046, пункт 1.4.

12.14.1 Расчет прожекторной установки необходимо осуществлять в следующей последовательности:

- установление количества прожекторов;
- определение мест установки прожекторных мачт и прожекторов;
- нахождение высоты угла наклона прожекторов.

Расчет производится на основе нормируемой освещенности в горизонтальной плоскости согласно ГОСТ 12.1.046.

12.14.2 Количество прожекторов n , подлежащих установке на строительной площадке в соответствии с приложением 3 ГОСТ 12.1.046 определяется как

$$n = \frac{m \cdot E_p \cdot S}{P_s}, \quad (15)$$

где m – коэффициент, учитывающий световую отдачу источников света, КПД прожекторов и коэффициент светового потока (см. таблицу 10), лк;

P_s – мощность лампы применяемых типов прожекторов, Вт;

S – освещаемая площадь, м²;

$E_p = K \cdot E_n$ – требуемая освещенность, лк;

E_n – нормируемая освещенность, лк;

k – коэффициент запаса (см. таблицу 11).

Таблица 10 – Ориентировочные значения коэффициента m

Источник света	Тип прожектора или светильника	Ширина освещаемой площади, м	Значения m при расчетной освещенности, лк	
			0,5 – 1,5	2,0 – 30,0
ЛН	ПЭС, ПСМ	75-150	0,90	0,30
		175-300	0,50	0,25
Галогенные ЛН	ПКЕ, ИСУ	75-125	0,30	0,20
		150-350	0,20	0,15
Лампы типа ДРЛ	ПЭС, ПЗМ	75-250	0,25	0,13
		275-350	0,30	0,15
Лампы типа ДРИ	ПЭС, ПСМ	75-150	0,30	0,10
		175-350	0,16	0,06
Ксеноновая лампа ДКсТ-20000	ОУКсН ($H = 30$ м)	150-175	0,75	0,50
		200-350	0,50	0,40
	«Аревик» ($H = 30$ м)	150-175	0,90	0,70
Ксеноновая лампа ДКсТ-10000	СКсН ($H = 20-30$ м)	100-150	0,55	0,45
		175-250	0,40	0,35

Таблица 11 – Значения коэффициента k

Осветительные приборы	Коэффициент k при	
	лампах накаливания	газоразрядных источниках света
Прожекторы и др. световые приборы с усилением силы света 5-кратным и более	1,5	1,7
Светильники	1,3	1,5

12.14.3 Установка источников света производится на стационарных и инвентарных мачтах и опорах, переносных стойках и строительных конструкциях.

12.14.4 Для небольших строительных площадок шириной до 150 м рекомендуются прожекторы с лампами накаливания до 1,5 кВт.

12.14.5 Для строительных площадок шириной до 300 м используются прожекторы с лампами накаливания и осветительные приборы с ксеноновыми лампами.

12.14.6 Для строительных площадок, шириной более 300 м применяются осветительные приборы с галогенными или ксеноновыми лампами большой мощности (10, 20, 50 кВт).

12.14.7 Установка осветительных приборов производится на уровне кровли возводимого здания.

12.14.8 Расстояние между прожекторами не должно превышать высоту их установки больше чем в 4 раза.

12.14.9 Предпочтительно световой поток направлять в трех направлениях, минимально – в двух.

2. Электрическое освещение

Вопросы темы.

1. Основные понятия и единицы измерения (световой поток, сила света, освещённость и светимость, яркость поверхности). Кривая силы света. Нормы освещённости строительных и монтажных работ.
2. Осветительные приборы. Системы и виды освещения.
3. Лампы накаливания. Лампы с галогенным циклом.
4. Газоразрядные лампы. Люминесцентные, компактные люминесцентные лампы. Дуговые ртутные лампы высокого давления. Световая отдача ламп накаливания и люминесцентных ламп.
5. Светодиодные источники света: достоинства и недостатки.
6. Устройство электрического освещения строительных площадок и помещений. Расчёт освещённости методами удельной мощности и коэффициента использования.

1. Основные понятия и единицы измерения

Световой поток

Всякое тело с температурой выше абсолютного нуля излучает в пространство лучистую энергию, которая переносится электромагнитными волнами различной длины. В светотехнике изучают так называемую оптическую область спектра электромагнитных колебаний с длинами волн от 380 до 760 нм. Электромагнитные волны этого диапазона воспринимаются человеческим глазом как свет и называются областью видимых излучений.

Определенной длине волны соответствует и цвет излучения, который с уменьшением длины волны изменяется в следующем порядке: красный, оранжевый, желтый, желто-зеленый, голубой, синий, фиолетовый.

Мощность излучения, оцениваемая по световому ощущению, воспринимаемому глазом человека, называется **световым потоком** Φ . Единицей светового потока является люмен (лм). Например, световой поток лампы накаливания с криптоновым наполнением мощностью 40 Вт и напряжением 220 В составляет 460 лм.

Сила света

Светящаяся точка излучает световой поток в пространство равномерно, однако большинство источников света, применяемых в технике, излучают световой поток в пространство неравномерно — с различной интенсивностью. *Для характеристики плотности светового потока в данном направлении введено понятие **силы света***. Таким образом, сила света J есть производная светового потока по телесному углу, в котором он заключается:

$$J = \frac{d\Phi}{d\omega}, \quad (1)$$

где J – сила света в каком-либо направлении; $d\Phi$ - бесконечно малое значение светового потока, равномерно распределенное в пределах элементарного конуса, с

вершиной у источника света; $d\omega$ - бесконечно малое значение телесного угла конуса.

При равномерном распределении светового потока в пределах сферического конуса конечных размеров при значении телесного угла ω сила света

$$J = \frac{\Phi}{\omega} \quad (2)$$

Единицей телесного угла является стерадиан (ср) — часть поверхности сферы S , площадь которой равна квадрату радиуса данной сферы:

$$\omega = \frac{S}{R^2}; \quad (3)$$

при $S = R^2$ $\omega = \frac{R^2}{R^2} = 1$ ср.

Наибольший телесный угол, охватывающий все пространство вокруг светящейся точки,

$$\omega = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi, \quad (12.4)$$

где $S = 4\pi R^2$ - поверхность шара.

За единицу силы света принята *кандела* (кд, от лат. candela — свеча) — единица силы света, одна из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ). Определена как «сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср». Выбранная частота соответствует длине волны около 555 нм и находится в максимуме чувствительности человеческого глаза. $1 \text{ кд} = 1 \text{ лм} / 1 \text{ ср}$.

Распределение силы света источников света и осветительных приборов принято характеризовать *кривыми силы света* (рис. 12.1).

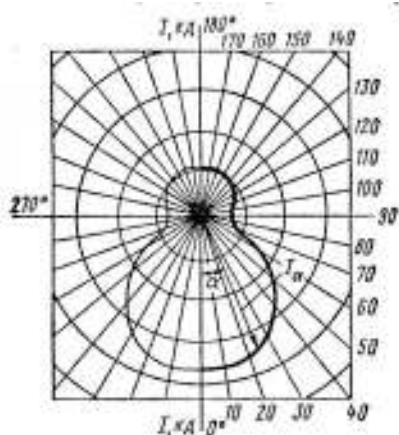


Рис. 1. Кривая силы света светильника

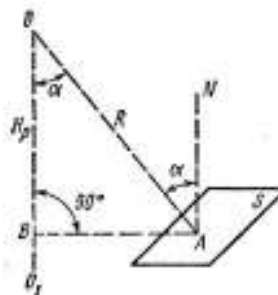


Рис. 2. Схема к расчёту освещённости точки в горизонтальной плоскости

Каждая точка кривой на рис. 1 определяет в выбранном масштабе значение силы света J_α в направлении угла α , отсчитываемого против часовой стрелки от вертикальной оси. Кривые силы света для каждого типа светильника приводятся в заводских каталогах и являются основой светотехнических расчетов.

Кривая силы света светильника обычно симметрична относительно вертикальной оси. В таких случаях левую часть кривой не показывают, а ограничиваются изображением её правой части в углах от 0 до 180° (показана жирной линией). Кривые силы света для лучшего сравнения светильников между собой строят для условной лампы со световым потоком 1000 лм.

Освещенность и светимость

Интенсивность освещения той или иной площадки (той или иной точки) определяется величиной освещённости – световым потоком, падающим на какую либо освещаемую поверхность.

Отношением светового потока Φ к площади освещаемой поверхности S называется **освещённостью** E .

При неравномерном распределении светового потока по поверхности

$$E = \frac{d\Phi}{dS}. \quad (5)$$

При равномерном распределении светового потока

$$E = \frac{\Phi}{S}. \quad (6)$$

За единицу освещённости принят **люкс (лк)**, т. е. освещённость поверхности в 1 м², на которую падает равномерно распределенный световой поток в 1 лм.

Для выполнения точных работ в механических мастерских по нормам необходима освещённость в 100 – 150 лк, для чтения – освещённость порядка 75 лк.

Строительными нормами и правилами (СНиП) установлены минимальные величины освещённости, необходимые для тех или иных производственных, служебных и бытовых помещений, и разработаны нормы электрического освещения строительных и монтажных работ (табл. 1).

Участки территории и рабочие операции	Освещённость E , лк
Железнодорожные пути на территории строительства	0,5
Территория стройплощадки в районе проведения работ	2
Автомобильные дороги на территории строительства с интенсивным движением	3
Крановые и такелажные работы	10
Монтаж строительных конструкций	25
Бетонирование	25
Опоряджувальні роботи	50
Сборка и монтаж оборудования и строительных механизмов	50

Таблица 1. Нормы освещённости строительных и монтажных работ

Пользуясь формулами (2), (3), (6), можно вывести соотношение между силой света и освещенностью. Освещенность в какой-либо точке горизонтальной поверхности (рис. 2)

$$E = \frac{J_{\alpha} \cos \alpha}{R^2}, \quad (7)$$

где J_{α} - сила света источника света в направлении рассматриваемой точки; R - расстояние от источника света до рассматриваемой точки; α - угол между нормалью к поверхности S и направлением силы света.

Из приведенных выражений вытекает основной закон светотехники: *освещенность данной точки поверхности, расположенной под углом к падающему световому потоку, прямо пропорциональна силе света в направлении к ней и косинусу угла между падающим лучом и нормалью к освещаемой поверхности и обратно пропорциональна квадрату расстояния освещаемой точки от источника света.*

Чаще при расчетах освещенности от точечных источников пользуются расчетной высотой подвеса светильника над освещаемой точкой H_p . В этом случае выражение (7) приобретает вид

$$E = \frac{J_{\alpha} \cos^2 \alpha}{H_p^2}. \quad (8)$$

Светимость M в отличие от освещенности, характеризующей поверхностную плотность светового потока, падающего на поверхность, оценивает плотность светового потока, излучаемого светящей поверхностью. Светимость выражается в лм/м².

Если бы существовали поверхности, полностью отражающие или пропускающие световой поток, то освещенность и светимость были бы равны. Практически все поверхности отражают или пропускают только часть падающего светового потока, что характеризуется коэффициентами *отражения* ρ или *пропускания* τ , зависящими от физических свойств и состояния поверхностей материалов.

Поэтому $M = \rho E$, $M = \tau E$.

При падении света на поверхность некоторая часть светового потока поглощается, что характеризуется коэффициентом поглощения, зависящим от физических свойств материала.

Яркость поверхности

Яркость поверхности L представляет собой отношение силы света в данном направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную заданному направлению:

$$L = \frac{dJ_{\alpha}}{dS \cos \alpha}. \quad (9)$$

Для равномерно светящейся поверхности яркость в любом направлении

$$L = \frac{J_{\alpha}}{S \cos \alpha}. \quad (10)$$

За единицу яркости принимают $\text{кд}/\text{м}^2$, численно равную 1 кд с 1 м^2 проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную заданному направлению.

Как уже отмечалось, проходя через тело или отражаясь от него, свет в той или другой степени рассеивается в пространстве. Если свет рассеивается таким образом, что поверхность приобретает одинаковую яркость во всех направлениях, то такое отражение или пропускание называется *диффузным*. К диффузно отражающим свет материалам относятся мел, гипс и т. д.; к частично диффузно отражающим — бумага, матовая поверхность дерева; к диффузно пропускающим свет — молочное, силикатное или органическое стекло, некоторые пленки и т. д.

При диффузном отражении или диффузном пропускании соотношения между яркостью, светимостью и освещенностью выражаются следующим образом:

$$L = \frac{E \rho}{\pi} = \frac{M}{\pi}$$
$$L = \frac{E \tau}{\pi} = \frac{M}{\pi}.$$

$$\text{Поток } \Phi = LS\pi.$$

2. Осветительные приборы. Системы и виды освещения

Любой источник света излучает световой поток в пространстве относительно равномерно. Однако для рационального освещения помещения или рабочей поверхности необходимо перераспределить световой поток определенным образом. Это достигается путем помещения источника света в специальное устройство — арматуру. *Совокупность источника света и арматуры называется осветительным прибором*. Осветительные приборы ближнего действия называются *светильниками*, дальнего — *прожекторами*.

Кроме перераспределения светового потока осветительная арматура служит для защиты источника света от механических повреждений, предохраняет зрение от чрезмерной яркости источника света, защищает внутренние полости светильника от пыли, влаги и т. д. Она служит также для крепления источника света и подводящих проводов. Светильники и прожекторы выбирают по каталогам в зависимости от светотехнических требований и условий окружающей среды.

Различают следующие системы освещения: общее, местное, комбинированное. Общее предназначено для освещения всего помещения или его части. При одинаковой освещенности всего помещения оно будет равномерным. Если освещенность отдельных зон помещения разная, то общее освещение локализовано по зонам.

Общее равномерное применяют в помещениях с однотипными условиями зрительной работы, например в школьных классах, детских комнатах и т. д. Это достигается равномерным размещением светильников в помещении. Локализованное общее применяют в помещениях, где для отдельных участков или зон необходима

повышенная освещенность. В таких зонах размещается большее число светильников на единицу площади, иногда с более мощными лампами, чем в других зонах. Местное освещение служит для освещения отдельных рабочих мест, например в читальных залах, в квартирах жилых домов и т. д. В этих случаях светильники (настольные лампы, бра, торшеры и т. д.) устанавливают непосредственно у рабочих мест. К системе местного освещения относятся переносные светильники для ремонтных работ. Правила и нормы не разрешают применять в служебных помещениях только местное освещение ввиду резкого контраста между освещенной рабочей поверхностью и темным окружающим пространством. Комбинированное освещение представляет собой сочетание общего и местного.

По видам освещение делится на рабочее, аварийное и эвакуационное. *Рабочее* освещение предназначается для трудовой деятельности людей. *Аварийное* устраивают там, где погасание рабочего освещения влечет за собой прекращение работы ответственных механизмов или может привести к взрывам, пожарам и несчастным случаям с людьми; для аварийного освещения устраивают отдельное питание. *Эвакуационное* должно обеспечить необходимые условия для безопасности выхода людей при погасании рабочего освещения. Оно требуется в производственных помещениях с числом работающих более 50, в зрительных залах и аудиториях с одновременным пребыванием более 100 человек, на лестничных клетках жилых зданий высотой более 5 этажей, и детских садах и яслях независимо от числа детей, в коридорах, рекреациях и на лестницах школ, административных зданий, гостиниц и в других случаях.

3. Лампы накаливания

Они относятся к наиболее распространенным источникам света. В этих лампах электрический ток, проходя через нить из тугоплавкого материала (вольфрам, тантал), нагревает ее до температуры порядка 2500—2700°С. При этой температуре нить накала излучает световую энергию, которая, действуя на органы зрения, вызывает ощущение белого света.



Рис. 3. Лампа накаливания

Для предохранения нити от окисления и испарения из колбы лампы тщательно откачивают воздух, после этого колбы заполняют инертными газами, их смесями, например аргоноазотной или криптоксеноновой.

Основными показателями ламп накаливания являются их номинальное эксплуатационное напряжение, потребляемая мощность, световая отдача и средний срок службы. Они довольно чувствительны к отклонениям напряжения, причем при его снижении резко уменьшается световой поток лампы, а при увеличении сокращается срок службы. Согласно ГОСТу, срок службы ламп накаливания общего назначения 1000 ч.

Лампы накаливания имеют небольшую полезную мощность видимого излучения (около 3—3,5%) и потому относятся к неэкономичным источникам света. Но благодаря своей простоте, дешевизне и удобству эксплуатации они широко распространены. Отношение излучаемого лампой светового потока $\Phi_{л}$ к потребляемой электрической мощности $P_{л}$ называется ее *световой отдачей*:

$$\psi = \frac{\Phi_{л}}{P_{л}}. \quad (11)$$

Световая отдача современных ламп накаливания колеблется от 7 до 19 лм/Вт.

Существенным прогрессом в развитии ламп накаливания является использование в них йодного цикла. В лампах специальной конструкции введено определенное количество йода, атомы которого под воздействием высокой температуры образуют соединения с частицами вольфрама — иодид вольфрама. Это соединение в зоне высоких температур (вблизи нити накала) снова распадается на йод и вольфрам. Вольфрам оседает на нити накала, а йод диффундирует к стенкам колбы, и цикл повторяется вновь.

Основными достоинствами ламп накаливания с йодным циклом являются их большая светоотдача при меньших габаритах и увеличенный срок службы. Дальнейшее усовершенствование ламп накаливания позволило вводить в колбу не только йод, но и фтор, бром, хлор, действие которых аналогично. Такие лампы называются лампами с *галогенным циклом*.

4. Газоразрядные лампы

В этих лампах видимое излучение происходит в результате электрического разряда в газах или парах металлов. Однако эти источники света создают излучения различных цветов и применяются главным образом для рекламы («неоновые огни»), но непригодны для электрического освещения. Приемлемое решение удалось найти при сочетании разряда в парах ртути со специальными порошкообразными составами — люминофорами, которыми покрывают поверхность колбы лампы. В таких лампах используют явление люминесценции, при котором излучение газового разряда преобразуется с помощью указанных светосоставов в видимое излучение любой цветности.

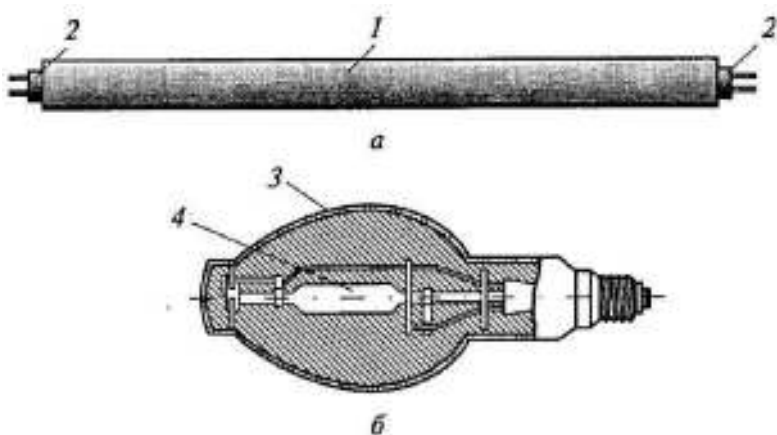


Рис. 4. Газоразрядные лампы: а) люминесцентная; б) дуговая ртутная лампа высокого давления

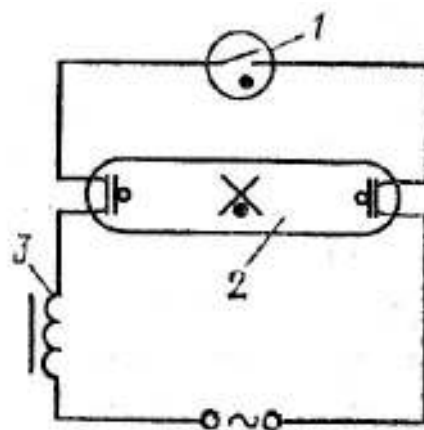


Рис. 5. Схема включения люминесцентной лампы

Такие лампы, *ртутные лампы низкого давления*, называются *люминесцентными* (рис. 4, а) и благодаря высокой светоотдаче (до 80 лм/Вт) и длительному сроку службы (до 10 000 ч) их широко применяют для освещения гражданских и промышленных зданий. В СССР изготавливали люминесцентные лампы, различающиеся по цветности излучаемого светового потока: белого света (ЛБ), холодно-белого света (ЛХБ), тепло-белого света (ЛТБ), дневного света (ЛД) и дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ и ЛЕ). Выпускаются они мощностью 15, 20, 30, 40, 65, 80, 125 Вт.

Люминесцентная лампа представляет собой стеклянную трубку (1) с впаянными в торцы-цоколи (2) электродами, на внутреннюю поверхность которой нанесен тонкий слой люминофора. Внутри трубки после откачки воздуха вводятся дозированная капля ртути и незначительное количество газа аргона. Чтобы лампа начала работать, необходимо предварительно разогреть ее электроды, после чего под действием приложенного напряжения возникает газовый разряд.

Для освещения производственных помещений и наружного применяют *дуговые ртутные люминесцентные лампы высокого давления* типа ДРЛ (рис. 4, б). Лампы ДРЛ имеют цоколь и ввинчиваются в патроны. Их выпускают мощностью 250, 500, 750 и 1000 Вт. Эти лампы называются лампами высокого давления, так как давление паров ртути в них доходит до 0,5—1 МПа, в отличие от описанных люминесцентных ламп низкого давления, в которых давление не превышает 400 Па. В отличие от люминесцентной лампы в лампе ДРЛ электрический разряд происходит не во всей колбе (3), а в маленькой трубке («пальнике», 4) из кварцевого стекла, прозрачного для ультрафиолетовых лучей. Под влиянием ультрафиолетового излучения пальника специальный люминофор, нанесенный на внутреннюю поверхность колбы, даёт яркое, слегка зеленоватое свечение, близкое к белому.

Люминесцентные лампы – как обычные, низкого давления. так и ДРЛ подключают к электрической сети по специальной схеме, которая показана на рис. 5. Как видно из рисунка, стартер 1, представляющий собой неоновую лампочку с одним подвижным биметаллическим электродом, включен параллельно лампе 2. При подаче напряжения в стартере зажигается тлеющий разряд, энергии которого достаточно для разогрева биметаллического электрода стартера. Электрод изгибается под влиянием нагрева и замыкает электрическую цепь. Ток начинает протекать через электроды люминесцентной лампы и замкнутый контакт стартера.

При этом происходит разогрев электродов до 800-900°C. Так как при замкнутых контактах стартера тлеющий разряд прекращается, происходит охлаждение биметаллического контакта и он вновь, изгибаясь, размыкает электрическую цепь. В этот момент благодаря наличию дросселя Z и возникает импульс повышенного напряжения, достаточного для зажигания газового разряда при разогретых электродах, и люминесцентная лампа начинает светиться. Стартер при этом зажечься не может, так как напряжение на нем становится недостаточным для его зажигания.

Существует большое количество схем включения люминесцентных ламп со стартерами и без них. Аппараты, с помощью которых осуществляется зажигание, называются пускорегулирующими (ПРА).

Компактная люминесцентная лампа (КЛЛ) — люминесцентная лампа, имеющая изогнутую форму колбы, что позволяет разместить лампу в светильнике меньших размеров. Такие лампы нередко имеют встроенный электронный «дроссель». Компактные люминесцентные лампы разработаны для применения в конкретных специфических типах светильников, либо для замены ламп накаливания в обычных.

Часто компактные люминесцентные лампы называют энергосберегающими лампами, что не совсем точно, поскольку существуют энергосберегающие лампы и на других физических принципах, например светодиодные. Впервые появились на рынке в конце 1980-х. Цоколи ламп E14, E27 и E40 имеют резьбу диаметром 14 мм, 27 мм и 40 мм соответственно, что позволяет производить монтаж в стандартные бытовые и промышленные патроны (E14 для патрона «миньон», E27 для стандартного бытового патрона и E40 для стандартного промышленного патрона).



Рис. 6. Компактная люминесцентная лампа с цоколем E27



Рис. 7. Пускорегулирующий аппарат (ПРА) компактной люминесцентной лампы

В целом, типичная люминесцентная лампа со встроенным ПРА по габаритам крупнее лампы накаливания на тот же световой поток, поэтому такая замена возможна не для всех светильников. Лампы под такой патрон выпускаются как с открытой трубкой, так и с рассеивателем.

Сравнение потребляемой мощности КЛЛ и ЛН представлено в таблице 2.

Мощность КЛЛ, Вт	Мощность ЛН, Вт	Световой поток, Лм
5	25	250
8	40	400
12	60	630
15	75	900
20	100	1200
24	120	1500
30	150	1900

Таблица 2. Сравнительная таблица энергоэффективности компактных люминесцентных ламп (КЛЛ) и ламп накаливания (ЛН)

5. Светодиодные источники света

Светодиодные лампы или светодиодные светильники в качестве источника света используют светодиоды, применяются для бытового, промышленного и уличного освещения. Светодиодная лампа является одним из самых экологически чистых источников света. Принцип свечения светодиодов позволяет использовать в производстве и работе самой лампы безопасные компоненты. Светодиодные лампы не содержат ртути, поэтому они не представляют опасности в случае выхода из строя или разрушения.

Светодиодные источники света в основном используются для направленного или местного освещения по причине особенностей полупроводникового излучателя светить преимущественно в одном направлении. Преимущество светодиодного светильника — низкое энергопотребление, долгий срок службы от 30000 до 50000 и более часов, простота установки, более низкая температура корпуса по сравнению с лампой накаливания, имеющей сравнимую яркость.



Рис. 8. Светодиодная лампа.

6. Оборудование электрического освещения на строительных площадках и внутри помещений

Внешнее освещение территории строительных площадок осуществляется в основном прожекторами заливающего света. Прожекторы (главным образом, типа ПЗС-35 – зеркальный отражатель выполнен из стекла или ПЗМ-45, зеркальный отражатель выполнен из алюминиевого листа) устанавливают группами по 3...4 и больше на мачтах, высота которых зависит от силы света и мощности прожекторов: чем большая сила света прожектора, тем выше он должен быть установлен.

Оптическая ось прожектора устанавливается почти горизонтально - под углом 8...15° вниз по горизонтали. Практически принимается следующая минимальная высота установки прожекторов над уровнем земли: ПЗС-45 с лампой 1000 Вт - 21 м, ПЗС-35 с лампой 500 Вт - 13 м.

Освещение дорог, которые не попадают в зону, освещенную прожекторами, осуществляется светильниками с арматурами внешнего освещения СПО или «Универсаль» с лампами мощностью 200...300 Вт. Светильники подвешивают на кронштейнах к опорам (столбам) питающей их воздушной линии на высоте около 6 м от земли и на расстоянии 25...35 м друг от друга. Для этой же цели, а также и для освещения отдельных площадок территории строительства с успехом могут применяться светильники с более экономическими ртутными лампами типа ДРЛ.

Общее освещение производственных предприятий строительства осуществляется или лампами накаливания, или люминесцентными лампами с помощью светильников. Для сухих производственных помещений применяют светильники «Universal», кольцевые ПМ-1 с лампами накаливания или светильники типов ОД и ОДР с люминесцентными лампами. Сырые и пыльные помещения освещают уплотнёнными светильниками типа ПУ или РН с лампами накаливания; могут применяться также светильники «Universal». Светильники подвешивают обычно на высоте 2,5...3,5 м над рабочими поверхностями, расстояние между ними принимают приблизительно равной удвоенной высоте подвеса.



Рис. 9. Прожектор ПЗС-35М



Рис. 10. Прожектор ПЗМ-45



Рис. 11. Светильник «Universal-236» для люминесцентных ламп Т8

В условиях строительства в ряде случаев (при отсутствии проекта электрического освещения) может случиться необходимость определения количества и мощности осветительных приборов - прожекторов или светильников - для создания необходимой по нормам освещенности на той или иной площадке территории строительства или в любом помещении. Для этих целей наиболее удобен простой метод расчетов, который называется **методом удельной мощности**.

Расчёт освещённости стройплощадки методом удельной мощности

Рассмотрим порядок расчетов внешнего прожекторного освещения по этому методу. Данные по нормам освещения, которыми необходимо руководствоваться при расчетах, приведены в табл. 1.

Количество прожекторов, необходимое для освещения заданной площади, по методу удельной мощности определяют по формуле

$$N = \frac{\omega ES}{P} \quad (12)$$

где ω - удельная мощность ламп прожекторов, которая приходится на 1 м² освещаемой площади и 1 лк освещенности (ее нужно принимать: для прожекторов ПЗС-35 – равной 0,25-0,4 Вт/(м²·лк), а для прожекторов ПЗС-45 - равной 0,2-0,3 Вт/(м²·лк));

E - освещенность, лк (см. табл. 1);

S - площадь, которая подлежит освещению, м²;

P - мощность лампы прожектора, Вт.

Пример 1. Необходимо просветить прожекторами строительная площадка размером 205 x 100 м.

По данным табл. 1 нужно принять освещенность (E) площадки на уровне земли равной 2 лк.

Тип прожекторов принимаем ПЗС-35 с лампой 500 Вт.

Находим освещаемую площадь: $S = 205 \times 100 = 20500$ м².

Удельную мощность прожекторов ω принимаем равной 0,30 Вт/(м²·лк).

Определяем количество прожекторов по формуле (12):

$$N = \frac{\omega ES}{P} = \frac{0,3 \cdot 2 \cdot 20000}{500} = 24 \text{ шт.}$$

Надо установить 24 прожектора на шести мачтах высотой порядка 13 м, разместив мачты по контуру площадки.

Расчет освещенности помещения методом коэффициента использования

Этот метод применяют для расчета освещенности при общем освещении закрытых помещений. Ход расчета следующий:

1. Определяют индекс помещения, зависящий от его геометрических размеров:

$$i = \frac{S}{H_p(A+B)} \cdot \frac{AB}{H_p(A+B)}, \quad (13)$$

где i - индекс помещения; S - его площадь, м²; H_p - высота подвеса светового центра светильника над расчетной поверхностью, м; A, B — длина и ширина помещения, м.

2. В зависимости от коэффициентов отражения потолка $\rho_{п}$, стен $\rho_{с}$ и расчетной поверхности $\rho_{р}$ по специальным таблицам для принятого типа светильника принимают коэффициент использования светового потока u_0 .

В табл. 3 приведены наиболее характерные значения коэффициентов отражения.

Коэффициенты использования для различных типов светильников даны в справочниках.

Характеристика отражающих поверхностей	Коэффициент отражения, %
Побеленные потолок	70
стены с окнами, чистый бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонные стены с окнами, стены, оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолки в пыльных помещениях, стены с темными обоями, сплошное остекление, полы темных цветов	10

Таблица 2

3. Определяют требуемый световой поток в зависимости от значения наименьшей освещенности по нормам:

$$\Phi = \frac{E_H SK_3 Z}{u_0}, \quad (14)$$

где E_H - наименьшая освещенность по нормам, лк; K_3 - коэффициент запаса, учитывающий постепенное запыление поверхности ламп и светильников и старение ламп (для нормальных помещений принимается 1,3 для светильников с лампами накаливания и 1,5 для светильников с люминесцентными лампами); Z - коэффициент неравномерности, равный отношению средней освещенности к минимальной, приблизительно может быть принят 1,15-1,2; u_0 - коэффициент использования в долях единицы.

4. Для принятого количества светильников и ламп определяют требуемый поток одной лампы $\Phi_{л}$ (лм):

$$\Phi_{л} = \frac{\Phi}{n}, \quad (15)$$

где n - число ламп.

5. Принимают по ГОСТу лампу с ближайшим к расчетному световым потоком. Из выражения (15) можно определить n , если задана лампа с потоком $\Phi_{л}$.

Пример. В помещении размером 12x5 м необходимо создать освещенность $E_H = 300$ лк. Для этого используют двухламповые светильники типа ЛПОО2 с люминесцентными лампами ЛБ 40 Вт, закрепленные на высоте 3 м над расчетной плоскостью. Коэффициент запаса $K_3 = 1,5$. Напряжение сети 220 В. Определить число светильников и мощность осветительной установки. Потери мощности в ПРА

принять равными 25% от номинальной мощности ламп. Коэффициент отражения (%): $\rho_{\Gamma} = 70$; $\rho_C = 50$; $\rho_P = 10$, коэффициент неравномерности $Z = 1,2$.

1. Определяем индекс помещения по формуле (13): $i = \frac{12 \cdot 5}{3 \cdot (12 + 5)} = 1,18$.

2. Для принятого типа светильника ЛПО02-2Х40 по справочным таблицам принимаем коэффициент использования (с интерполяцией) $u_0 = 41\% = 0,41$.

3. По выражению (14) находим требуемый световой поток всех ламп:
$$\Phi = \frac{300 \cdot 60 \cdot 1,5 \cdot 1,2}{0,41} = 79000 \text{ лм.}$$

4. Лампа ЛБ мощностью 40 Вт по ГОСТу имеет номинальный световой поток $\Phi_{\Gamma} = 3000$ лм. Из выражения (15) определяем требуемое число ламп: $n = \frac{79000}{3000} = 26,3 \approx$

26 ламп. Принимаем 13 светильников ЛПО02 с двумя лампами ЛБ 40 Вт.

5. Мощность осветительной установки с учетом потерь в ПРА (25%) $P_0 = 1,25 \cdot 26 \cdot 40 = 1300$ Вт.

Тема 13. Электропрогрев бетона и электрооттаивание грунта

1. Электропрогрев бетона

Существует несколько методов электротермообработки бетона.

Электродный: *сквозной* — электроды помещаются вертикально в толщу бетона. Применяется для сборных и монолитных фундаментов, стен, блоков; *периферийный* — электроды закрепляются в опалубке в специальных щитах или термоактивном слое опилок, смоченных раствором хлористого натрия (NaCl). Применяется для одностороннего прогрева конструкций толщиной более 20 см или двустороннего — до 20 см.

Индукционный — изделие помещается в переменное магнитное поле, образованное электрической обмоткой, и нагревается вихревыми токами. Применяется при прогреве сборных и монолитных конструкций: колонн, балок, рам, стволов, труб и т.д.

Инфракрасный прогрев высокотемпературными нагревателями с помощью ламп накаливания, трубчатых, проволочных и других нагревателей. Применяется для прогрева монолитных конструкций сложной конфигурации и при сушке изделий.

Косвенный прогрев низкотемпературными нагревателями с помощью трубчатых, плоских, струнных и других нагревателей, вмонтированных в опалубку или маты. Применяется для всех видов изделий.

Инфракрасный прогрев в камерах с излучательными поверхностями. Применяется при изготовлении плит и панелей.

Электропрогрев бетонной смеси вне формы, при котором смесь в горячем состоянии укладывается в форму. Применяется для возведения монолитных конструкций и при изготовлении изделий в заводских условиях.

Прогрев электродным способом может производиться только переменным током, так как постоянный ток вызывает необратимые химические реакции, изменяющие структуру бетона. Сопротивление бетона зависит от его удельного сопротивления, поверхности соприкосновения с бетоном и расстояния между электродами. Электропроводность бетона, зависящая от содержания в нем влаги, по мере твердения бетона уменьшается. Для поддержания расчетного тепловыделения в бетон вводятся различные примеси - $CaCl$, $NaCl$, ускоряющие твердение и уменьшающие сопротивление бетона.

Применяемые при прогреве электроды подразделяются на пластинчатые, полосовые, стержневые и струнные (рис. 14.1). Для первых двух видов применяется кровельная сталь, для других — прутки диаметром 5... 12 мм. Пластинчатые электроды имеют вид пластин, целиком или частично закрывающих противоположные плоскости по толщине изделия. Струнные электроды закрепляются вдоль оси длинномерных конструкций. Расстояния между электродами берутся в соответствии с рис. 14.1.

Особенно важным является электропрогрев в зимнее время. Замерзание бетона в процессе твердения снижает его прочность, причем тем больше, чем раньше он был заморожен. По достижении бетоном 50...60% прочности замораживание не влияет на конечную прочность бетона. Исходя из этого выбирают режим прогрева.

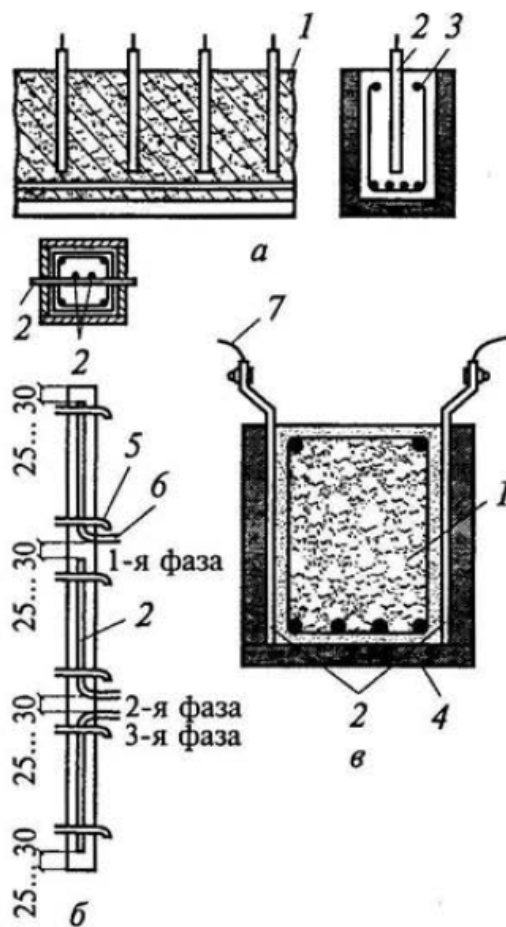


Рис. 14.1. Электродный метод электропрогрева бетона:

а – при помощи стержневых электродов; б – струнных; в – пластинчатых; 1 – бетон; 2 – электроды; 3 – арматура; 4 – опалубка; 5 – крюки; 6 – выходы электродов для присоединения к питающей сети; 7 – провод

Длительный режим применяется для массивных конструкций, ускоренный режим - для облегченных конструкций, промежуточный режим - для остальных конструкций. Кроме того, возможен ступенчатый режим с несколькими изотермическими ступенями (применяется для монолитных и сборных предварительно нагруженных конструкций), режим «изотермический пригрев и остывание», при котором прогрев осуществляется по методу электроразогрева вне формы (применяется для монолитных конструкций), саморегулирующийся режим с постоянным напряжением тока пригрева (для массивных конструкций), импульсный режим с попеременным отключением тока. Максимальная температура процесса ограничивается предельно допустимой для определенной марки бетона (обычно 40...80°С).

Электропрогрев бетона производится при помощи специальных трехфазных трансформаторов с масляным охлаждением с изменением напряжения ступенями.

Наряду с трехфазными могут быть использованы однофазные, в том числе сварочные, трансформаторы, подключаемые трехфазными группами. Сварочные трансформаторы рассчитаны на повторно- кратковременный режим, и их непрерывная нагрузка при прогреве должна составлять 60...70% номинальной.

Электропроводку от понизительных трансформаторов до места электропрогрева выполняют только изолированными проводами с креплением на деревянных опорах, на изоляторах или специальных переносных опорах в виде козел. Во избежание потерь в линиях трансформаторы должны располагаться как можно ближе к электродам в месте прогрева бетона. Контакты соединительных проводов с электродами и с другими проводами обеспечиваются с помощью болтов или съемных зажимов.

Перед включением вторичной сети трансформатор проверяют в режиме холостого хода, при этом проверяют также возможность регулировки вторичного напряжения. Во время работы следует следить с помощью амперметров или измерительных клещей за равномерной нагрузкой на фазах.

По мере твердения бетона его сопротивление уменьшается. Для поддержания тока следует увеличить напряжение на выходе трансформатора.

Измерение температуры бетона при электропрогреве производят термометрами в скважинах, заранее заготовленных, не менее трех в каждом конструктивном элементе. В первые 5...6 ч температуру измеряют через каждый час, в последующие 18 ч — через 2 ч и в остальное время - 2 раза в смену.

Для электропрогрева бетона, кирпичной кладки, оштукатуренных поверхностей используются внешние источники тепла.

Электропрогрев изделий с использованием внешних источников тепла, в отличие от электродного прогрева, происходит за счет тепла, которое выделяется вне конструкции и передается бетону через промежуточные материалы (опилки, воду, воздух, пар, металлические стенки) или же за счет лучеиспускания. Так как внешний электропрогрев ниже электродного, он применяется только для изделий сложной конфигурации.

Прогрев бетона электрическими печами сопротивления. В электрических печах сопротивления, применяемых для косвенного прогрева бетона, нагревательным элементом служит нихромовая или фехрелевая проволока. Простейшая отражательная печь, предназначенная для электропрогрева бетонных и железобетонных изделий небольшой толщины, представляет собой деревянный желоб параболической формы из шпунтованных досок толщиной 40 мм.

Для прямого электропрогрева используют инвентарные электрощиты. Электрощит представляет собой раму из уголков, внутри которой на стальном листе толщиной 1 мм по слою тонкой изоляции уложена нагревательная стальная или нихромовая проволока. Сверху проволока изолирована листовым асбестом и слоем минеральной ваты толщиной 20...30 мм, защищенным листом кровельного железа. При прогреве несколько таких щитов включаются последовательно. Температура бетона регулируется включением в цепь разного числа электрощитов.

Для прогрева железобетонных труб и колец используют цилиндрические печи с нагревательной спиралью, намотанной на кусок асбоцементной трубы.

Электропрогрев при помощи термоактивного слоя. Прогреваемую конструкцию покрывают слоем опилок, смоченных для повышения электропроводности слабым раствором соли (3... 5 %). В опилки закладывают электроды из круглой или полосовой стали, включаемые в сеть. При включении тока опилки нагреваются и тепло передается конструкции. Для увеличения электропроводности опилок их после засыпки слегка прессуют. Температура опилок поддерживается на уровне 80...90°C. Необходимая мощность в период подъема температуры 7...8 кВт на 1 м³ бетона, а расход электроэнергии на прогрев такого же объема бетона достигает 120..160 кВт*ч.

Прогрев при помощи термоформ с нагревательными элементами. При электропрогреве сборных железобетонных изделий применяют панели из токопроводящей резины. Электропроводность такой резины создается за счет большого содержания в ней сажи. Нагревательные панели имеют средний токопроводящий слой толщиной 2 мм, в который заделаны электроды из латунной сетки или полосы, и два наружных слоя из обычной резины толщиной 0,5 мм. Важным преимуществом этого способа является герметизация изделия в процессе его прогрева, исключая испарение влаги из бетона.

Электропропаривание. Паровая среда в пропарочной камере создается с помощью электрических нагревательных элементов-спиралей или электродов, установленных в нижней части камеры. Мощность нагревательных устройств определяется из расчета 7...8 кВт на 1 м³ прогреваемых изделий. К нагревателям подается сетевое напряжение. Для ускорения нагрева изделия рекомендуется применять вместо воды 0,5 %-ный раствор поваренной соли. Способ электропропаривания железобетонных изделий применяется для изделий сложной конфигурации.

Электропрогрев инфракрасными лучами. При инфракрасном прогреве, в отличие от других способов внешнего обогрева бетона, обеспечивается непосредственная передача тепловой энергии от источника излучения к нагреваемому изделию. В качестве источников инфракрасного излучения используются лампы накаливания типа ЗН мощностью 300 и 500 Вт при напряжении 127 и 220 В. Применяются также обычные лампы накаливания мощностью 200.. .500 Вт.

Мощность, необходимая для электропрогрева бетона, являющаяся одним из основных факторов, определяющих выбор электрооборудования и расчет питающей сети, зависит от модуля поверхности прогреваемой конструкции, температуры прогрева, температуры наружного воздуха, начальной температуры бетона, конструкции опалубки, эффективности утепления и особенно от скорости разогрева бетона.

В качестве источников питания для электропрогрева применяют, как правило, трансформаторы. При электротермообработке бетона для поддержания заданного режима применяют трансформаторы со ступенчатым регулированием напряжения, автотрансформаторы и индукционные регуляторы. Трансформаторы выбирают по мощности и напряжению.

Выпускается комплектная трансформаторная подстанция наружной установки КТП-ОБ-63У1, предназначенная для электропрогрева грунта и бетона. В КТП установлен трансформатор ТМОБ-63 номинальной мощностью 63 кВ*А.

Ориентировочный расчет расхода электроэнергии (W) и требуемой мощности (P) для электропрогрева бетона производится соответственно по формулам:

$$W = W_{уд} V ; P = \rho V \quad (14.1)$$

где $W_{уд}$ - удельный расход электроэнергии, кВт*ч/м³; ρ - удельная мощность на 1 м³ бетона, кВт/м³; V - объем бетона, м³.

Удельный расход электроэнергии $W_{уд}$ (кВт*ч/м³) при прогревании бетона различными способами:

Электродный способ прогрева80... 120
 Индукционный120... 150

Инфракрасный100...200

Таблица 14.1

Удельная мощность для электропрогрева бетонных конструкций, кВт/м³

Температура воздуха, °С	Температура прогрева, °С	
	40	80
0	7,7...9,3/15,6... 18	8,3... 10,4/16,2... 19,2
-5	8,2... 10,1/16,1... 18,9	8,7... 11,2/16,6... 20
-30	8,6... 10,9/16,5... 19,7	9,1... 12/15... 25

Примечание. До черты указаны пределы удельной мощности при скорости повышения температуры при нагреве 10°С/ч, после черты — 20°С/ч.

2. Электропрогрев грунта

Электропрогрев грунтов применяют в тех районах, в которых имеется свободная электрическая мощность (например, вблизи мощных гидроэлектростанций).

Существует несколько способов электропрогрева грунтов, из которых наиболее удобным, дешевым и безопасным является электродный способ с непосредственным подключением установок электропрогрева к существующим электросетям напряжением до 380 В.

Электродный способ заключается в том, что через грунт пропускается электрический ток напряжением 220 или 380 В. Электропроводность грунта зависит от степени его влажности, состояния и температуры, наличия в грунте растворов солей, кислот, от строения грунта и т.п. Сложность строения грунта и происходящие в нем физические явления и изменения, связанные с тепловыми процессами, значительно влияют на его электрическое сопротивление.

Поверхность прогреваемого участка грунта засыпается на 15.. 25 см слоем опилок, смоченных водным раствором соли (поваренной, хлористого кальция) или соляной кислоты, имеющими назначение первоначально проводить ток и утеплять грунт; даже при напряжении 380 В ток практически не проходит через мерзлый грунт.

При электропрогреве грунта горизонтальными электродами (рис. 14.2, а) тепло передается грунту главным образом от нагревающегося слоя опилок, а участие самого грунта в цепи тока относительно небольшое. Только незначительный верхний слой грунта, прилегающий к электродам, включается в электроцепь и является сопротивлением, в котором выделяется тепло.

Горизонтальные электроды применяются при отогреве фунта на небольшую (до 0,5...0,7 м) глубину, а также в тех случаях, когда вертикальные электроды неприменимы вследствие малой электропроводности грунта или невозможности забивки их в грунт, смешанный, например, с щебнем.

Отогрев вертикальными электродами (рис. 14.2, б) более эффективен и применяется при глубине мерзлого грунта более 0,7 м, а также при малом контакте между горизонтальными электродами и грунтом. В твердые грунты (глинистые и песчаные с влажностью более 15...20%) электроды забиваются на глубину 20...25 см, а

затем осаживаются по мере оттаивания грунта. При оттаивании на глубину 1,5 м рекомендуется иметь два комплекта электродов — коротких и длинных. По мере оттаивания грунта короткие электроды заменяются длинными. Отогрев грунта на глубину 2 м и более следует производить ступенями с периодическим удалением оттаявших слоев (при выключенном токе).

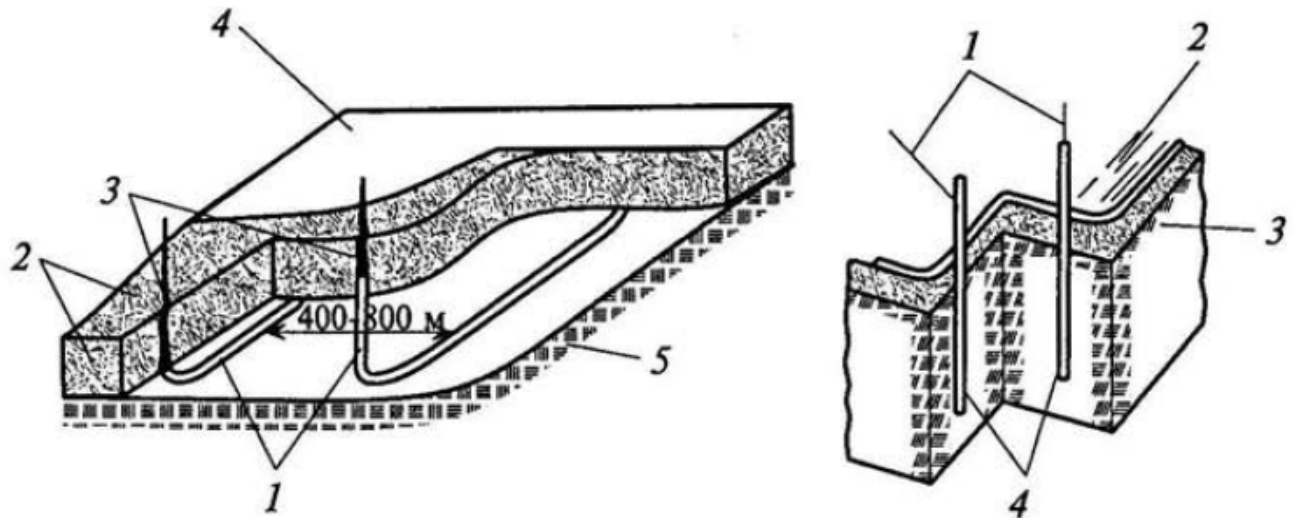


Рис. 14.2. Электропрогрев грунта: а — горизонтальными электродами: 1 — электроды; 2 — опилки, смоченные раствором соли; 3 — подводка электроэнергии; 4 — верхнее утепление (толь, маты и т.п.); 5 — грунт; б — вертикальными электродами: 1 — подвод электроэнергии; 2 — опилки с утеплителем; 3 — грунт; 4 — электроды

При вертикальных электродах грунт засыпается опилками, которые сначала служат побудителем к прогреву верхнего слоя грунта. По мере оттаивания слои грунта включаются в цепь, после чего опилки только уменьшают теплопотери оттаиваемого грунта. Вместо опилок побудителем могут служить бороздки, пробитые зубилом между всеми электродами на глубину 6 см и залитые раствором соли. При покрытии поверхности отогреваемого грунта слоем сухих опилок, как показывает практика, устройство бороздок дает очень хорошие результаты.

В целях экономии электроэнергии и максимального использования мощности средняя положительная температура прогреваемого грунта не должна превышать 2...5°C, в отдельных точках - 15...20°C; прогрев следует вести участками с перерывами в питании их током.

Требуемая мощность и расход энергии при температуре грунта 15°C в среднем на каждый кубический метр составляют 3,5 кВт при расходе электроэнергии 30 кВт*ч.

Тема 14. Электрооборудование сварочных установок

1. Виды электрической сварки

Сваркой называется процесс получения неразъемного соединения материалов путем местного нагрева свариваемых кромок деталей до пластического или расплавленного состояния.

Прочность сварного соединения обеспечивается атомными или молекулярными связями. Важное значение имеет при этом взаимная диффузия атомов свариваемых материалов.

Современная сварочная техника располагает большим разнообразием способов сварки. Наибольшее распространение получила электрическая дуговая сварка, при которой местный нагрев свариваемых кромок осуществляется теплом электрической дуги.

Электродуговая сварка, при которой расплавление металла свариваемых кромок деталей и электрода (или присадочного металла) производится за счет тепла, выделяемого электрической дугой, выполняется *вручную, полуавтоматически и автоматически*.

Ручная дуговая сварка может производиться двумя способами: *способом Бенардоса и способом Славянова*.

Сварку способом Бенардоса осуществляют следующим образом. Свариваемые кромки изделия приводят в соприкосновение. Между неплавящимся электродом (угольным, графитовым или вольфрамовым) и изделием возбуждают электрическую дугу. Кромки изделия и вводимый в зону дуги присадочный материал нагревают до плавления и получают ванночку расплавленного металла. После затвердевания ванночки образуется сварной шов. Данный способ используется, как правило, при сварке цветных металлов или их сплавов, а также при наплавке твердых сплавов.

Сварку способом Славянова выполняют с помощью плавящегося электрода. Электрическая дуга возбуждается между металлическим (плавящимся) электродом и свариваемыми кромками изделия. Получается общая ванна расплавленного металла, которая, охлаждаясь, образует сварной шов.

Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом осуществляется путем механизации основных движений, выполняемых сварщиком, — подачи электрода вдоль его оси в зону дуги и перемещения его вдоль свариваемого шва.

При полуавтоматической сварке механизирована подача электрода вдоль его оси в зону дуги, а перемещение электрода вдоль свариваемого шва производит сварщик вручную. При автоматической сварке механизированы все операции, необходимые для процесса сварки.

Расплавленный металл защищен от воздействия кислорода и азота воздуха специальным гранулированным флюсом. Высокая производительность и хорошее качество швов обеспечили широкое применение автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом.

Электрическая контактная сварка производится при помощи тепла, выделяемого током при прохождении через свариваемые кромки изделия. При этом в месте соприкосновения кромок выделяется наибольшее количество тепла, разогревающее их до сварочного состояния. Завершается сварка последующим сдавливанием свариваемых кромок.

2. Основные требования к источникам питания сварочной дуги

Электродуговая сварка начинается с короткого замыкания сварочной цепи — контакта между электродом и деталью. При этом происходит выделение теплоты и быстрое разогревание места контакта. Эта начальная стадия требует повышенного напряжения сварочного тока.

В процессе сварки при переходе каплевого электрода металла в сварочную ванну происходят очень частые короткие замыкания сварочной цепи. Вместе с этим изменяется длина сварочной дуги. При каждом коротком замыкании напряжение тока падает до нулевого значения. Для последующего восстановления дуги необходимо напряжение порядка 25...30 В. Такое напряжение должно быть обеспечено за время не более 0,05 с, чтобы поддержать горение дуги в период между короткими замыканиями.

Следует учесть, что при коротких замыканиях сварочной цепи развиваются большие токи (токи короткого замыкания), которые могут вызвать перегрев в проводке и обмотках источника тока. Эти условия процесса сварки в основном и определили требования, предъявляемые к источникам питания сварочной дуги. Для обеспечения устойчивого процесса сварки источники питания дуги должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Напряжение холостого хода должно быть достаточным для легкого возбуждения дуги и в то же время не должно превышать нормы техники безопасности. Для однопостовых сварочных генераторов напряжение холостого хода не должно быть более 80 В, а для многопостовых — не более 60 В. Для сварочных трансформаторов установлено наибольшее допустимое напряжение 70 В при сварочной силе тока более 200 А и напряжение 100 В при сварочной силе тока менее 100 А.

2. Напряжение горения дуги (рабочее напряжение) должно быстро устанавливаться и изменяться в зависимости от длины дуги, обеспечивая устойчивое горение сварочной дуги. С увеличением длины дуги напряжение должно быстро возрастать, а с уменьшением — быстро падать. Время восстановления рабочего напряжения от 0 до 30 В после каждого короткого замыкания (при капельном переносе металла от электрода к свариваемой детали) должно быть менее 0,05 с.

3. Значение силы тока короткого замыкания не должно превышать сварочное значение силы тока более чем на 40...50%. При этом источник тока должен выдерживать продолжительные короткие замыкания сварочной цепи. Это условие необходимо для предохранения обмоток источника тока от перегрева и повреждения.

4. Мощность источника тока должна быть достаточной для выполнения сварочных работ.

Кроме того, необходимы устройства, позволяющие регулировать значение сварочной силы тока в требуемых пределах. Сварочное оборудование должно отвечать требованиям ГОСТов.

3. Сварочные преобразователи постоянного тока

Сварочные преобразователи постоянного тока подразделяют на следующие группы:

- По количеству питаемых постов — однопостовые, предназначенные для питания одной сварочной дуги; многопостовые, питающие одновременно несколько сварочных дуг.
- По способу установки — стационарные, устанавливаемые неподвижно на фундаментах; передвижные, монтируемые на тележках.

- По роду двигателей, приводящих генератор во вращение, — машины с электрическим приводом; машины с двигателем внутреннего сгорания (бензиновым или дизельным).
- По способу выполнения — однокорпусные, в которых генератор и двигатель вмонтированы в единый корпус; отдельные, в которых генератор и двигатель установлены на единой раме, а привод осуществляется через специальную соединительную муфту.

Наибольшее распространение в строительстве получили однопостовые генераторы с расщепленными полюсами, работающие по принципу использования магнитного потока якоря для получения падающей внешней характеристики. Увеличивая или уменьшая реостатом силу тока возбуждения в обмотке поперечных полюсов, изменяют магнитный поток, тем самым изменяются напряжение тока генератора и величина сварочного тока.

Кроме генераторов с размагничивающим действием реакции якоря применяют сварочные генераторы, у которых падающая внешняя характеристика и ограничение величины силы тока короткого замыкания обеспечивается размагничивающим действием последовательной обмотки возбуждения, включенной в сварочную цепь.

В последнее время большое применение в сварочном производстве получили выпрямительные сварочные установки. Они преобразуют переменный ток в постоянный при помощи селеновых, германиевых или кремниевых выпрямителей.

Выпрямительные установки имеют более высокий КПД. Кроме того, следует отметить такие важные преимущества их, как отсутствие вращающихся частей, малую массу, небольшие габариты и дешевизна. Важным преимуществом являются также их высокие динамические свойства вследствие меньшей электромагнитной инерции. Сила тока и напряжение при изменении режима работы сварочной цепи изменяются практически мгновенно. Используемая трехфазная мостовая система выпрямления обеспечивает меньшую пульсацию выпрямленного тока и более равномерную нагрузку фаз силовой сети переменного тока.

4. Сварочные аппараты переменного тока

Применяемые на заводах и на строительно-монтажных площадках сварочные аппараты переменного тока подразделяют на четыре основные группы:

1. С отдельным дросселем типа СТЭ.
2. Со встроенным дросселем типа СТН и ТСД.
3. С подвижным магнитным шунтом типа СТАН.
4. С увеличенным магнитным рассеянием и подвижной обмоткой типа ТС и ТСК.

Эти группы отличаются по конструкции и по электрической схеме. Сварочные аппараты состоят из понижающего трансформатора и специального устройства. Трансформатор обеспечивает питание дуги переменным током напряжением 60...70 В, а специальное устройство служит для создания падающей внешней характеристики и регулирования величины сварочного тока.

Рассмотрим принцип работы сварочных аппаратов переменного тока на примере *сварочных аппаратов с отдельным дросселем* (рис. 13.1), состоящих из понижающего трансформатора и дросселя.

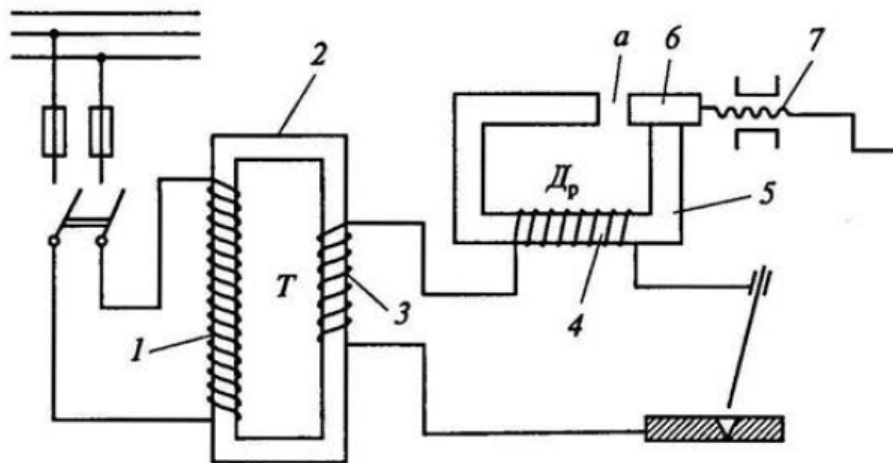


Рис. 13.1. Схема сварочного трансформатора с отдельным дросселем:
 1, 3 — соответственно первичная и вторичная обмотки; 2 - сердечник; 4 — обмотка дросселя D_p ; 5, 6 — соответственно неподвижная и подвижная части сердечника; 7 — винтовое приспособление; a — зазор

Трансформатор T имеет сердечник (магнитопровод) 2 из штампованных пластин, изготовленных из тонкой трансформаторной стали толщиной 0,5 мм. На сердечнике расположены первичная 1 и вторичная 3 обмотки. Первичная обмотка из изолированной проволоки подключается к сети переменного тока напряжением 220 или 380 В. Во вторичной обмотке, изготовленной из медной шины, индуцируется ток напряжением 60...70 В. Небольшое магнитное рассеивание и малое омическое сопротивление обмоток обеспечивают незначительное внутреннее падение напряжения и высокий КПД трансформатора. Последовательно вторичной обмотке в сварочную цепь включена обмотка 4 дросселя D_p (регулятора тока). Сердечник (магнитопровод) дросселя набран из пластин тонкой трансформаторной стали и состоит из двух частей: неподвижной 5, на которой расположена обмотка дросселя, и подвижной 6, перемещаемой с помощью винтового приспособления 7.

Дроссель предназначен для регулирования сварочной силы тока и создания падающей внешней характеристики трансформатора на дуге. При возбуждении дуги (при коротком замыкании) большой ток, проходя через обмотку дросселя, создает мощный магнитный поток, наводящий ЭДС дросселя, направленную против напряжения трансформатора. Вторичное напряжение, развиваемое трансформатором, полностью поглощается падением напряжения в дросселе. Напряжение в сварочной цепи почти достигает нулевого значения.

При возникновении дуги сварочная сила тока уменьшается; вслед за этим уменьшается ЭДС самоиндукции дросселя, направленная против напряжения трансформатора, и в сварочной цепи устанавливается рабочее напряжение, необходимое для устойчивого горения дуги, меньшее, чем напряжение холостого хода. Изменяя величину зазора a между неподвижным и подвижным магнитопроводом, изменяют индуктивное сопротивление дросселя и тем самым силу тока в сварочной цепи. При увеличении зазора магнитное сопротивление магнитопровода дросселя увеличивается, магнитный поток ослабевает, уменьшается ЭДС самоиндукции катушки и ее индуктивное сопротивление. Это приводит к возрастанию сварочной силы тока. При уменьшении зазора сварочная сила тока уменьшается.

По этой схеме изготовлены и эксплуатируются сварочные трансформаторы типа СТЭ. Такие трансформаторы широко применяются на строительномонтажных площадках, на заводах и при сварке магистральных трубопроводов.

5. Электробезопасность сварочных работ

При исправном состоянии оборудования и правильном выполнении сварочных работ возможность поражения током исключается. Однако в практике поражения электрическим током происходят вследствие неисправности сварочного оборудования или сети заземления, неправильного подключения сварочного оборудования к сети, неправильного ведения сварочных работ.

В этих случаях поражение от электрического тока происходит при прикосновении к токонесущим частям электропроводки и сварочной аппаратуры. Величина силы тока, проходящей через организм человека, зависит от его электрического сопротивления. Это сопротивление определяется не только условиями труда, но и состоянием здоровья человека. Опасность поражения сварщика и подсобных рабочих током особенно велика при сварке крупногабаритных резервуаров, во время работы внутри емкостей лежа или полулежа на металлических частях свариваемого изделия или при выполнении наружных работ в сырую погоду, в сырых помещениях, котлованах, колодцах и др.

Поэтому сварочные работы должны выполняться при соблюдении основных условий безопасности труда. Корпус сварочного агрегата или трансформатора должен быть заземлен. Заземление осуществляется, как правило, с помощью медного провода, один конец которого закрепляется к корпусу сварочного генератора или трансформатора к специальному болту с надписью «земля», а второй конец присоединяется к заземляющей шине. Заземление передвижных сварочных аппаратов и генераторов производится до их включения в силовую сеть, а снятие заземления — только после отключения от силовой сети. При наружных работах сварочные агрегаты и трансформаторы должны находиться под навесом, в палатке или в будке для предохранения от дождя и снега. При невозможности соблюдения таких условий сварочные работы во время дождя или снегопада не производят, а сварочную аппаратуру укрывают от воздействия влаги.

Для подключения сварочных аппаратов к сети должны использоваться настенные ящики с рубильниками, предохранителями и зажимами. Вводы и выходы должны иметь втулки или воронки, предохраняющие провода от перегибов, а изоляцию от порчи. Все сварочные провода должны иметь исправную изоляцию и соответствовать применяемым токам. Например, для сварочной цепи при сварочной силе тока 100 А необходимо применять провода марки ПР или ПРГ сечением не менее 10 мм², при силе тока до 300 А сечение должно быть не менее 50 мм², а при силе тока 600 А — 100 мм². Применение оголенных проводов и проводов с ветхой и растрепанной изоляцией запрещается. При работах внутри резервуара или при сварке сложной металлической конструкции к сварщику назначают дежурного наблюдателя, который должен обеспечить безопасность работ и при необходимости оказать первую помощь.

Тема 15. Электробезопасность в строительстве

1. Действие электрического тока на организм человека. Напряжение прикосновения и его допустимые значения.

При прохождении электрического тока через организм человека в первую очередь поражается центральная нервная система, в результате чего нарушается работа сердечной мышцы и органов дыхания. Степень поражения зависит от силы и частоты тока, а также от пути прохождения тока через организм человека. При прочих равных условиях наибольшее физиологическое воздействие на организм человека оказывают токи частотой 50 - 60 Гц. Что касается силы тока, то неприятные ощущения возникают уже при токах в несколько миллиампер. При токе 25 мА (0,025 А) наступает судорожное сокращение мышц и человек оказывается не в состоянии самостоятельно разжать пальцы и освободиться от провода, находящегося под током. При токе 100 мА (0,1 А) практически мгновенно наступает паралич дыхания и сердца. Правилами техники безопасности за безусловно опасный принят ток 50 мА (0,05 А).

Постоянный ток примерно в 4-5 раз безопаснее переменного при напряжениях до 250-300 В. При более высоких напряжениях постоянный ток оказывается опаснее переменного.

Различают несколько степеней тяжести электротравм при электрическом ударе:

- 1) электротравма I степени – судорожное сокращение мышц без потери сознания;
- 2) электротравма II степени – судорожное сокращение мышц с потерей сознания;
- 3) электротравма III степени – потеря сознания и нарушение функций сердечной деятельности и/или дыхания;
- 4) электротравма IV степени – клиническая смерть.

Значительным электрическим сопротивлением обладает только поверхностный слой кожи человека. Это сопротивление зависит от многих причин (влажности кожи, степени расширения кожных капилляров и др.) и колеблется в широких пределах - от 800 до 100 000 Ом. Сопротивление резко снижается, например, при употреблении алкоголя. Если принять сопротивление тела человека равным 1000 Ом, то опасным будет ток при напряжении $U = I \cdot R_{\text{чел}} = 0,05 \cdot 1000 = 50 \text{ В}$.

При этом источник должен отдавать мощность $P = UI = 50 \cdot 0,05 = 2,5 \text{ Вт}$.

Если мощность источника значительно меньше указанной цифры, то высокие напряжения не приводят к общему поражению организма человека, но вызывают неприятные ощущения.

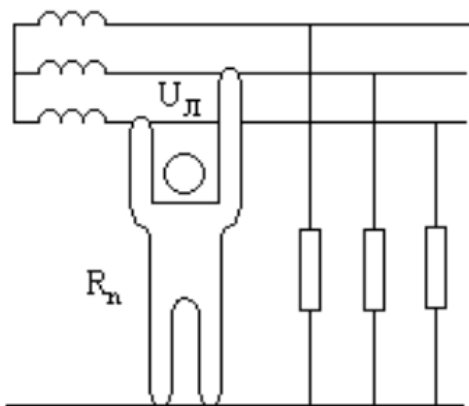
При неисправности изоляции токонесущих частей электротехнических установок неизолированные металлические конструкции могут оказаться под напряжением. Под напряжением окажется и человек, коснувшийся такой металлической конструкции. Назовем это напряжение напряжением прикосновения $U_{\text{пр}}$.

Правила техники безопасности считают опасными для человека следующие напряжения прикосновения: в сухом помещении $U_{\text{пр}} = 65 \text{ В}$; в сырых помещениях с относительной влажностью 75% и токопроводящими полами $U_{\text{пр}} = 36 \text{ В}$; в особо опасных помещениях (металлические кабины, котлы, помещения с относительной влажностью 100%) $U_{\text{пр}} = 12 \text{ В}$.

При погружении в воду сопротивление тела человека значительно снижается вследствие увеличения поверхности соприкосновения тела с проводящей средой и уменьшения удельного сопротивления кожи, поэтому даже сравнительно невысокие напряжения могут оказаться смертельно опасными. По этой причине, в частности, в ванных комнатах не устанавливают розеток электропитания и выключателей, а осветительные приборы закрывают прозрачными колпаками.

2. Защитное заземление трёхпроводных цепей трёхфазного тока

Поражение электрическим током происходит при замыкании электрической цепи через тело человека. Двухфазным прикосновением называют тот случай, когда человек касается двух проводов, а *однофазным* - когда человек касается одного провода, имея при этом контакт с землей.



При двухфазном прикосновении на тело человека подается линейное напряжение $U_{\text{л}}$, и через него протекает большой ток. Если считать, что среднее сопротивление тела человека $R = 1000 \text{ Ом}$, то идущий через него ток равен:

$$I = \frac{U_{\text{л}}}{R} = \frac{380 \text{ В}}{1000 \text{ Ом}} = 0,38 \text{ А} = 380 \text{ мА}.$$

Этот ток **смертельно опасен!**

Рис. 18.1. Двухфазное прикосновение

Далее рассмотрим однофазные прикосновения.

Вследствие того, что сопротивление изоляции $R_{\text{из}}$ проводов электрической сети ограничено (не бесконечно велико), между линейными проводами существуют токи утечки $I_{\text{у}}$, которые замыкаются через землю. На рис. 18.2 распределенное по длине провода сопротивление изоляции для наглядности условно изображено сосредоточенным.

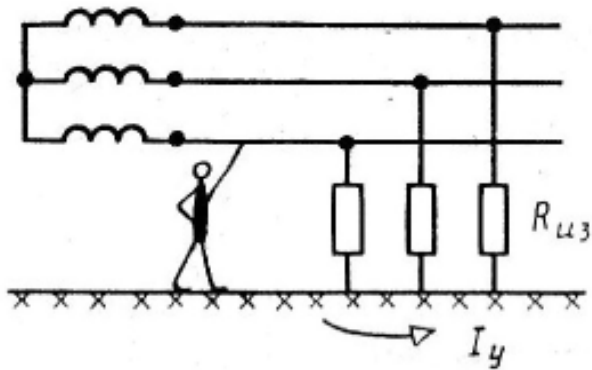


Рис. 18.2. Токи утечки в трехпроводной трехфазной линии

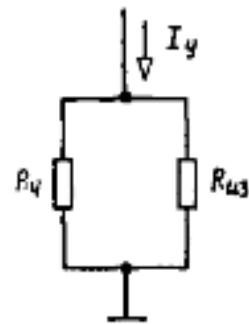


Рис. 18.3. Параллельное соединение сопротивлений изоляции и тела человека

Если человек, стоящий на земле, коснется даже одного оголенного провода линии, то он окажется в опасности, так как почти весь ток утечки пройдет через его тело, а ток утечки в мощных энергосистемах обычно превышает опасное значение 50 мА.

Действительно, согласно рис. 18.3, ток утечки распределяется между параллельными ветвями $R_ч$ и $R_{ИЗ}$, а так как $R_{ИЗ} \gg R_ч$, то практически весь ток утечки пойдет через человека.

Конечно, случаи, когда стоящий на земле человек касается оголенного провода энергосистемы, редки и должны быть исключены совсем. Для этого токоведущие части электроустановок закрываются кожухами, применяются ограждения и блокировки, автоматически отключающие напряжение, когда человек входит внутрь ограждений. В местах опасности вывешиваются таблицы и плакаты. Обслуживающий персонал проходит курс техники безопасности, инструктируется, снабжается резиновыми перчатками, ботами, изолирующими ковриками и подставками.

Опасность прохождения через тело человека токов утечки возникает в тех случаях, когда вследствие повреждения изоляции под током оказываются металлические части и станины машин, не соединенные с токоведущими деталями.

Для обеспечения безопасности в этом случае применяется **защитное заземление** металлических частей электротехнических установок, не находящихся под напряжением. Заземление осуществляется с помощью стальных труб, полос, уголков, которые закладываются в почве на достаточной глубине и соединяются с заземляемыми деталями стальными полосами (шинами). Такое защитное заземление показано на рис. 18.4.

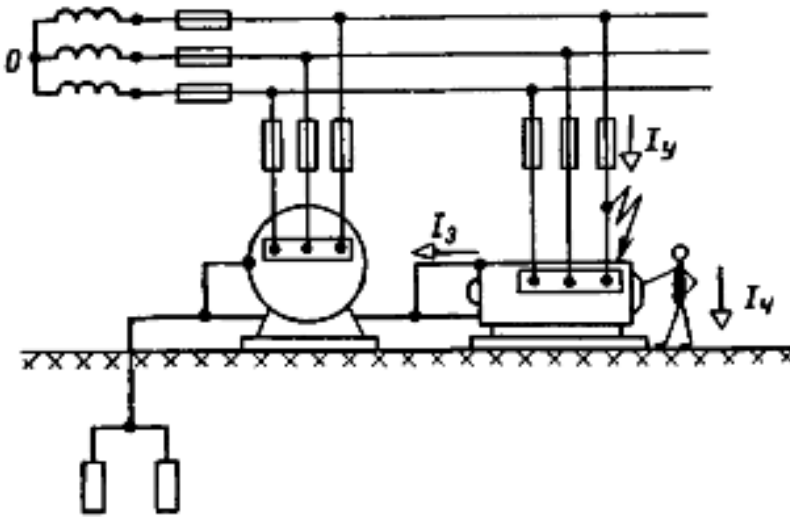


Рис. 18.4. Схема защитного заземления в трёхпроводной линии

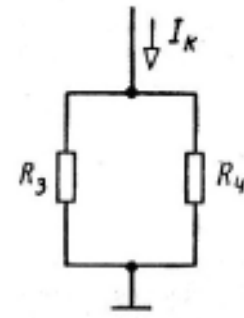


Рис. 18.5. Распределение тока утечки между телом человека и заземлителем

Если произойдет повреждение изоляции и корпус двигателя окажется соединенным с проводом сети, то человеку, прикоснувшемуся к заземленному двигателю, не угрожает опасность.

Действительно, в этом случае ток утечки распределяется между параллельными ветвями $R_ч$ и $R_з$ (рис. 18.5).

Так как сопротивление человека значительно больше, чем сопротивление заземлителя, то почти весь ток утечки пройдет через заземлитель.

Это справедливо, если заземлитель правильно рассчитан и тщательно выполнен. При повышенном сопротивлении заземлителя опасность поражения человека токами утечки остается.

3. Защитное заземление четырёхпроводных цепей трёхфазного тока

В рассмотренных ранее трехпроводных линиях при пробое изоляции и соединении одного из линейных проводов с корпусом двигателя защита из плавких предохранителей не срабатывает, так как токи утечки недостаточны для перегорания плавкой вставки. Чтобы срабатывала защита, можно было бы точку O (см. рис. 18.4) заземлить, как это показано пунктиром на рис. 18.6. Тогда при пробое изоляции возникало бы короткое замыкание фазы на землю и плавкая вставка перегорела бы. Но такое заземление нулевой точки в трехпроводной сети недопустимо, так как прикосновение человека к корпусу поврежденного двигателя было бы смертельно опасным.

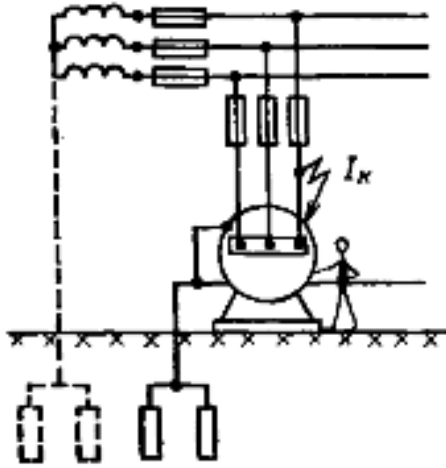


Рис. 18.6. Заземление нулевой точки в трёхпроводной линии

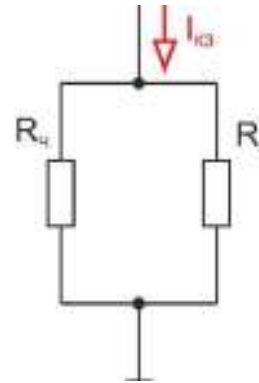


Рис. 18.7. Распределение тока короткого замыкания между телом человека и заземлителем

В этом случае через параллельно соединенные заземлитель и тело человека будет проходить уже не ток утечки, а ток короткого замыкания (рис. 18.7), и, несмотря на то что сопротивление заземлителя много меньше, чем сопротивление человека $R_з \ll R_ч$, относительно небольшая часть тока короткого замыкания, проходящая через человека, в абсолютном значении может значительно превышать опасный ток 50 мА.

Иначе обстоит дело в четырехпроводных цепях трехфазного тока. Здесь можно построить такую систему защиты, которая надежно срабатывала бы при каждом пробое изоляции и попадании напряжения на корпус двигателя. *Для этого достаточно корпус двигателя и другие металлические части электротехнических установок, нормально не находящиеся под напряжением, надежно соединить с помощью стальных полос или проводов с нулевым проводом*, как показано на рис. 18.8. Теперь пробой изоляции приводит к короткому замыканию фазы генератора. Соответствующая плавкая вставка в течение долей секунды перегорает и отключает от сети поврежденный участок.

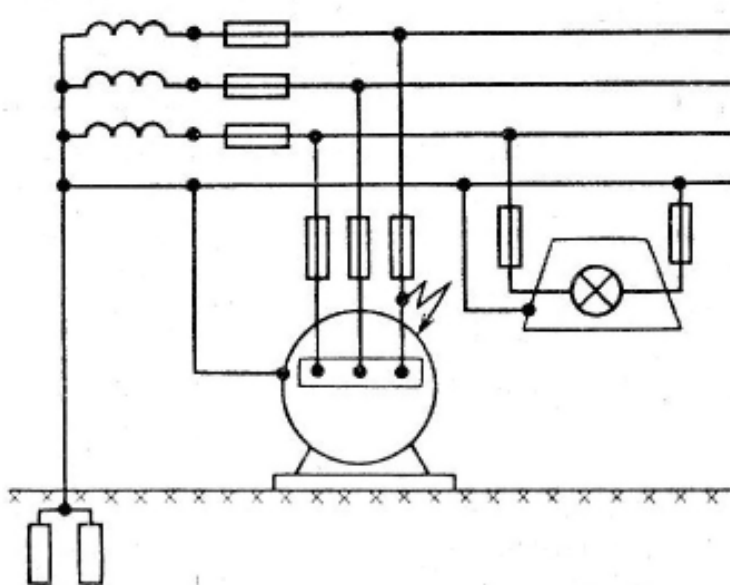


Рис. 18.8. Схема защитного заземления (зануления) в четырехпроводной линии

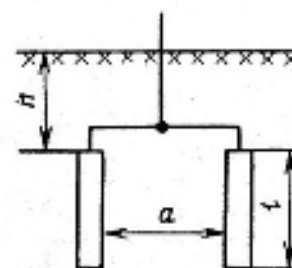


Рис. 18.9. Схема заземлителя

Такое соединение металлических частей электротехнических установок с нулевым проводом иногда называют *занулением*.

Для перегорания плавкой вставки нужно некоторое время. В течение этого времени человек, прикоснувшийся к поврежденному двигателю, будет соединен с линейным проводом и через его тело пройдет ток утечки. Чтобы защитить человека от тока утечки, корпус двигателя (и все металлические части электротехнических установок, не находящиеся под напряжением) нужно заземлить. Однако проще заземлить сам нулевой провод, так как все металлические части уже соединены с ним, и тогда нет необходимости тянуть дополнительные шины к электротехническим установкам. Полученная схема (рис. 18.8) получила широкое распространение. Ее называют четырехпроводной сетью с заземленной нейтралью.

Категорически запрещается в четырехпроводной сети трехфазного тока с заземлением нейтралью заземлять корпуса электротехнических установок, не соединив эти корпуса с нулевым проводом. Если нарушить этот запрет, получим опасную схему, изображенную рис. 18.6.

При выборе схемы заземления прежде всего следует оценить возможности использования в качестве заземлителей близко расположенных металлических конструкций: каркасов зданий, водопроводных труб, отопительных систем и др. В электрических сетях напряжением до 1000 В общее сопротивление заземлителей не должно превышать 4 Ом при мощности сети 100 кВт и более и 10 Ом при мощности сети менее 100 кВт.

Если естественные заземлители отсутствуют или имеют сопротивление больше указанных значений, устанавливают искусственные заземлители, в качестве которых применяют:

1. Вертикально погруженные в почву стальные трубы длиной 3 м, с толщиной стенок 3,5 мм и диаметром 50 мм.

2. Угловую сталь или стальные полосы толщиной 4 мм и площадью поперечного сечения не менее 48 мм², расположенные вертикально или горизонтально. Наименьшее количество заземлителей — два. Расстояние a между заземлителями не менее половины их длины, глубина погружения h не менее трети длины / заземлителя (рис. 18.9).

4. Оказание первой помощи пораженному электрическим током

Современная медицина располагает многочисленными средствами оказания помощи пораженным электрическим током, но всем, кто работает с электрическими установками, необходимо знать, как быстро оказать пострадавшему первую доврачебную помощь.

Прежде всего нужно освободить пострадавшего от действия тока, так как даже находящийся в сознании пострадавший из-за непроизвольного сокращения мышц, возможно, не сможет разжать руку с зажатым в ней проводом. Необходимо отключить установку рубильником, снятием или вывертыванием предохранителей. Если такой возможности нет, нужно перерубить отдельно каждый провод или накоротко замкнуть и заземлить провода электроустановки.

Если нельзя быстро отключить электроустановку, пострадавшего необходимо отделить от токоведущих частей. При этом оказывающий помощь должен соблюдать необходимые меры предосторожности, чтобы самому не оказаться под напряжением. Если одежда пострадавшего сухая, то отделить его от токоведущих частей можно за одежду, действуя при этом одной рукой и держа вторую руку за спиной или в кармане (иначе руки могут одновременно прикоснуться к двум точкам с разными потенциалами). Если одежда пострадавшего влажная, то на него следует накинуть резиновый коврик или сухую ткань, а затем освободить от действия тока. В таких случаях оказывающий помощь должен использовать резиновую обувь, диэлектрические перчатки, изолирующие подставки или сухие доски.

Меры первой доврачебной помощи зависят от состояния пострадавшего. Если пострадавший находится в сознании, но был в обмороке или продолжительное время находился под действием тока, то до прибытия врача его следует удобно уложить, расстегнуть одежду и обеспечить полный покой. Если невозможно быстро вызвать врача, пострадавшего необходимо срочно доставить в лечебное учреждение.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, но его дыхание и пульс устойчивы, то в ожидании врача его следует удобно уложить, расстегнуть одежду и пояс и обеспечить приток свежего воздуха. Следует попытаться привести его в сознание, давая нюхать нашатырный спирт и обрызгивая лицо холодной водой (не изо рта).

Если пострадавший не проявляет признаков жизни (отсутствуют дыхание и сердцебиение, зрачки расширены и не реагируют на свет), то в ожидании врача нужно немедленно приступить к искусственному дыханию и массажу сердца. В этом случае пострадавшего нужно положить на горизонтальную поверхность, расстегнуть одежду, запрокинуть голову, при необходимости с помощью платка или марли осво-

бодить полость рта от слизи и крови, а затем через марлю или носовой платок провести искусственное дыхание способом «изо рта в рот». Оказывающий помощь при этом с силой вдыхает воздух в рот пострадавшего, а затем дает ему возможность пассивного выхода. При каждом вдувании грудная клетка пострадавшего должна расширяться. Одновременно с искусственным дыханием целесообразно проводить массаж сердца. Для этого оказывающий помощь накладывает обе руки на область, расположенную на два пальца выше мягкого конца грудины, и быстрым толчком руками нажимает на грудину так, чтобы ее конец сместился вниз на 3-4 см, повторяя толчки через 1 с и чередуя искусственное дыхание с надавливанием на грудную клетку (после двух глубоких вдуваний в рот (рис. 18.10, а) - 15 надавливаний на грудную клетку (рис. 18.10, б) с частотой 1 раз в секунду). Искусственное дыхание и массаж сердца нужно проводить до возвращения сознания, признаками которого являются восстановление регулярного пульса, сужение зрачков с реакцией на свет и попытка пошевелить конечностями. Этот процесс может быть длительным, но не нужно терять надежду вернуть пострадавшему жизнь.

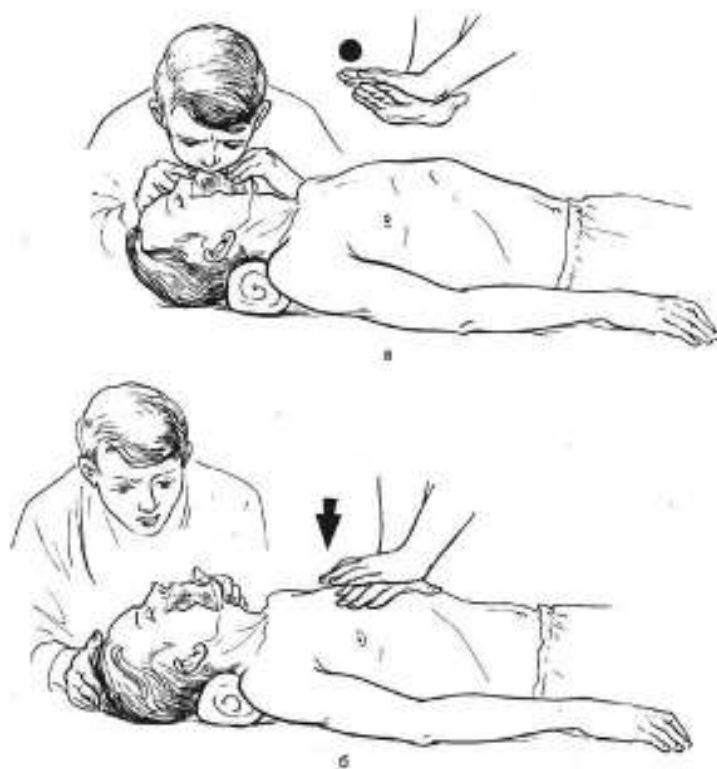


Рис. 18.10. Искусственное дыхание (а) и массаж сердца (б).