



**ПРОМЫШЛЕННОСТЬ - СЕЛУ**

*Серия основана в 1981 году*

**БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА**

**Выпуск 610**

*Основана в 1959 году*

**Е.Н. Андриевский**

# **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**



**МОСКВА  
ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ  
1988**

## Предисловие

В программе экономического и социального развития нашей страны, дальнейшего совершенствования работы всех отраслей народного хозяйства одно из важных мест принадлежит развитию сельского хозяйства, решению продовольственной программы. Здесь особую роль играет электрификация сельскохозяйственного производства. Без решения этой задачи на современном этапе невозможно механизировать и автоматизировать технологические процессы, поднять производительность труда и благоустроить быт сельских тружеников.

Перед сельскими энергетиками стоят задачи дальнейшего повышения надежности, обеспечения бесперебойного электроснабжения объектов сельского хозяйства. В первую очередь это достигается обеспечением резервного питания электроэнергией потребителей и внедрением автоматизации электрических сетей.

К электромонтерам, обслуживающим электроустановки в сельской местности, предъявляются требования значительного повышения уровня знаний и существенного совершенствования эксплуатации электроустановок.

В настоящей книге приводятся сведения об оборудовании и аппаратуре для электрификации объектов сельского хозяйства, рассматриваются вопросы эксплуатации электроустановок, безопасности их обслуживания, а также приводятся приемы оказания первой медицинской помощи пострадавшим.

Все замечания и пожелания по книге просьба направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, Энергоатомиздат.

*Автор*

Электрическими сетями называют часть электрической системы, состоящей из трансформаторных подстанций и линий различных напряжений. В сельской местности по электрическим сетям получают электроэнергию преимущественно сельскохозяйственные потребители, объекты мелиорации и водного хозяйства, другие предприятия Госагропрома. Электрические нагрузки сетей создаются электроприемниками производственного и коммунально-бытового назначения. Электроприемники производственного назначения связаны с электрификацией технологических процессов в животноводстве, птицеводстве и полеводстве, производственных процессов на предприятиях по переработке продукции сельского хозяйства, ремонтных заводах и в мастерских, а коммунально-бытового назначения — с электрификацией жилых и общественных зданий и сооружений.

В настоящее время практически всю электроэнергию колхозы и совхозы, другие сельскохозяйственные предприятия получают от энергосистем через центры питания — подстанции с высшим напряжением, в основном 35 и 110 кВ.

Характерной особенностью электрических сетей в сельской местности, в первую очередь распределительных сетей напряжением 6—10 кВ, является их разветвленность и значительная (до нескольких десятков километров) протяженность магистральных участков линий электропередачи, обусловленные ограниченностью количества центров питания и необходимостью электроснабжения каждого населенного пункта, вплоть до самого удаленного. К каждой линии 6—10 кВ подключены, как правило, несколько, а в некоторых случаях несколько десятков трансформаторных подстанций 6—10/0,38 кВ.

Другая особенность — электроснабжение сельскохозяйственных потребителей осуществляется в основном по воздушным линиям (ВЛ) электропередачи в усло-

виях отсутствия в большинстве случаев хороших подъездных путей и проездов вдоль трасс, крайней ограниченности транспорта повышенной проходимости. Значительная часть сельскохозяйственных потребителей получает электроэнергию по радиальным линиям.

Можно выделить три последовательных взаимосвязанных звена систем электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. Первое — внешнее электроснабжение, состоящее из электрических сетей напряжением выше 1 кВ, передающих электроэнергию от центров питания до размещенных на территории сельскохозяйственного предприятия понизительных трансформаторных подстанций с низшим напряжением 0,38 кВ. Второе — внутриплощадочное электроснабжение, включающее указанные выше трансформаторные подстанции и сети 0,38 кВ до вводных распределительных устройств зданий и сооружений. Третье — внутренние электрические проводки к токоприемникам. Такое разделение в определенной степени определяет и порядок технического обслуживания отдельных звеньев системы электроснабжения.

Поскольку электрические сети внешнего электроснабжения находятся на балансе предприятия электрических сетей (ПЭС) энергосистемы, их обслуживание осуществляется персоналом районов электрических сетей (РЭС), являющихся структурными подразделениями ПЭС, организуемых, как правило, в границах административных районов. Обслуживание внутренних электрических проводок производится персоналом электротехнических служб сельскохозяйственных предприятий.

Внутриплощадочные электрические сети сельскохозяйственных потребителей сооружаются за счет средств колхозов и совхозов и находятся на их балансе; их обслуживание в зависимости от местных условий осуществляется персоналом сельхозпредприятий или персоналом подразделений «Агропромэнерго», или персоналом РЭС. Даже в пределах одной энергосистемы в одних случаях персоналом РЭС обслуживаются все внутриплощадочные сети, в других — только оборудование высокого напряжения трансформаторных подстанций. Оборудование и ВЛ напряжением 0,38 кВ в этом случае находятся в обслуживании персонала сельскохозяйственного предприятия. Границы эксплуатационного обслуживания, а также взаимоотношения между энергоснаб-

жающей организацией и потребителем определяются соответствующим договором.

Положение, при котором электроснабжением сельского хозяйства занимаются организации нескольких ведомств, не отвечает постоянно возрастающим требованиям к надежности электроснабжения этого вида потребителей. Следствием явилось резкое ухудшение технического состояния электросетей из-за необеспеченности колхозов и совхозов необходимыми для проведения ремонтов материалами и оборудованием, нехватки и в некоторых случаях недостаточной квалификации работников электротехнических служб сельскохозяйственных предприятий. Поэтому в последние годы неуклонно проводится передача внутриплощадочных электрических сетей, независимо от их технического состояния, на баланс ПЭС. Исключение составляют внутриплощадочные сети крупных комплексов и птицефабрик, на которые из-за установленного особого санитарного режима доступ персонала РЭС запрещен.

**Надежность электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.** В последние годы существенно изменился характер сельскохозяйственного производства. На современных животноводческих и птицеводческих предприятиях, особенно на крупных фермах и комплексах, появились новые потребители электроэнергии, например установки для обеспечения микроклимата в помещениях. Для дальнейшего развития и повышения эффективности сельского хозяйства в ряде районов страны электроэнергия применяется для теплоснабжения объектов производственного назначения; общая мощность электроустановок достигает 400 кВт в одном пункте. С возрастанием роли электроэнергии в сельскохозяйственном производстве повышается значение надежности электроснабжения как способности электрической сети в любой момент обеспечить электроэнергией присоединенных к ней потребителей.

В соответствии с [1] в отношении обеспечения надежности электроснабжения все электроприемники разделяются на три категории.

**Электроприемники I категории** — электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак про-

дукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение особо важных элементов коммунального хозяйства. Производственными сельскохозяйственными потребителями, относящимися к I категории, являются крупные животноводческие фермы и комплексы, производящие продукцию на промышленной основе, птицефабрики, помещения инкубаторов, помещения для выращивания бройлеров, свинарники-маточники с электрическим обогревом в сезон их работы. К потребителям I категории относятся: фермы и комплексы по производству молока с содержанием 400 коров и более, по выращиванию и откорму 12 тыс. свиней и более, 10 тыс. голов и более молодняка крупного рогатого скота; открытые площадки по откорму молодняка крупного рогатого скота на 20 тыс. ското-мест и более, по откорму коров мясных пород 600 голов и более, а также племенные хозяйства и хозяйства ремонтного молодняка кур (25 тыс. голов и более), уток, гусей и индюшек (10 тыс. голов и более), кур-несушек (100 тыс. голов и более), мясных цыплят (1 млн. голов и более). На животноводческих фермах и комплексах по производству молока к I категории относятся электроприемники: систем доения, охлаждения, сбора, первичной обработки и переработки молока, приготовления и раздачи кормов, водоснабжения, микроклимата, дежурного освещения. На предприятиях по выращиванию и откорму крупного рогатого скота и свиней такими электроприемниками являются линии подготовки и раздачи кормов, установки микроклимата, дежурное освещение. На птицеводческих предприятиях, помимо перечисленных выше, к этой категории относятся электроприемники установок поения птицы, местного обогрева молодняка, инкубации яиц, сбора, приема и обработки яиц.

К I категории относятся также электроприемники особенно важных объектов непроизводственного назначения: пункты неотложной помощи, родильные дома, операционные отделения больниц, важные узлы радиосвязи, телеграфа и телефона, объекты, действующие при массовом (более 60 чел.) скоплении людей.

Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. В качестве второго независимого источника питания могут использоваться электрические сети энергосистемы (сетевое резерви-

вание), местные электростанции или специальные резервные электростанции. В качестве двух независимых источников питания нельзя использовать две секции или системы шин, питающиеся по двум цепям одной двухцепной воздушной линии электропередачи; секции шин закрытого распределительного устройства, при коротком замыкании на шинах которого возможна потеря всех секций шин. Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить необходимую непрерывность технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, должно осуществляться технологическое резервирование.

Перерыв в электроснабжении электроприемников I категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания. При неавтоматическом вводе резервное питание должно быть обеспечено не позднее чем через 30 мин после отключения основного источника электроснабжения.

Электроприемники II категории — электроприемники, перерыв в электроснабжении которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

К электроприемникам II категории надежности относятся большое количество ответственных потребителей сельскохозяйственного производства: молочно-товарные фермы, свинарники, различные птицеводческие фермы с числом голов, меньшим, чем требуется для отнесения их к I категории; теплицы и парники площадью 2500 м<sup>2</sup> с электрическим обогревом; кормоприготовительные цехи при электромеханизированном приготовлении и раздаче кормов; комбикормовые заводы производительностью 25 т в сутки; предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции с непрерывным производственным процессом в сезон их работы, оросительные и другого назначения насосные установки с электроприводом. К электроприемникам II категории относятся также здания высотой более пяти этажей, административные и общественные здания, детские и лечебные учреждения и учебные заведения.

Электроснабжение электроприемников II категории рекомендуется обеспечивать от двух независимых источ-

ников питания; перерыв их электроснабжения допустим на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады. Допускается питание электроприемников II категории по одной ВЛ, в том числе с кабельной вставкой, если обеспечена возможность проведения аварийного ремонта этой линии за время не более 1 сут. Кабельные вставки этой линии должны выполняться двумя кабелями. Допускается также питание по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей, присоединенных к одному общему аппарату. При наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены поврежденного трансформатора за время не более 1 сут допускается питание электроприемников II категории от одного трансформатора.

Для сельскохозяйственных потребителей производственного назначения нормы ограничивают длительность одного перерыва электроснабжения, а также общую длительность всех перерывов за год с учетом не только аварийных, но и плановых отключений, необходимых для ремонтов, профилактических испытаний и других работ. В частности, длительность плановых отключений не должна превышать 3,5 ч. При этом плановые отключения не допускаются в часы работы электрифицированных доильных установок. Повторные плановые отключения в течение суток допускаются через 2 ч.

Электроприемники III категории — электроприемники и группы потребителей, не относящиеся к I и II категориям. Для электроприемников и потребителей III категории резервных источников питания не предусматривается, для них допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, но не более 1 сут.

Электроснабжение потребителей всех категорий в сельской местности осуществляется по общим распределительным сетям. Потребителей I категории, которые по нормам требуют двух независимых с автоматическим переключением источников питания, относительно немного, а потребителей II категории — значительное число. Поэтому при отнесении потребителей к категориям надежности электроснабжения в каждом конкретном случае необходимо проводить анализ технологических процессов и возможного ущерба от перерывов электроснабже-



ния и возможностей обеспечения требуемой в этом случае надежности.

Обеспечение высокой надежности электроснабжения потребителей и токоприемников является основной и общей задачей, стоящей перед персоналом как электротехнических служб колхозов и совхозов, так и персоналом РЭС.

**Организация электротехнической службы в колхозе и совхозе.** Электротехническая служба сельхозпредприятия выполняет техническое обслуживание существующих, монтаж и наладку вновь вводимых в эксплуатацию электроустановок.

Основным в работе электротехнической службы совхоза или колхоза являются безотказная работа электроустановок и электрифицированного оборудования и надежное электроснабжение всех объектов и токоприемников хозяйства. Это должно решаться электротехническим персоналом в условиях четкой деловой взаимосвязи с предприятием электрических сетей и органами Главгосэнергонадзора. На основе имеющегося опыта и действующих организационных положений рекомендуется следующая примерная структура (рис. 1) электротехни-

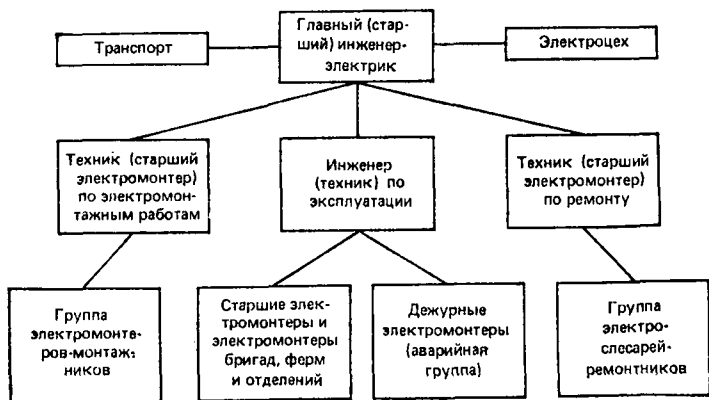


Рис. 1. Структура организации электротехнической службы колхоза и совхоза

ческой службы сельхозпредприятия. Службу возглавляет главный (старший) инженер-электрик, в подчинении которого находятся эксплуатационная, ремонтная и мон-

тажная группы, руководимые соответственно инженером (техником) и техниками (старшим электромонтером). Главный (старший) инженер-электрик в административном отношении подчиняется директору совхоза или правлению колхоза, а по техническим вопросам — главному (старшему) инженеру-электрику районного агропромышленного объединения.

Группы эксплуатации и ремонта обеспечивают проведение плановых осмотров, технического ухода, текущего и капитального ремонтов с целью поддержания электроустановок и электрифицированного оборудования в надлежащем техническом состоянии. Группу эксплуатации укомплектовывают электромонтерами, обслуживающими электрохозяйство в бригадах, на фермах и в отделениях совхоза или колхоза, а также аварийной группой, состоящей из дежурных электромонтеров, осуществляющих оперативное обслуживание электроустановок и устранение аварийных повреждений в электроустановках совхоза или колхоза. Группу ремонта укомплектовывают электрослесарями-ремонтниками, осуществляющими ремонтные работы в электроустановках хозяйства. Электромонтажная служба обеспечивает выполнение работ по механизации трудоемких процессов, заключающихся в монтаже и наладке новых электрифицированных установок. В задачи службы входят также проведение электрических измерений, оформление соответствующей документации и сдача смонтированной и отлаженной электроустановки в эксплуатацию.

Для учета находящегося в эксплуатации оборудования, организации и учета выполняемых работ в электро-технической службе должна храниться следующая техническая документация: схема электроснабжения всех объектов хозяйства и журнал учета источников электроснабжения и линий электропередачи, состоящих на балансе хозяйства; журналы учета электрооборудования, внутренних осветительных и силовых проводок, протоколы испытаний изоляции электрооборудования и измерения сопротивлений заземляющих устройств; журнал учета отключений и перерывов в подаче электроэнергии; акты расследования причин выхода из строя электрооборудования; акты ввода электроустановок в эксплуатацию; журнал телефонограмм и журнал учета вызовов электромонтеров на устранение повреждений.

Кроме того, должны регулярно заполняться журна-

лы проверки контуров заземлений, учета и проверки защитных средств, журналы инструктажа по технике безопасности и учета технической учебы.

**Взаимоотношения электротехнического персонала сельхозпредприятия с персоналом района электрических сетей.** Перечисленные выше особенности схем электроснабжения производственных и коммунально-бытовых объектов в сельской местности определяют то, что в большинстве случаев значительная часть времени перерыва электроснабжения затрачивается на отыскание места повреждения. Поэтому хорошо налаженное сотрудничество энергетиков сельхозпредприятий с оперативно-диспетчерской службой ПЭС или оперативно-диспетчерской группой (ОДГ) РЭС является важным фактором, позволяющим ускорить отыскание мест повреждения, устранить неисправность и неполадки в электроснабжении, повысить безопасность производства работ. Опыт показал, что сообщения о повреждениях непосредственно от населения не дают полной информации о месте и характере повреждения, вместе с тем значительное число повреждений приходится на вводы в жилые дома населенных пунктов. Для предотвращения неправильных сообщений о перерывах электроснабжения в Латвийской ССР, например, принят порядок, при котором сообщения о всех неполадках поступают в РЭС от персонала электротехнической службы хозяйства [2]. При получении сообщения о перерыве электроснабжения от потребителей своего хозяйства электрики сельскохозяйственного предприятия немедленно определяют характер повреждения. Повреждения в сети 0,38 кВ, если для их устранения по правилам техники безопасности не требуется подготовка рабочих мест, устраняются персоналом хозяйства самостоятельно, о чем сообщается ОДГ района электрических сетей. Если для устранения повреждения необходимо готовить рабочее место или имеет место повреждение на стороне 6—20 кВ, электротехнический персонал сельхозпредприятия немедленно сообщает об этом оперативному персоналу РЭС и в дальнейшем действует по указаниям оперативного персонала. Электрики хозяйства могут включать и отключать разъединители на переключательных пунктах и трансформаторных подстанциях (ТП) потребителей. Для этого электромонтеры сельхозпредприятия проходят целевое обучение, сдают экзамен и получают допуск

к работе на электроустановках района электрических сетей, им выдаются ключи от ТП и приводов коммутационных аппаратов переключательных пунктов. Получение ключей оформляется в соответствующем журнале. Сельхозпредприятие и район электрических сетей обмениваются списками лиц, имеющих право вести оперативные переговоры. Списки утверждаются руководителями сельхозпредприятия и района электросетей соответственно. В списках указывается квалификационная группа по технике безопасности и номера телефонов, по которым можно вызвать необходимых в данном случае лиц. Работникам РЭС, включенным в список, предоставляется право вести оперативные переговоры от имени ПЭС и давать указания электротехническому персоналу сельхозпредприятия на выполнение работ в электроустановках ПЭС. Материалы, необходимые для ликвидации повреждений в электроустановках, принадлежащих ПЭС, передаются сельхозпредприятиям в необходимых количествах (например, предохранители на все номинальные токи, используемые в данной установке). Расход материалов учитывается согласно сообщениям с мест или при возврате перегоревших предохранителей.

*Оперативные отношения между ПЭС и сельхозпредприятием.* По вопросам оперативного управления линиями электропередачи, осуществляющими питание электроустановок сельхозпредприятия от энергосистемы, оперативный персонал сельхозпредприятия подчиняется оперативному персоналу ПЭС — дежурному диспетчеру ПЭС или дежурному диспетчеру РЭС — в зависимости от структуры диспетчерского управления. Оперативное руководство по вопросам соблюдения лимитов электропотребления и лимитов нагрузки в часы максимума, а также аварийных ограничений и отключений нагрузки при недостатке мощности в энергосистеме осуществляется местным отделением Энергонадзора.

В конце каждого года ПЭС и сельхозпредприятие обмениваются списками персонала, имеющего право на ведение оперативных переговоров в следующем году. Списки подписываются главными инженерами предприятий и содержат следующие сведения: фамилию, имя, отчество, занимаемую должность, квалификационную группу по технике безопасности, номера телефонов, которые могут быть использованы для оперативной работы. При изменениях в составе оперативного персонала

в течение года предприятия должны в письменной форме (письмом) или телефонограммой известить друг друга об изменениях.

Необходимо, чтобы на рабочем месте оперативного персонала сельхозпредприятия находилась схема электроснабжения, утвержденная его руководством. Изменение схемы без согласования с ПЭС не допускается.

При необходимости в постоянном или временном изменении схемы электроснабжения установок сельхозпредприятия, не вызывающем ограничения в электропотреблении, не менее чем за сутки ПЭС извещает оперативный персонал сельхозпредприятия о намечаемых переключениях и работах. Если при постоянном или временном изменении схемы электроснабжения возникает необходимость отключать часть электроустановок, оперативный персонал и руководство сельхозпредприятия извещаются не менее чем за 2 сут. Оперативный персонал сельхозпотребителя, производящий переключения, обязан записать задание в оперативный журнал, выполнить его и сообщить об исполнении оперативному персоналу ПЭС.

Допуск бригад сельхозпредприятия к работе на линиях электропередачи, находящихся в его обслуживании, осуществляется только с разрешения оперативного персонала ПЭС. Включение линий, которые по схеме связаны с линиями сельхозпредприятия, оперативный персонал ПЭС производит только после окончания всех работ бригадами ПЭС и сельхозпредприятия и только с согласия оперативного персонала.

**Присоединение электроприемников.** Для присоединения к электрическим сетям энергосистемы новых потребителей электроэнергии или для увеличения мощности действующих объектов энергоснабжающая организация должна дать сельхозпредприятию разрешение на основании заявки. Заявка, подписанная руководителем, может быть подана непосредственно потребителем электроэнергии, его вышестоящей организацией или проектной организацией, осуществляющей проектирование электроснабжения объекта.

В заявке на присоединение электроприемников указывается: наименование и место расположения объекта, для электроснабжения которого запрашивается мощность; установленная мощность трансформаторов и двигателей и максимальная электрическая нагрузка объек-

та; сроки ввода электрических мощностей требования, предъявляемые к надежности электроснабжения, и особые условия (допустимые отклонения напряжения, наличие однофазного и электротермического оборудования и т. д.).

По требованию энергоснабжающей организации потребитель обязан представлять и другие необходимые данные. Если присоединение требует выполнения каких-либо работ, то потребителю выдаются и технические условия. При выдаче разрешения и технических условий на присоединение электроприемников для электрификации сельского хозяйства следует исходить из того, что в соответствии с действующими положениями энергосистема осуществляет:

разработку направлений и перспективных схем электроснабжения сельского хозяйства, выполнение технических и организационных мероприятий, обеспечивающих надежное и качественное электроснабжение сельских потребителей;

функции заказчика по проектированию и строительству новых, расширению и реконструкции действующих подстанций и линий электропередачи напряжением 35—110 кВ и линий электропередачи напряжением 6—20 кВ, если они предназначены для электроснабжения животноводческих комплексов, птицефабрик, тепличных комбинатов совхозов, колхозов, межхозяйственных предприятий и организаций и других государственных сельскохозяйственных организаций Госагропрома;

функции заказчика по строительству подстанций и линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше для электроснабжения мелиоративных систем.

Сельскохозяйственные предприятия и организации осуществляют функции заказчика по проектированию и строительству трансформаторных подстанций 6—20 кВ и внутриплощадочных сетей 0,38 кВ; по объектам мелиорации — функции заказчика по проектированию подстанций и линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше, а также функции заказчика по проектированию и строительству линий и подстанций других напряжений.

Включение мощностей допускается только после выполнения технических условий в полном объеме и на основании допуска, осуществляемого органами Главгосэнергонадзора.

## 2 Распределительные электрические сети

Принципы построения электрических сетей напряжением 35—110 кВ. В системе электроснабжения сельского хозяйства электрические сети напряжением 35—110 кВ имеют важное значение, с точки зрения надежности электроснабжения схема этих сетей является определяющей. От того, как развиты сети, зависит число питающих центров — подстанций 35—110 кВ, что в конечном итоге определяет удаленность от них объектов электроснабжения. Очевидно, что чем больше подстанций 35—110 кВ на определенной территории, тем меньше протяженность ВЛ напряжением 6—10 кВ, по которым осуществляется распределение электроэнергии по колхозам и совхозам.

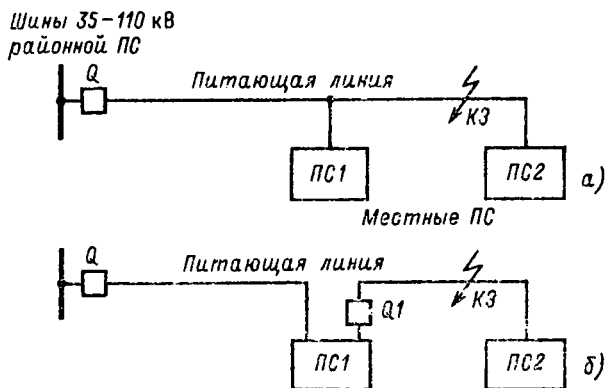


Рис. 2. Питание подстанций по тупиковой схеме

Подстанции 35—110 кВ размещаются, как правило, в местах сосредоточения наиболее крупных нагрузок и по возможности ближе к центру зоны охвата потребителей. В зависимости от назначения подстанции можно разделить на два вида: районные и местного значения. В зависимости от положения в электрической сети, схемы питания различают два основных типа подстанций — тупиковые и проходные. Тупиковой (рис. 2, а) называют подстанцию, расположенную в конце питающей линии или отпайки от нее; проходной (рис. 2, б) — подстанцию, которая находится на трассе линии и через которую мо-

жет осуществляться питание одной или нескольких подстанций. Проходные подстанции включаются в рассечку питающей линии по схеме вход — выход.

Очевидно, что надежность питания подстанции *ПС1*, включенной по проходной схеме (рис. 2, б), выше, чем включенной по схеме рис. 2, а, поскольку поврежденный участок может быть отделен от *ПС1* коммутационным аппаратом этой подстанции. Если в качестве коммутационного аппарата используется, например, масляный выключатель *Q1*, то отделение (отключение) поврежденного участка осуществляется автоматически от действия релейной защиты на *Q1* и *ПС1* не теряет питания. В других случаях (*Q1* — разъединитель) после отключения выключателя *Q* в начале питающей линии отключение поврежденного участка осуществляется вручную оперативным персоналом с последующим включением выключателя *Q* для подачи напряжения на *ПС1*. При этом *ПС1* теряет питание на время, необходимое для отыскания места повреждения и производства оперативных переключений. В схеме рис. 2, а, длительность отключения *ПС1* увеличивается на время полного устранения повреждений ВЛ.

Надежность питания подстанций 35—110 кВ в сельской местности зависит также от схемы питания их по линиям 35—110 кВ. Недостатком схем, приведенных на рис. 2, является потеря питания *ПС1* и *ПС2* при повреждении на участке между выключателем *Q* и *ПС1* или на подстанции, где установлен *Q*, так как *ПС1* и *ПС2* имеют одностороннее питание по одной линии. Надежность существенно возрастает, если питание *ПС1* и *ПС2* осуществляется по двухцепной линии 35 (110) кВ (рис. 3, а) или по двум проходящим по разным трассам линиям от одной (рис. 3, б) или двух (рис. 3, в) районных подстанций. Эти схемы позволяют в принципе обеспечить бесперебойное питание подстанций *ПС1* и *ПС2* при повреждении одной цепи (рис. 3, а) или одной питающей линии (рис. 3, б, в). Следует отметить меньшую надежность схемы питания (рис. 3, а), так как при определенных условиях могут оказаться поврежденными обе цепи линии. Наибольшую надежность обеспечивает схема (рис. 3, в), поскольку не сказывается повреждение на одной из районных подстанций.

Схемы подстанций 35—110 кВ. Схемы подстанций зависят от количества линий и трансформаторов,



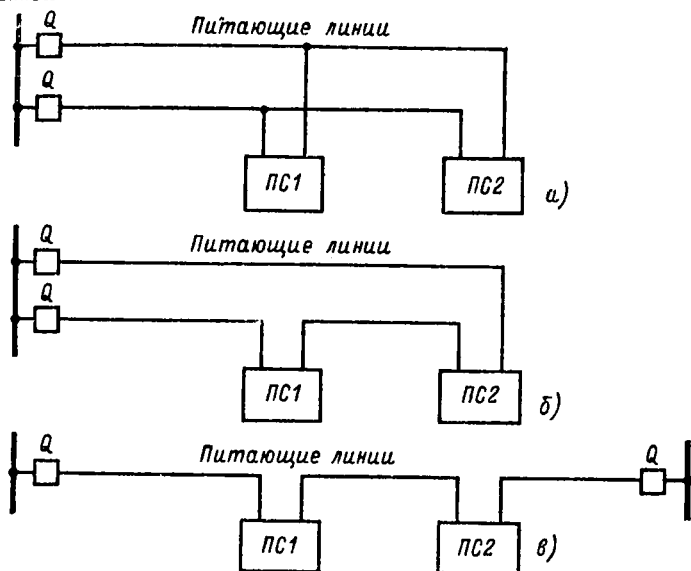


Рис. 3. Схемы питания подстанций по двухцепной или двум одноцепным линиям

присоединяемых на данном напряжении. Для электроснабжения в сельском хозяйстве применяются, как правило, подстанции 35—110 кВ с упрощенной электрической схемой без выключателей со стороны высшего напряжения; мощность силовых трансформаторов таких подстанций составляет 1000—16 000 кВ·А.

*Схема трансформатор — линия (рис. 4).* Схема применяется в случае тупикового расположения подстанций и отличается простотой, экономичностью и достаточной надежностью. Однако при повреждении или ремонте линии или трансформатора работа блока нарушается, что приводит к полной потере питания в случае применения однотрансформаторной подстанции (рис. 4, а).

В приводимых схемах подстанций (рис. 4, а, б) защита силового трансформатора действует на отключение выключателя  $1Q$  на стороне 6—10 кВ и на включение короткозамыкателя  $S$ , с помощью которого искусственно создается при напряжении 110 кВ однофазное, а при напряжении 35 кВ двухфазное короткое замыка-

ние. При этом от собственной защиты отключается линейный масляный выключатель  $Q$ .

В схеме подстанции с перемычкой из двух разъединителей между линиями (рис. 4, в) после отключения аварийно или при подготовке к плановому отключению

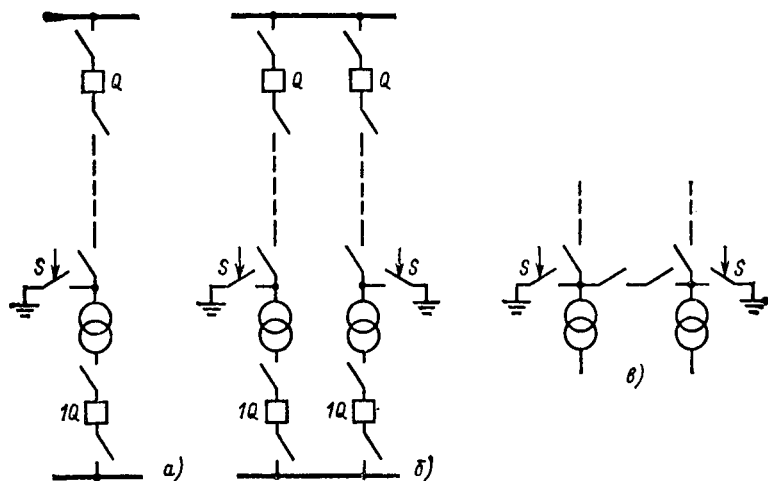


Рис. 4. Питание подстанций по схеме трансформатор — линия

одной из линий имеется возможность питания обоих трансформаторов от одной линии.

*Схема ответвлений от транзитных линий.* Приведенные на рис. 5, а—г схемы получили очень широкое распространение на подстанциях в сельской местности из-за их относительно невысокой стоимости и простоты. Экономичность достигается за счет исключения из схем наиболее дорогого аппарата — выключателя высшего напряжения и за счет упрощения вспомогательных устройств (установок постоянного тока, щита управления и т. д.). В этих схемах на стороне 35—110 кВ силового трансформатора устанавливаются отделители  $QL$ , снабженные автоматическим приводом и позволяющие отключать ток холостого хода трансформатора.

В схемах с отделителями при повреждении силового трансформатора его защита действует на отключение выключателя  $1Q$  6—10 кВ и включение короткозамыкателя  $S$ , который создает искусственное замыкание ли-

нии. Линия отключается линейной защитой выключателя  $Q$ . В бестоковую паузу отключается отделитель  $QL$  поврежденного трансформатора. Действием устройства автоматического повторного включения (АПВ) линия включается. Таким образом после отключения транс-

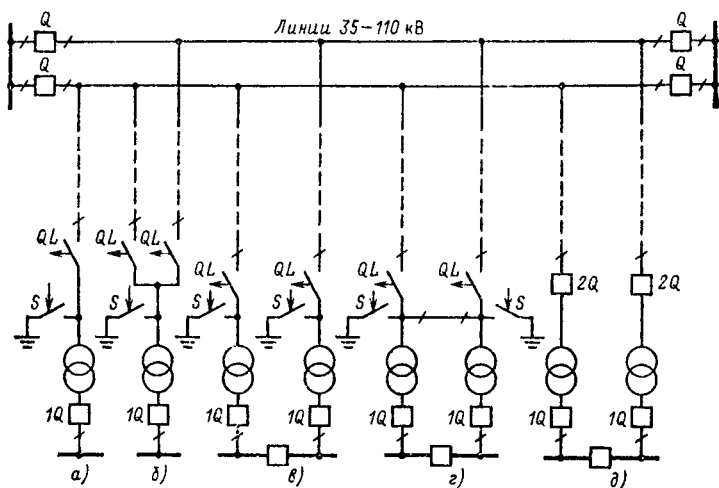


Рис. 5. Варианты схем подстанций с трансформаторами, присоединяемыми к ответвлениям от линий

форматора транзит мощности сохраняется. Схема (рис. 5, г) аналогично приводившейся выше (рис. 4, в), позволяет подключить к одной линии оба трансформатора подстанции.

В электрических сетях сельской местности при напряжении 35 кВ и мощности трансформаторов до 4000 кВ·А вместо отделителей иногда применяют предохранители типа ПСН-35. При мощности трансформатора, превышающей допустимую для отключения отделителем тока холостого хода трансформатора, на стороне высшего напряжения устанавливаются выключатели  $2Q$  (рис. 5, д). В такой схеме поврежденный трансформатор отключается от защиты выключателями  $1Q$  и  $2Q$ ; естественно, отключения транзитной линии при этом не происходит.

Схемы рис. 5 могут применяться и для подстанций с трехобмоточными трансформаторами. На рис. 6 приве-



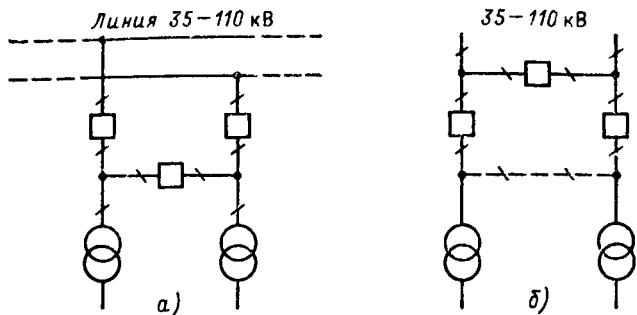


Рис. 7. Схемы моста

*Схема с одной системой сборных шин (рис. 8).* Схема достаточно проста и надежна; разъединители используются только при ремонтных работах для отсоединения цепей, предварительно отключенных выключателями. Недостаток схемы — необходимость отключения всех присоединений секции при ремонте сборных шин и шинных разъединителей. Как правило, в сельской местности подстанции с секционированной системой сборных шин являются узловыми и служат для транзита мощности и питания других подстанций 35—110 кВ с упрощенными схемами.

**Принципы построения электрических сетей напряжением 6—10 кВ.** Надежность электроснабжения сельских потребителей в значительной мере зависит от схемы распределительных сетей 6—10 кВ, которая предопределяет возможности резервирования питания нагрузок и эффективность устанавливаемых в сети коммутационных аппаратов, устройств автоматики, определения места повреждения и др.

Наиболее простой и дешевой схемой электроснабжения является *радиальная тупиковая* (рис. 9, а). Такая схема ненадежна, так как при повреждении и ремонте любого элемента схемы — линии, оборудования — электроприемники будут оставаться без электроэнергии. Схема может применяться для электроснабжения потребителей и токоприемников III категории надежности. Как отмечалось выше, секционирование даже такой электрической сети (рис. 9, б) с помощью автоматического аппарата, например, типа КРН-10 позволяет существенно повысить надежность электроснабжения потребителей,

Рис. 8. Схема РУ 35 кВ подстанции с одной системой сборных шин

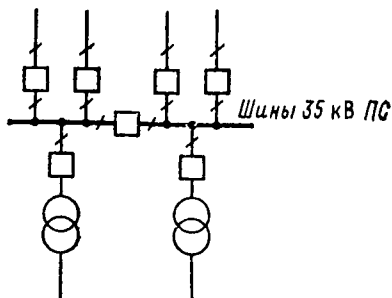
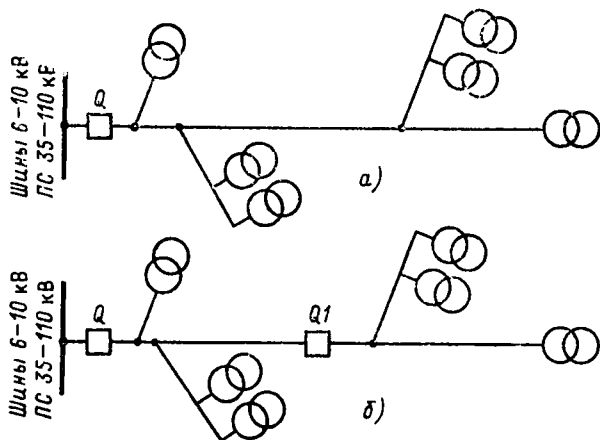


Рис. 9. Радиальная схема электроснабжения



присоединенных к линии между головным выключателем  $Q$  и секционирующим аппаратом  $Q1$ .

Для потребителей II и III категорий может использоваться *кольцевая схема электроснабжения*, показанная на рис. 10. При повреждении любой из распределительных линий электроснабжение восстанавливают ручным отключением поврежденной линии (или оборудования) и включением резервной линии. В кольцевой схеме электроснабжения предусматриваются места нормального разрыва (деления) сети, в которых коммутационные аппараты (разъединители и выключатели) постоянно отключены. Они включаются при необходимости подачи электроэнергии от резервной линии в случае повреждения основной линии или ее отключения для ремонта. Перерыв электроснабжения при такой схеме допускается на время, необходимое для отключения поврежденного

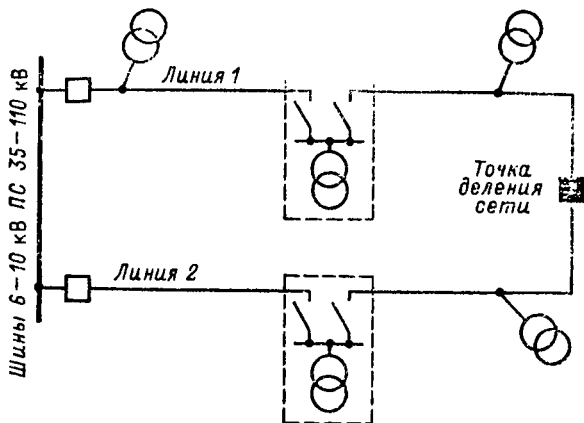


Рис. 10. Кольцевая неавтоматизированная схема электроснабжения

участка и производства переключений (примерно 2 ч).

Если входящие в кольцевую схему распределительные линии подключены к независимым источникам питания (РУ 6—10 кВ двух различных подстанций 35—110 кВ), то схема рис. 11 может использоваться для внешнего электроснабжения трансформаторных подстанций 6—10/0,38 кВ, питающих потребителей I категории. Она же применяется при значительном числе потребителей, когда в кольцевую схему включается несколько трансформаторных подстанций (ТП) с потребителями I категории. От указанных подстанций могут отходить линии 6—10 кВ, предназначенные для питания других, менее ответственных потребителей.

В распредустройстве 10 кВ трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ проходного типа (рис. 11, а), как правило, предусматривается установка двух выключателей с тем, чтобы выполнить подключение ТП по схеме вход-выход. В качестве выключателей могут применяться в отдельных случаях и выключатели нагрузки с автоматическим приводом. Так, на ТП-3, где выполнен нормальный разрыв кольцевой линии и имеется устройство автоматического включения резерва (АВР), со стороны основного питания этой ТП-3 может использоваться выключатель нагрузки Q2. Выключатель автоматически отключается от защиты минимального напряжения при потере питания со стороны основного источника питания,

а ТП-3 получает питание после включения масляного выключателя  $Q1$  со стороны резервного источника питания. Для отключения глухих отпаяк с целью повышения надежности питания ТП необходимо применять автоматически отключаемый аппарат (масляный выключатель,

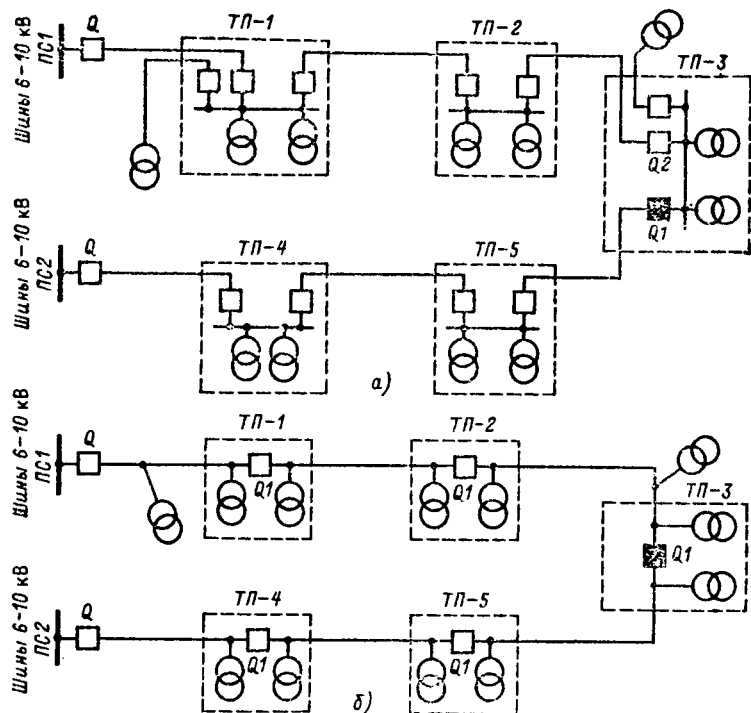


Рис. 11. Кольцевая автоматизированная схема электроснабжения

оборудованный релейной защитой, выключатель нагрузки с предохранителями и т. д.).

В кольцевых схемах, автоматизированных путем установки секционных масляных выключателей  $Q1$  в двухтрансформаторных ТП с потребителями I категории (рис. 11, б), достигается существенная экономия масляных выключателей. При наличии АВР 0,4 кВ непосредственно у потребителя I категории его внешнее электроснабжение от закрытой трансформаторной подстанции (ЗТП), включенной в кольцевую автоматизированную схему по рис. 11, удовлетворяет требованиям [1]. Кольцевая схема



обеспечивает экономию средств при сооружении сети за счет отказа от строительства отдельных дополнительных линий для резервирования электроснабжения потребителей I категории.

Вместе с тем недостатком кольцевой схемы с несколькими последовательно установленными выключателями, является необходимость оснащения выключателей дистанционными или направленными защитами или специальными комплектами автоматики [3, 4], достаточно сложными в наладке, требующими квалифицированного обслуживания и необходимости перестройки уставок при изменении схемы или параметров сети.

Для электроснабжения потребителей I категории, имеющих большую нагрузку (более 200 кВт), может применяться *двухлучевая схема* питания (рис. 12). На рис. 12, а показана двухлучевая схема питания потреби-

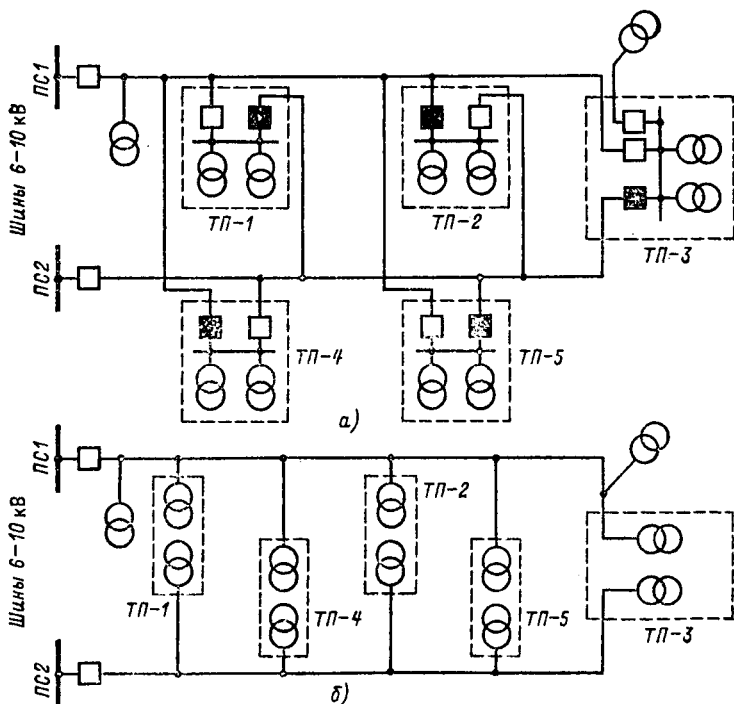


Рис. 12. Двухлучевая схема электроснабжения с АВР

теля с устройством АВР на напряжении 6—10 кВ, обеспечивающим сохранение питания каждой ТП при потере основного питания. В схеме рис. 12, б требуемая надежность электроснабжения обеспечивается АВР на стороне 0,38 кВ — в случае отключения одной из линий, а с ней и одного из трансформаторов ТП питание всей нагрузки потребителя осуществляется от одного трансформатора. Присоединения ТП должны соответствующим образом чередоваться вдоль распределительной линии, чтобы достигнуть лучшего использования пропускной способности линии. Двухлучевые схемы при электроснабжении потребителей сельского хозяйства широкого применения не получили из-за того, что, как правило, потребители уда-

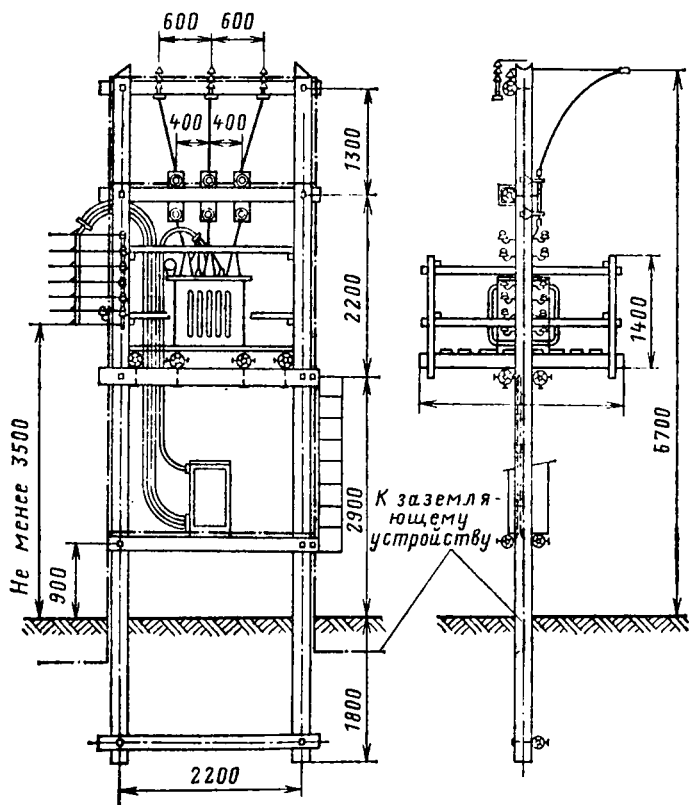


Рис. 13. Общий вид подстанции на П-образной деревянной опоре

лены на значительное расстояние от питающих центров и сооружение второй линии для реализации этих схем часто невозможно или нецелесообразно. Вместе с тем внутриплощадочные сети 6—10 кВ в случаях, когда на ограниченной площади (центральная усадьба совхоза, животноводческий комплекс) располагаются несколько ТП, целесообразно выполнять по двухлучевым схемам.

**Схемы и конструкции трансформаторных подстанций 6—10 кВ.** Наиболее распространенными видами электроустановок в электрических сетях сельской местности наряду с ВЛ являются трансформаторные подстанции напряжением 6(10)/0,23—0,38 кВ. Подстанции присоединяются к электрической сети по тупиковой и проходной схеме.

Мачтовые трансформаторные подстанции (МТП) сооружены на А-, П- или АП-образных конструкциях, изготовляемых из железобетонных или деревянных стоек. На А-образной конструкции, которая одновременно является и концевой опорой линии 6—10 кВ, монтируют все оборудование подстанции: разъединитель, предохранители, разрядники, однофазный силовой трансформатор мощностью 4, 5 или 10 кВ·А и распределительный щит напряжением 0,23 кВ. Подстанция не имеет площадки обслуживания и лестницы и обслуживается с телескопической вышки или гидropодъемника.

П-образные конструкции используются для подстанций с трехфазными трансформаторами мощностью до 100 кВ·А включительно (рис. 13). В комплект оборудования МТП входят: разъединитель с приводом, предохранители, разрядники 6—10 кВ и распределительное устройство 0,38 кВ. Трансформатор размещается на площадке на вы-

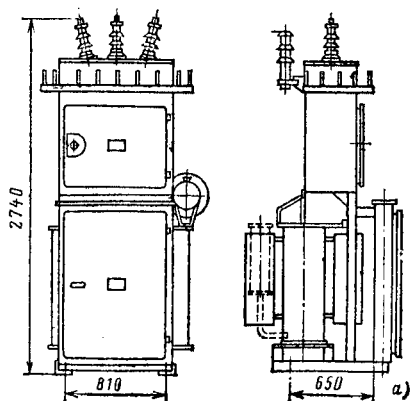
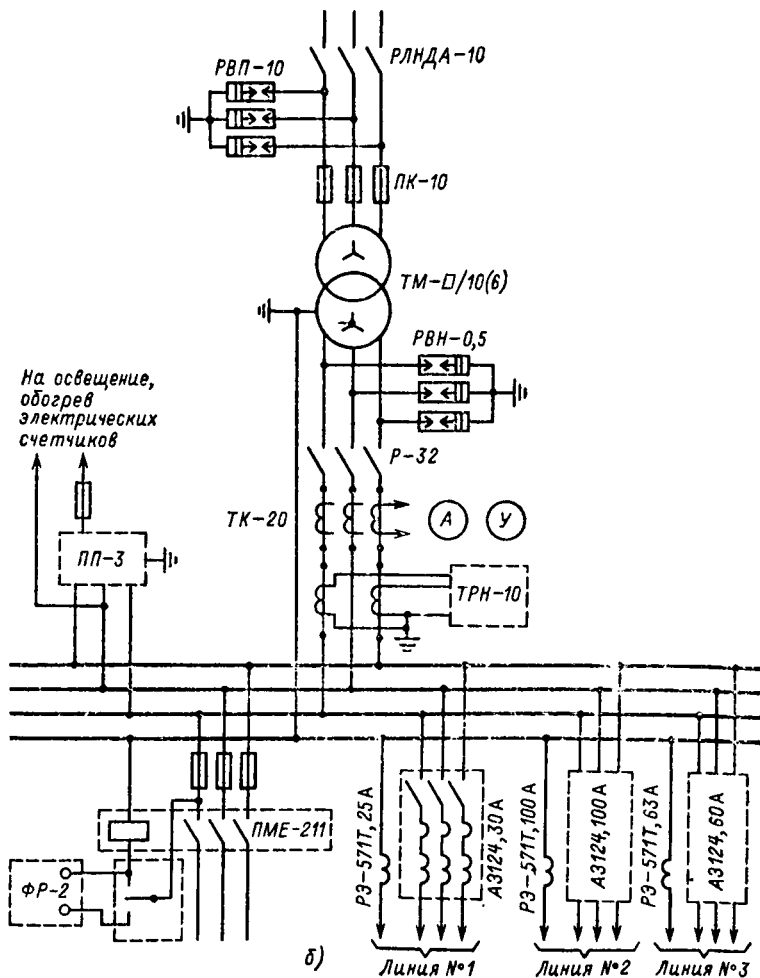


Рис. 14. Комплектная трансформаторная подстанция:

а — общий вид; б — принципиальная схема и комплектующее оборудование КТП-100

соте от земли не менее 3 м. Разъединитель установлен на концевой опоре линии 6—10 кВ, что позволяет обеспечить безопасные условия работы на подстанции после его отключения. С этой же целью предусмотренная для подъема на площадку и запирающаяся в сложенном положении лестница заблокирована с приводом разъединителя; блокировка, выполненная с помощью механических блокировочных замков, не позволяет открыть лестницу при включенном разъединителе.



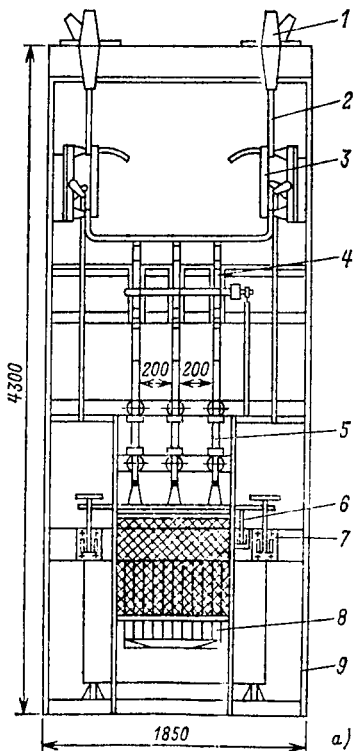
Для подстанций с трансформаторами мощностью до 250 кВ·А включительно применяют АП-образные конструкции, на которых монтируют все оборудование, включая разъединитель.

Комплектная трансформаторная подстанция тупиковая (КТП) заводского изготовления с воздушным вводом 6—10 кВ позволяет устанавливать трансформатор мощностью до 250 кВ·А. Подстанция (рис. 14, а) состоит из вводного устройства 6—10 кВ, трансформатора (не входит в комплект поставки) и РУ 0,38 кВ. Силовой трансформатор монтируется на салазках рамы под шкафом предохранителей высокого напряжения. Изоляторы трансформатора закрываются кожухом, закрепленным за заднюю стенку РУ 6—10 кВ. Разрядники напряжением 6—10 кВ крепятся снаружи к верхней части шкафа. Рядом с силовым трансформатором (рис. 14, а) устанавливается шкаф низкого напряжения. Разъединитель монтируется на концевой опоре питающей ВЛ. На стороне 6—10 кВ предусмотрена блокировка, не позволяющая открыть двери шкафа высокого напряжения без отключения главного рубильника и включения заземляющих ножей разъединителя в сторону КТП.

Подстанция размещается на фундаменте, высота которого принимается из условий минимально допустимого расстояния до земли от вводов высшего напряжения.

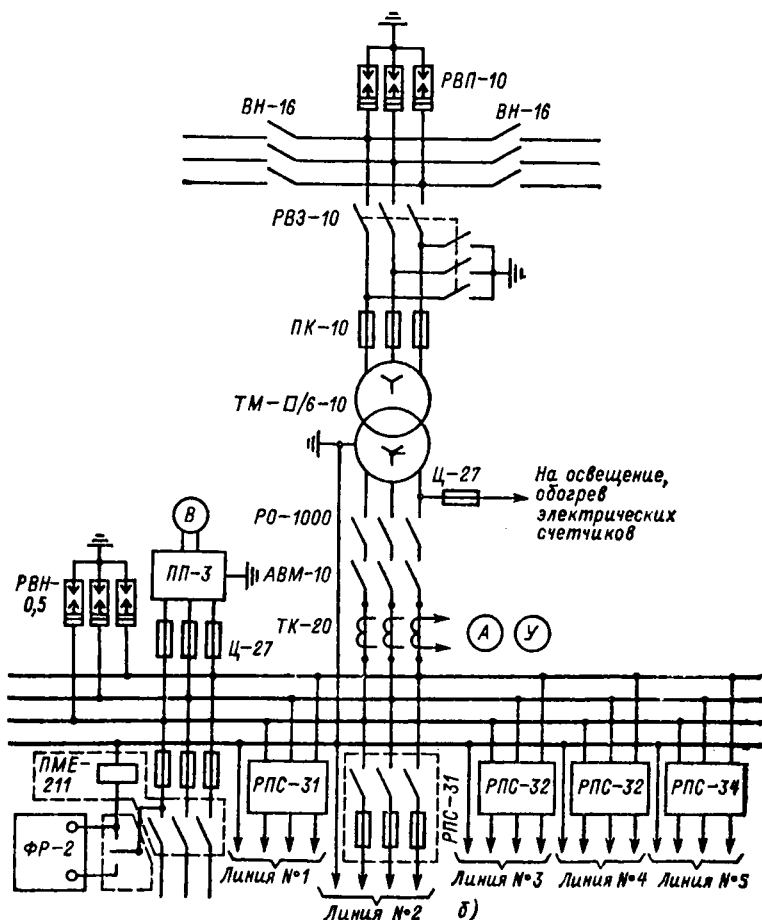
Рис. 15. Комплектная подстанция с воздушными вводами проходного типа:

а — разрез; б — схема электрических соединений



Согласно [1] это расстояние должно быть не менее 4 м. На рис. 14,б приведена принципиальная схема КТП с трансформатором и указано комплектующее оборудование.

Комплектная трансформаторная подстанция проходного типа (КТПП) (рис. 15, а) мощностью 250—630 кВ·А с воздушными вводами выполнена в виде сварного металлического корпуса 9, который состоит из двух верхней и нижней частей, соединяемых болтами. Подстанция имеет три отделения: рас-



предустройство 6—10 кВ, распредустройство 0,38 кВ и отделение силового трансформатора. Подстанция подключается к линии 6—10 кВ при помощи проходных изоляторов 1. Ошиновка 2 обеспечивает присоединение выключателей нагрузки 3 типа ВН-16 с приводами 7 и трансформаторного разъединителя 4 типа РВЗ-10 с приводом 6. Для защиты трансформатора 8 применены предохранители 5 типа ПК6-10.

На рис. 15, б приведена принципиальная схема РУ 10 и 0,38 кВ. Ввод в РУ 0,38 кВ осуществляется в подстанциях мощностью 250—400 кВ·А через блок рубильник — предохранитель (РПС), а в подстанциях мощностью 630 кВ·А — через рубильник и автоматический выключатель типа АВМ-10. На отходящих линиях 0,38 кВ установлены блоки рубильник—предохранитель или автоматические выключатели серии АЗ100. В цепях уличного освещения установлен магнитный пускатель ПМЕ-211, включение и отключение которого может производиться автоматически от фотореле ФР-2 или дистанционно — кнопкой. Для подключения приборов измерений и учета на вводе 0,38 кВ установлены трансформаторы тока типа ТК-20. Для защиты от перенапряжений на сторонах 10 и 0,4 кВ служат разрядники РВП-10 и РВН-0,5.

З а к р ы т а я т р а н с ф о р м а т о р н а я п о д с т а н ц и я (З Т П) состоит из отдельных помещений для распределительных устройств 6—10 и 0,38 кВ и силовых трансформаторов. Применяют одно- и двухтрансформаторные ЗТП, как правило, проходного типа с воздушными или кабельными вводами. Максимальная мощность одного трансформатора 630 кВ·А. Основным типом оборудования современных ЗТП являются комплектные распределительные устройства 6—10 и 0,38 кВ. В ЗТП старых конструкций в эксплуатации находится еще и навесное оборудование 6—10 кВ (выключатели нагрузки, разъединители и т. д.), смонтированное непосредственно на стенах ЗТП.

На рис. 16, а показан пример наиболее распространенной в сельской местности ЗТП с воздушными вводами и двумя трансформаторами мощностью до 400 кВ·А каждый. Здание подстанции двухэтажное. На первом этаже располагаются помещения для силовых трансформаторов и РУ 0,38, на втором — РУ 6—10 кВ. Для подъема на второй этаж служит металлическая лестница с площадкой, ограниченной металлическим барьером. Стены здания из

кирпича, в последние годы в целях сокращения сроков и индустриализации строительства ЗТП собираются полностью из сборных железобетонных конструкций. В таких подстанциях РУ 6—10 кВ монтируется из камер КСО, а РУ 0,38 кВ — из панелей типа ЩО-70 (ЩО-59).

На рис. 16, б показана схема электрических соединений ЗТП, оснащенной АВР на резервном вводе. Основной ввод питания подстанции осуществляется через выключатель нагрузки ВН-16, вводы отходящих линий через выключатели нагрузки ВМП-17, резервная линия подключена через масляный выключатель ВМГ-133 (ВМГ-10) и разъединители. Для питания цепей защиты и автоматики на резервном вводе установлены трансформаторы тока ТПЛ-10 и трансформатор напряжения НОМ-10. В цепях силовых трансформаторов применены разъединители РВ-10. Секция шин 10 кВ защищена комплектом разрядников РВП-10, присоединяемых к шинам через разъединители с заземляющими ножами.

Присоединение шин 0,38 к трансформаторам осуществляется через рубильники с предохранителями при отсутствии АВР на стороне низшего напряжения или через рубильники и автоматические выключатели при наличии АВР. Шины 0,38 кВ секционируются с помощью рубильника при отсутствии АВР или рубильников и автоматического выключателя при наличии АВР. Отходящие линии 0,38 кВ, максимально возможное число которых по заполнению щита составляет 16, присоединяются к шинам через рубильники и предохранители.

С учетом необходимости, а также наличия оборудования схема заполнения РУ 6—10 кВ может иметь различные варианты по числу ячеек, виду оборудования.

*Закрытая ТП с кабельными вводами 6—10 и 0,38 кВ* представляет собой одноэтажное здание с помещениями для силовых трансформаторов, РУ 6—10 и 0,38 кВ, схемы заполнения которых аналогичны рассмотренным.

Распределительная трансформаторная подстанция (РТП) — это электроустановка, в которой совмещены распределительный пункт (РП) и трансформаторная подстанция. В РТП могут размещаться трансформаторы единичной мощностью до 1000 кВ·А включительно, РУ 6—10 кВ с большим числом ячеек и комплектный распределительный щит 0,38 кВ. Таким



образом РТП позволяет осуществлять распределение электроэнергии не только на напряжении 0,38 кВ, как в обычной ТП, но и на напряжении 6—10 кВ, как в РП. Распределительные трансформаторные подстанции в основном используются для электроснабжения крупных животноводческих комплексов, птицефабрик и по существу являются питающими центрами по отношению к внутритриплощадочным электрическим сетям 6—10 кВ.

Распределительные трансформаторные подстанции выполняются, как правило, закрытого типа. В отличие от них распределительные пункты 6—10 кВ в сельских электрических сетях монтируются в основном из шкафов комплектных распределительных устройств наружной установки (КРУН), конструктивно подобных РУ 6—10 кВ подстанций напряжением 35—110 кВ.

Комплектные распределительные устройства ЗТП и РТП. Преимуществом комплектных распределительных устройств (КРУ) является то, что их собирают на заводах и в готовом виде со смонтированным в камерах

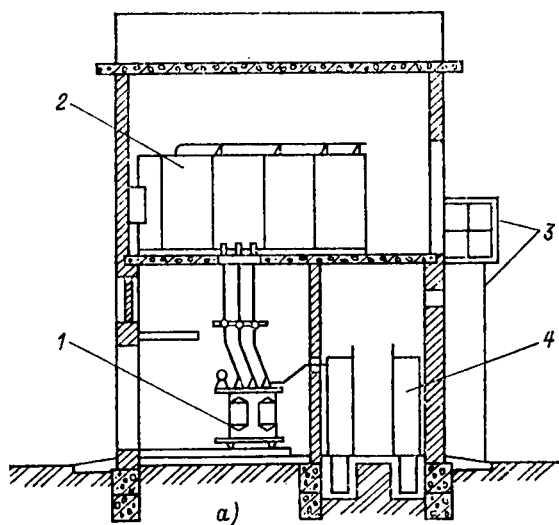
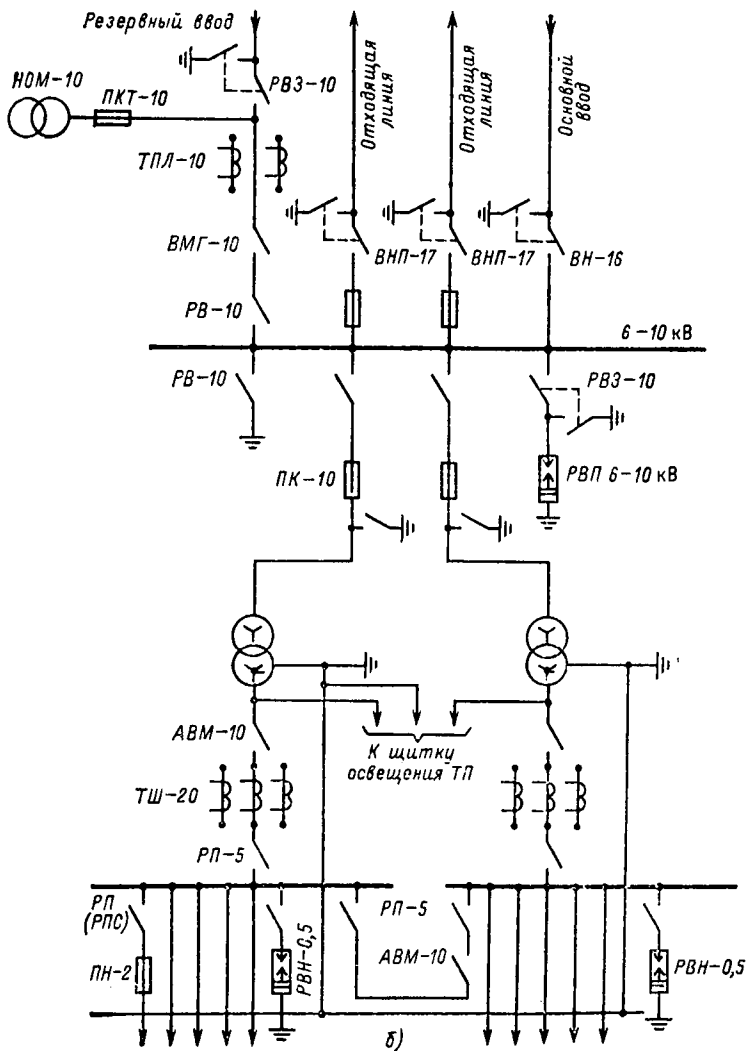


Рис. 16. Закрытая трансформаторная подстанция с воздушными вводами проходного типа:

*a* — разрез; 1 — силовой трансформатор; 2 — РУ 6—10 кВ; 3 — лестница с площадкой; 4 — РУ 0,38 кВ; б — схема электрических соединений

оборудованием устанавливают на месте монтажа. В процессе эксплуатации КРУ легко перекомпоновываются и расширяются, если позволяет имеющееся помещение РУ. Кроме того, КРУ в целом надежны в работе, безопасны в обслуживании, а оборудование и токоведущие части



незначительно подвержены загрязнению и запылению, так как размещены в закрытом помещении.

В качестве КРУ для ЗТП и РТП в настоящее время изготавливают камеры КСО двух серий: КСО-272 и КСО-366; в первой монтируется масляный выключатель и разъединители, во второй — выключатель нагрузки. В действующих электроустановках используются ранее выпускавшиеся камеры КСО-3 (с выключателем нагрузки) и КСО-2УМ, КСО-2УМЗ, КСО-266 (с масляным выключателем).

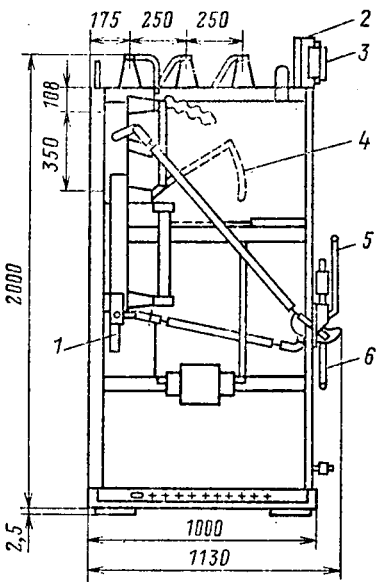


Рис. 17. Разрез камеры КСО-366 с выключателем нагрузки

Камеры КСО-366 предназначены для установки в них разъединителей, выключателей нагрузки, предохранителей, трансформаторов напряжения, разрядников. Камеры изготавливают по 15 типовым схемам первичных соединений. Камеры КСО-366 с выключателем нагрузки (рис. 17) состоят из сварного корпуса размером  $1000 \times 1000 \times 2083$  мм, выполненного из гнутых стальных профилей толщиной 2,5 мм, и двери из листовой стали толщиной 2 мм со смотровым окном. В коробе 2, расположенном сверху по фронту камеры, размещают провода

вторичной коммутации, магистрали освещения и светильники. Короб закрыт световым карнизом 3, на котором указывается назначение камеры. На левой фасадной стойке камеры установлен привод 5 выключателя нагрузки 4, на правой стойке — привод 6 заземляющих ножей 1. Приводы оборудованы механической блокировкой, не позволяющей включать выключатель нагрузки при включенных заземляющих ножах и включать заземляющие ножи при включенном выключателе нагрузки. Для ограждения токоведущих частей, остающихся под напряжением

ем при работе персонала, например на кабельной муфте в камере, предусмотрена возможность установки изоляционной перегородки.

Камеры КСО-272 предназначены для установки масляных выключателей ВМП-10 и ВПМ-10 с приводами ПЭ-11 и ПП-67, выключателей ВМПП-10 и ВПМП-10 с приводом ППВ-10, а также другого электрооборудования, как и в камерах КСО-366. Камеры с масляными выключателями изготавливают на номинальные токи 630 и 1000 А и с выключателями нагрузки на 400 А по 23 различным схемам первичных соединений. Корпус камеры размером  $1000 \times 1200 \times 2600$  мм (со сборными шинами 2870 мм) сваривают из того же материала, что и камеры КСО-366. В нижней части камеры (рис. 18) размещены заземляющие ножи 1 и линейный разъединитель 2, а также кабельные муфты или ошиновка линейного ввода от ВЛ 6—10 кВ, в верхней части — шинный разъединитель 3, заземляющие ножи 5, масляный выключатель 7, трансформаторы тока 10. На фасадной стороне размещаются приводы разъединителей 9, заземляющих ножей 8 и выключателя 11. В верхней части фасада размещаются защитное ограждение 4, световой карниз 6 с люминесцентным светильником, которым освещается помещение РУ и закрывается короб ка-

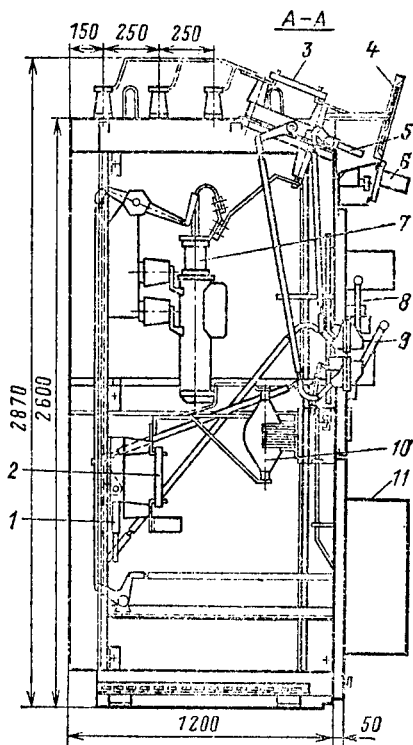


Рис. 18. Разрез камеры КСО-272 с масляным выключателем

меры, служащий для прокладки магистральных проводов и проводов соединений между камерами. Доступ в камеру обеспечивается двумя сплошными стальными дверями с застекленными для обзора внутренних зон (выключателя и линейного присоединения) окошками. Верхняя дверь используется для монтажа вторичных цепей, провода которых защищены съемным стальным листом. В камере выполнены следующие механические блокировки против ошибочных операций при обслуживании: привода масляного выключателя с приводами шинного и линейного разъединителей, исключающая возможность отключения разъединителей при включенном выключателе; не допускающая включения заземляющих ножей при включенных разъединителях; не допускающая включения разъединителей при включенных заземляющих ножах.

Камеры КРУ (рис. 19) состоят из сварного корпуса и выкатной части — тележки с оборудованием. В зависимости от назначения камеры имеют различные схемы заполнения, в них могут размещаться масляные выключатели, трансформаторы напряжения, предохранители, разрядники и т. п. Тележка с оборудованием при необходимости выкатывается по специальным направляющим в коридор обслуживания.

Камера КРУ состоит из четырех отсеков, разделенных металлическими перегородками. Деление на отсеки необходимо для соблюдения правил техники безопасности при работе в камере и для ограничения повреждения оборудования при дуговых замыканиях в камере. В отсеке сборных шин размещаются сборные шины 5; в отсеке трансформаторов тока — трансформаторы тока 2, кабельная муфта 1 (или линейный ввод ВЛ), нижний 7 и верхний 4 контакты втычного типа; в отсеке выключателя — выкатная тележка с выключателем 3 и приводом 6. В четвертом отсеке установлены приборы защиты, автоматики и др.

Провода вторичных цепей, размещенные на корпусе камеры, соединяются с проводами, смонтированными на тележке, с помощью гибкого шланга достаточной длины, снабженного размыкающими контактами втычного типа, используемыми только при необходимости. Выкатная тележка может занимать три положения: рабочее, испытательное и ремонтное. В рабочем положении цепи первичных и вторичных соединений включены в схему. В испы-

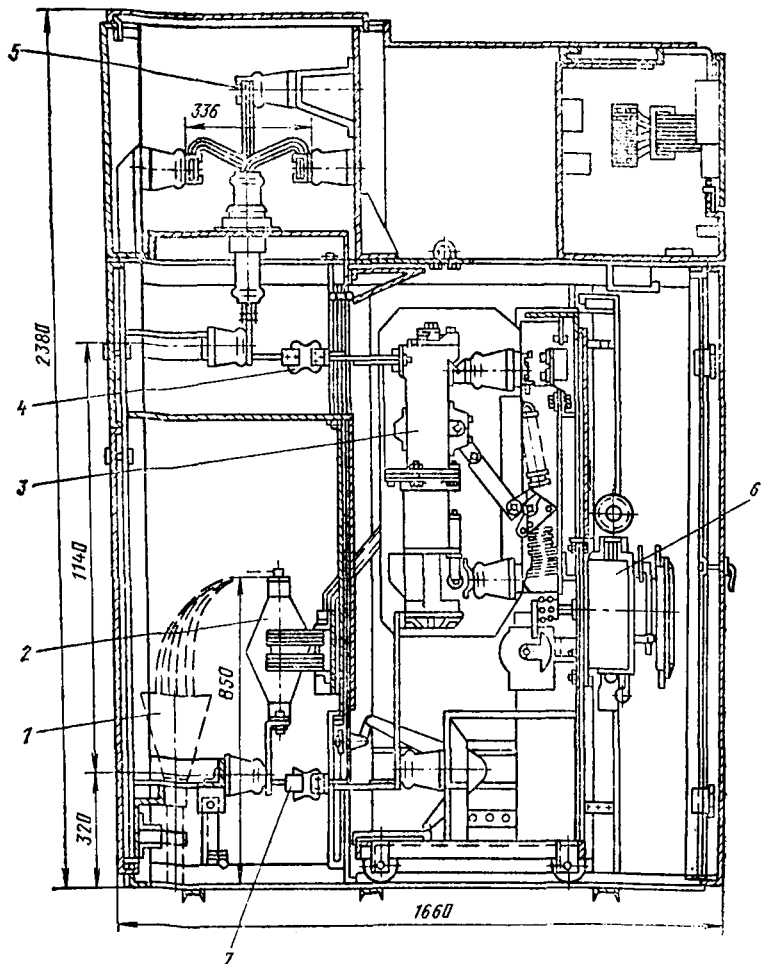


Рис. 19. Камера КРУ

тательном положении силовые контакты разъединены, а цепи вторичных соединений включены в схему и обеспечивают работу выключателя с приводом. При ремонтном положении тележка находится вне корпуса камеры и все втычные контакты разомкнуты. При выкатывании тележки в ремонтное положение отверстия в перегородке камеры КРУ для входа и выхода размыкающих контактов автоматически закрываются металлическими штор-

ками, которые должны иметь ушки для замков, запираемых при ремонтных работах на тележках. Для исключения случаев выключения размыкающих контактов предназначена механическая блокировка, не позволяющая выкатывать тележку при включенном выключателе.

В последние годы ЗТП сельскохозяйственного назначения укомплектовывались КРУ с выключателями типов SCI-10, SCIM-10 и выключателями нагрузки типа LHTCI производства ГДР [3].

В ТП и РТП распределительное устройство напряжением 0,38 кВ комплектуют из панелей типа ЩО-70 (в дей-

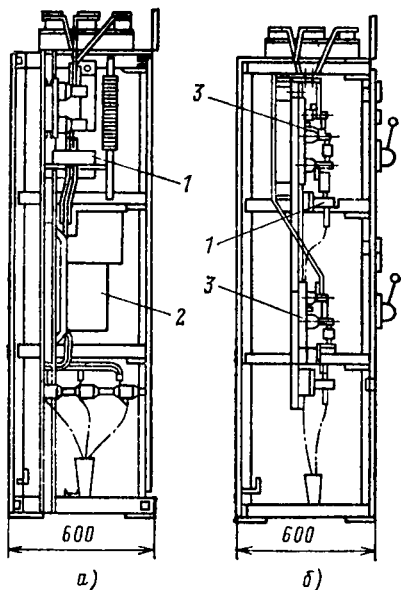


Рис. 20. Панели ЩО-70:

*а* — разрез вводной панели с АВМ; *б* — разрез распределительной панели; 1 — трансформаторы тока; 2 — выключатель АВМ; 3 — рубильники с предохранителями

ствующих до сих пор установках распространены ранее выпускавшиеся панели ЩО-59). Оборудование и аппаратуру в ЩО-70 размещают в стальных шкафах одно- и двустороннего обслуживания глубиной 600 мм, шириной 800—1100 мм и высотой 2200 мм; ширина шкафа определяется типом устанавливаемого в нем оборудования. В вводных и секционных панелях ЩО-70 монтиру-

ются рубильники с предохранителями или автоматические выключатели серии АВМ, в панелях отходящих линий 0,38 кВ (распределительных) — рубильники с предохранителями или автоматические выключатели серии АЗ700. Рукоятки рубильников выведены на фасад панели. Панели с лицевой стороны имеют открывающуюся металлическую дверь. На рис. 20 в качестве примера показаны разрезы распределительной и вводной панелей ЩО-70.

### **3 Электрические линии 380/220 В**

В электрических сетях сельскохозяйственного назначения повсеместно применяется, как правило, напряжение 380 В по четырехпроводной системе с глухозаземленной нейтралью. В нормальном режиме напряжение между любым из проводов сети и землей не превышает фазного, т. е. 220 В. Заземление нейтрали и соединение с ней металлических частей оборудования исключают возможность повышения напряжения линейных проводов относительно земли. Применение системы напряжения 380/220 В обусловлено необходимостью одновременного питания трехфазных двигателей на напряжении 380 В и однофазных токоприемников на напряжении 220 В (двигателей, осветительных ламп, бытовых электроприборов и т. п.) от одного и того же трансформатора. При более высоком номинальном напряжении сети резко возрастает опасность поражения электрическим током людей и животных, соприкасающихся с электроустановками. При более низком напряжении удорожаются электрические сети. Так, расчеты показывают, что на сооружение сетей 380/220 В расходуется в 2 раза меньше металла проводов, чем при напряжении 220/127 В при одинаковых передаваемых мощностях.

Для питания отдельных потребителей иногда используются подстанции с однофазными трансформаторами по трехпроводной системе номинальным напряжением  $2 \times \times 220$  В. Питание подстанции в этом случае осуществляется по однофазной двухпроводной линии, низшее напряжение при этом  $2 \times \times 220$  В, средняя точка обмотки трансформатора глухо заземлена.

Указанные системы напряжений применяются как при



выполнении внутриплощадочных сетей ниже 1 кВ, так и внутренних проводов.

**Внутриплощадочные сети 0,38 кВ** служат для передачи и распределения электроэнергии от подстанции 6—10/0,38 кВ к объектам или отдельным токоприемникам до их вводных распределительных устройств. Такими объектами могут быть отдельно стоящие или входящие в состав животноводческого комплекса фермы, водозаборные узлы, цехи по приготовлению кормов, другие объекты производственного назначения, населенные пункты и жилые поселки, а также объекты социально-культурного назначения.

В зависимости от характера потребителя, его нагрузки, требований к надежности электроснабжения и количества находящихся на данной площади подстанций 6—10/0,38 кВ создается внутриплощадочная электрическая сеть 0,38 кВ. Сеть может быть простой, образованной, например, двумя линиями 0,38 кВ, отходящими от мачтовой или комплектной ТП, питающими в тупиковом режиме населенный пункт и небольшую молочно-товарную ферму (МТФ) в отдельности. Известны случаи, когда деревня и МТФ вообще питаются по одной линии. Вместе с тем центральные усадьбы совхозов и колхозов, животноводческие комплексы имеют достаточно разветвленную сеть воздушных и кабельных<sup>1</sup> линий, обеспечивающих питание и резервирование объектов в целом и отдельных токоприемников.

**Воздушные линии напряжением 380/220 В и 2×220 В.** Электрической воздушной линией называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и закрепленным на опорах при помощи арматуры и изоляторов. Провод, соединенный с фазным выводом трансформатора (генератора), называется фазным. Нулевым называется провод, соединенный с глухозаземленным выводом средней точки обмотки трехфазного трансформатора. Провод, питающий светильники уличного освещения при централизованном управлении ими с распределительного устройства ТП или другого пункта, называется фонарным.

В сельской местности на ВЛ принят следующий поряд-

---

<sup>1</sup> Устройство и эксплуатация кабельных линий в настоящей работе не рассматриваются.

док расположения проводов на опорах: нижним проводом является нулевой провод, выше его располагается фонарный провод и далее по высоте размещаются фазные провода. Ниже нулевого провода допускается монтировать провода радиотрансляции. В зависимости от числа проводов и их назначения участки линии могут быть полнофазными или неполнофазными. На полнофазном участке линии имеются фазные провода всех фаз и нулевой провод. Полнофазные линии применяются на головных участках по всей длине линии при наличии трехфазной силовой нагрузки в конце линии или при значительной осветительной нагрузке. Полнофазные линии подводятся также к электрифицированным животноводческим фермам. Полнофазные линии системы напряжений 380/220 В могут выполняться в пяти- или четырехпроводном исполнении. При этом полнофазная четырехпроводная линия имеет три фазных и один нулевой провод. Пятипроводная линия, кроме того, имеет фонарный провод, что позволяет использовать ее и для наружного освещения. При системе напряжений  $2 \times 220$  В полнофазные линии имеют четырех- (два фазных, один нулевой и один фонарный) или трехпроводное (два фазных и один нулевой) исполнение.

На неполнофазном участке линии имеются фазные провода лишь некоторых фаз и нулевой провод. Четырехпроводная неполнофазная линия 380/220 В имеет два фазных провода, нулевой и фонарный провода, на трехпроводной отсутствует один фазный или фонарный провод. Неполнофазные участки применяются в конце линии и на ответвлениях с осветительной нагрузкой небольшой мощности.

В основном в электрических сетях 0,38 кВ применяются одноцепные линии. Однако при необходимости прокладки в одном направлении двух отходящих линий может быть сооружена двухцепная линия. Двухцепные линии всегда являются полнофазными восьмипроводного исполнения: обычная (шесть фазных и два нулевых) или с наружным освещением (шесть фазных, нулевой и фонарный).

*Опоры.* В зависимости от назначения различают несколько типов опор. Промежуточные, перекрестные, переходные, а также анкерные опоры, рассчитанные на небольшую разность тяжений в смежных пролетах, выполняют, как правило, одностоечными.

Опоры, воспринимающие полное тяжение проводов или разность тяжений проводов смежных пролетов, выполняют с подкосами, устанавливаемыми со стороны тяжения проводов или равнодействующей их тяжений. Такими опорами являются анкерные, угловые промежуточные и анкерные угловые и концевые.

На линиях напряжением 380/220 В применяются деревянные и железобетонные опоры. Деревянные опоры могут быть составными на деревянных или железобетонных приставках или из цельных бревен соответствующей длины. Опоры допускают совместную подвеску до восьми проводов марки А (Ап) сечением 16—50 мм<sup>2</sup> и до четырех однопроволочных проводов диаметром 4 мм для радиотрансляционных цепей. Размеры опор и отдельных их элементов определяются их типами и приведены в [5].

Железобетонные опоры рассчитаны на подвеску до пяти проводов линий 380/220 В и двух проводов радификации. При необходимости применяют следующие типы опор: промежуточные, переходные, промежуточные перекрестные, ответвительные, анкерные, угловые промежуточные на угол до 60°, угловые анкерные на угол до 90°, концевые.

Опоры монтируют из железобетонных стоек трапециoidalного или прямоугольного сечения длиной 9—11 м. Опоры, поддерживающие провода, выполняют из одной свободностоящей стойки, а воспринимающие тяжение — из двух стоек, одна из которых служит подкосом. Подкосы крепятся к стойкам с помощью металлических конструкций. Также из металла (угловой стали) изготавливаются траверсы опор с приваренными специальными штырями для крепления изоляторов.

*Изоляторы.* На воздушных линиях 380/220 В применяют фарфоровые линейные изоляторы типа ШЛН, телефонные типа ТФ и радиотрансляционные ответвительные типа РФО. Взамен изоляторов типа ТФ могут применяться изоляторы ТС, изготавливаемые из малощелочного стекла и имеющие по сравнению с фарфоровыми изоляторами меньшие размеры и массу.

Для крепления изоляторов на опорах применяют стальные стандартные и удлиненные штыри, а также стандартные крюки; для анкерного крепления проводов более крупных сечений применяют усиленные крюки.

*Провода.* На ВЛ 380/220 В, как правило, применяют алюминиевые многопроволочные провода марок А (Ап)

сечением 16—50 мм<sup>2</sup>. Применялись также стальные многопроволочные провода марки ПС-25 и однопроволочные марки ПСО-5 (на ответвлениях к вводам в здания). В настоящее время на ответвлениях используют тросовые изолированные провода марки АВТ-2 с алюминиевыми жилами сечением от 2,5 до 16 мм<sup>2</sup>.

Марку, сечение и число проводов на отдельных участках выбирают путем расчета потери напряжения, значение которой определяют допустимыми пределами отклонений напряжения на зажимах электроприемника.

Аналитический метод расчета проводов громоздок и неудобен, поэтому в практике пользуются упрощенными методами расчета. Наиболее широкое применение получил графический метод расчета проводов по номограммам, которые составлены для всех эксплуатационных напряжений и различных марок проводов. Они дают возможность определить потери напряжения в ВЛ от передаваемой мощности (или тока нагрузки) и расстояния.

Эксплуатация воздушных линий 0,38 кВ. Эксплуатация воздушных линий электропередачи заключается в поддержании их в технически исправном состоянии для обеспечения надежного электроснабжения потребителей путем проведения периодических осмотров, профилактических проверок и ремонта.

Воздушные линии должны периодически не реже 1 раза в 6 мес осматриваться электромонтерами. При осмотрах линий и вводов обращается внимание на следующее: наличие ожогов, трещин и боя изоляторов, обрывов и оплавлений жил проводов, целостность вязок, провисание проводов;

состояние опор и крен их вдоль и поперек линии, целостность бандажей и заземляющих устройств;

состояние вводных ответвлений и предохранителей;

состояние кабельных воронок и спусков.

Для более квалифицированной оценки состояния ВЛ и проверки качества осмотров электромонтерами не реже 1 раза в год производится контрольный осмотр инженерно-техническим персоналом. Верховые осмотры линий с выборочной проверкой состояния проводов в местах крепления на опорах производят по мере необходимости, а внеочередные — после аварий, стихийных бедствий, при гололеде, температуре воздуха ниже —40 °С и т. п.

Выявленные во время обходов и осмотров дефекты

отмечают в листе обхода, а дефекты, требующие устранения, заносят в журнал дефектов. При обнаружении неисправностей, могущих привести к нарушению электроснабжения или поражения электрическим током окружающих, вызывают дежурную бригаду для ликвидации повреждения. Лицо, обнаружившее повреждение, должно находиться на месте до приезда дежурной бригады и отключения поврежденного участка линии.

*Проверка опор на загнивание.* Степень загнивания деревянных опор определяют первый раз через 3—6 лет после ввода линии в эксплуатацию, затем не реже 1 раза в 3 года, а также перед подъемом на опору.

При наружном осмотре выявляют внешнее круговое и местное загнивание (отдельные очаги) древесины. Наличие внутреннего загнивания определяют простукиванием. Глубину загнивания опор измеряют в трех точках по окружности опоры в опасных сечениях: выше уровня грунта на 0,2—0,3 м и в земле на глубине 0,2—0,3 м. Измерение производят прибором, металлическая игла которого прокалывает древесину. Глубину загнивания определяют как среднее арифметическое измеренных значений. Диаметр неповрежденной части древесины опор и приставок не должен быть менее определенных допустимых значений. Результаты измерений загнивания заносят в ведомость, после этого делается заключение: оставить опору в эксплуатации, взять под контроль, сменить при очередном капитальном ремонте или немедленно.

*Проверка железобетонных опор и приставок* должна осуществляться не реже 1 раза в 6 лет, начиная с четвертого года эксплуатации. При проверках внешним осмотром выявляется наличие трещин на опоре (приставке), выборочно производится откопка грунта вокруг опоры на глубину 0,5 м с той же целью.

*Измерение габаритов проводов воздушных линий.* Первоначальные габариты в процессе эксплуатации изменяются из-за естественного вытягивания проводов, наклона опор, переустройства существующих или сооружения новых дорог, насыпей и т. д. Габариты измеряются без снятия напряжения с помощью угломерного инструмента и изолирующих штанг; со снятием напряжения — с помощью веревки, рулетки, рейки. Результаты измерений заносят в ведомость измерения габаритов. Особое

внимание уделяется измерениям габаритов на пересечениях с другими ВЛ и линиями связи. Соблюдение требуемых по нормам габаритов очень важно с точки зрения обеспечения безопасности людей и животных.

*Измерения сопротивления заземления опор* производятся 1 раз в 5 лет. Сопротивление заземления не должно превышать значений, устанавливаемых в зависимости от удельного сопротивления грунта.

*Проверка и подтяжка болтов, гаек и бандажей.* Наибольшее ослабление болтов, гаек и бандажей наблюдается в начале эксплуатации, поэтому проверка производится в первые два года ежегодно, в дальнейшем по мере необходимости.

**Ремонт воздушных линий и вводов.** Ремонтные работы планируются в зависимости от технического состояния линии, определяемого по результатам всего комплекса перечисленных выше работ.

В объем текущего ремонта входят: выправка и укрепление опор, подтяжка бандажей и резьбовых соединений, проверка штырей и крюков, замена негодных и чистка загрязненных изоляторов, перетяжка отдельных участков проводов линии и вводов, проверка надежности соединений проводов и контактов, проверка и замена предохранителей и перемычек, проверка и восстановление нумерации опор, проверка и приведение в норму габаритов линии и вводов, устранение набросов, ремонт и окраска кабельных спусков и концевых муфт, проверка состояния верхней части опор и спусков заземления.

При капитальном ремонте ВЛ заменяют опоры, устанавливают новые и заменяют дефектные приставки, заменяют изоляторы с неудовлетворительными показателями надежности и заменяют провода. Выполняют капитальный ремонт воздушных линий по мере необходимости в зависимости от их состояния и от установленной на предприятии периодичности капитальных ремонтов.

**Ответвления от воздушных линий и вводы в здания.** *Ответвлением от воздушной линии* к вводу называется участок электропроводки от изоляторов на опоре ВЛ до изоляторов на стене или крыше здания.

*Вводом в здание* называется участок электропроводки от изоляторов на наружной стене или крыше здания до вводного устройства, соединяющий наружную электри-

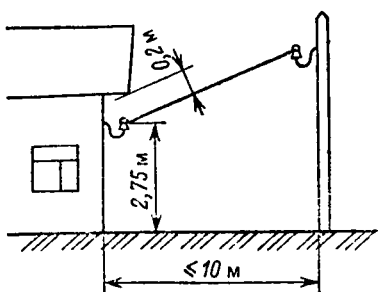


Рис. 21. Выполнение ввода в здание

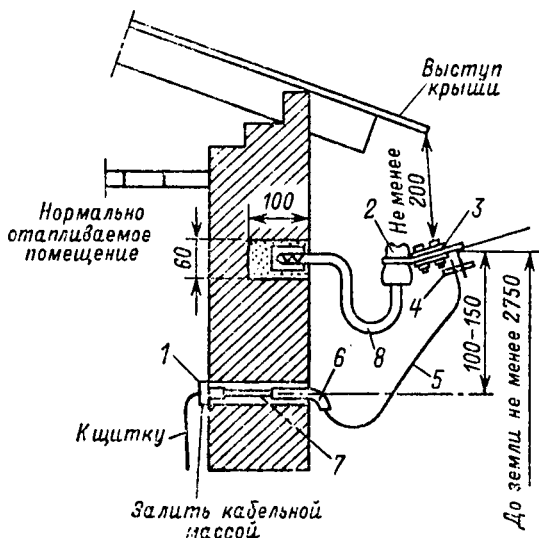


Рис. 22. Ввод в здание через кирпичную стену:

1 — втулка фарфоровая; 2 — изолятор; 3 — зажим болтовой; 4 — зажим ОАС-2; 5 — изолированный провод ввода; 6 — воронка фарфоровая; 7 — трубка изоляционная полутвердая; 8 — крюк

ческую сеть с внутренней электропроводкой. Ввод может быть и кабельным. Ответвления от воздушных линий к вводам могут выполняться проводами алюминиевыми сечением не менее  $16 \text{ мм}^2$  и изолированными алюминиевыми проводами с виниловым покрытием и несущим тросом марки АВТ-1, АВТ-2 и др.

Однопроволочные алюминиевые провода для этих целей не применяются из-за незначительной механической

прочности. Закрепление проводов ответвления на опоре и у ввода в здание необходимо производить глухими зажимами или пайкой. Закрепление проводов скруткой выполнять не следует, так как со временем контакт ослабляется, нагревается при нагрузке и может нарушиться.

Нижние точки подвеса как неизолированных, так и изолированных проводов в месте ввода в здание должны [1] находиться на высоте не менее 2,75 м от земли (рис. 21), не менее 3,5 м — над пешеходной дорожкой или тротуаром и не менее 6 м — над проезжей частью дороги. Для обеспечения расстояний до земли, а также в случаях, когда расстояние от ВЛ до здания превышает 10 м, около здания устанавливают дополнительную (подставную) опору. Расстояние между проводами ввода, а также от них до выступающих частей здания должно быть не менее 200 мм.

Вводы в здания выполняют только изолированными проводами (или кабелями) через отверстие в стене (рис. 22). При этом на каждый провод надевают гибкую изоляционную трубку с фарфоровой воронкой снаружи и фарфоровой втулкой внутри здания. Чтобы во ввод не попадала вода и не могли конденсироваться пары, воронку следует залить изоляционной кабельной массой.

Изоляторы ввода можно укреплять на крюках (рис. 22) или штырях, устанавливаемых на кронштейнах,

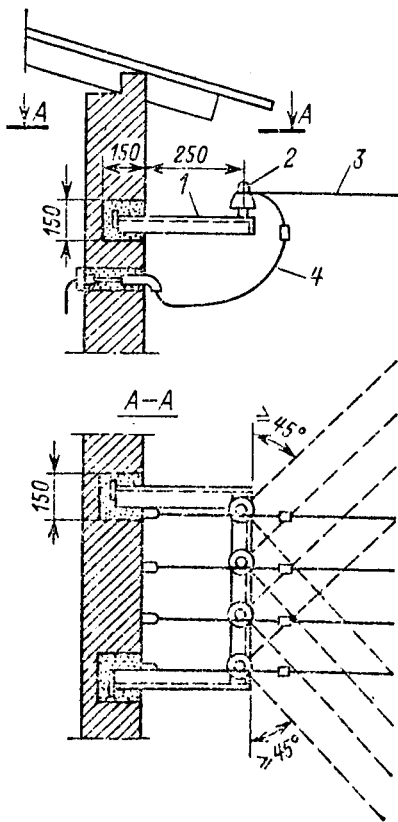


Рис. 23. Ввод в здание с кронштейна:

1 — кронштейн; 2 — изолятор;  
3 — провод ответвления; 4 —  
провод ввода



применяемых обычно для четырехпроводных вводов и проводов больших сечений (рис. 23). Каждый провод ввода следует присоединять к свободному концу провода ответвления зажимом, например, типов ОАС-1, ОАС-2, ШДК-2Б, ШДК-2В. Наиболее подходящими являются зажимы ОАС, которые обеспечивают хороший электрический контакт между стальными и алюминиевыми проводами, высокую механическую прочность и герметичность соединения, что гарантирует надежность их работы при длительной эксплуатации.

Вводы в здания, особенно небольшой высоты, можно осуществлять через трубостойки, которые крепятся к сте-

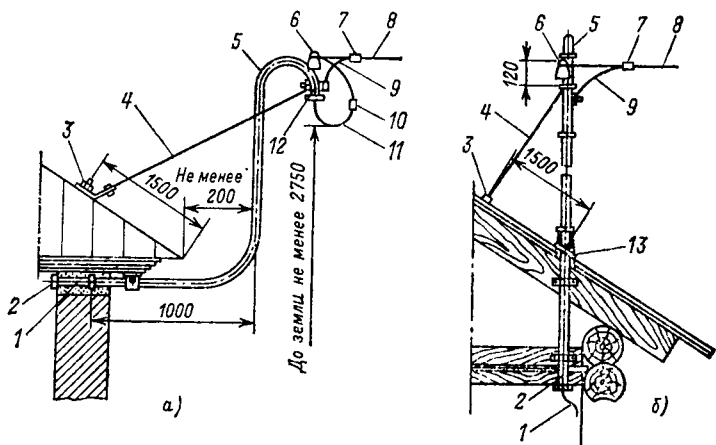


Рис. 24. Двухпроводные вводы в здания через трубостойки:

1 — труба изоляционная; 2 — втулка; 3 — крепление оттяжки трубостойки; 4 — оттяжка; 5 — трубостойка; 6 — изолятор; 7 — ответвительный зажим на нулевом (заземляющем) проводе; 8 — провод ответвления; 9 — зануляющий (заземляющий) провод; 10 — зажим, соединяющий провод ответвления с проводом ввода; 11 — провод ввода; 12 — траверса для изоляторов; 13 — подкладка (войлок с суриком)

не, крыше или подставной опоре возле здания. Наиболее надежным в эксплуатации следует считать двухпроводный ввод через стену (рис. 24, а). Он обеспечивает сохранность помещения от проникновения влаги, менее пожароопасен, прост в исполнении и эксплуатации. Ввод через крышу (рис. 24, б) конструктивно более сложен, так как нарушается целостность крыши. Необходимо указать, что для снижения опасности поражения электрическим током трубостойки зануляют (см. § 7). Однако вследст-

вие неравномерной загрузки фаз в нулевом проводе ВЛ, а следовательно, на трубостойках и кровлях может появиться напряжение в несколько десятков вольт, что в неблагоприятных условиях может представлять опасность как с точки зрения поражения электрическим током, так и возникновения пожара. Для вводов в здания применяются несколько типоразмеров трубостоек, которые выбирают в зависимости от числа проводов, высоты здания, материала кровли и стен, а также с учетом тяжения проводов ответвления.

**Внутренние электропроводки.** Внутренней электропроводкой называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями и деталями, которые размещаются внутри помещений. По способу выполнения различают следующие виды электропроводок.

*Открытая электропроводка* — это электропроводка, проложенная по поверхности стен и потолков, по фермам и другим строительным конструкциям зданий и сооружений. Прокладка проводов и кабелей ведется непосредственно по поверхности стен, потолков, на струнах, полосах, тросах, роликах, изоляторах, в трубах, коробах, гибких металлических рукавах и т. п. Открытая проводка может быть стационарная, передвижная и переносная.

*Скрытая электропроводка* — это электропроводка, проложенная в конструктивных элементах зданий и сооружений (стенах, полах, перекрытиях, фундаментах). При этом прокладка проводов и кабелей ведется в трубах, гибких металлических рукавах, коробах, в пустотах строительных конструкций, заштукатуренных бороздах, под штукатуркой и т. п.

Электропроводки в жилых домах. Марка провода и способ прокладки внутренней проводки в жилых домах выбирается с учетом имеющейся в помещениях окружающей среды. В сухих отапливаемых помещениях (жилые комнаты и т. п.) проводка выполняется открыто на роликах шнуром ПРД, ШР и др.; открыто или скрыто плоскими проводами ППВ, АППВ и др.; скрыто-изолированно — в изоляционных трубах. В сухих неотапливаемых и влажных помещениях (сени жилых домов, подвалы и т. п.) допускается открытая проводка на роликах проводами АПР, АПВ, АПРВ, АПН и др. При этом каждый провод крепится на отдельных роликах. В сырых помещениях (кухни, ванны, санузлы и т. п.) использу-

ются плоские провода и провода в изоляционных трубах в виде открытой или скрытой проводки.

Для предотвращения высыхания изоляции не допускается прокладка проводов за батареями водяного или парового отопления и по другим нагревающимся поверхностям, в том числе по поверхности дымоходов. Провода не должны касаться водо-, газопроводных, отопительных и других труб. Запрещается открыто проложенные провода и шнуры заклеивать обоями, завешивать коврами и другими предметами.

Переносные электроприборы (электронагревательные, стиральные машины, пылесосы, телевизоры и т. п.) подключаются гибкими шнурами (ШРПЛ, ШРПС, ШРПО, ШПВЛ и др.) через штепсельную розетку при помощи штепсельной вилки.

Розетки устанавливают на высоте 0,8—1 м от пола. Допускается также утопленная установка штепсельных розеток на высоте 0,3 м. При этом необходимо применять защитные устройства, закрывающие штепсельные гнезда при вынутой вилке (крышка на пружине).

Штепсельные розетки необходимо по возможности удалять от заземленных частей (трубопроводы, плиты, раковины) на расстояние не менее 0,5 м. Установка розеток в ванных комнатах запрещается. Включение светильников, находящихся в ванных комнатах и санузлах, осуществляется выключателями, установленными вне помещения на высоте 1,5 м от пола. Корпуса светильников и патронов должны быть изготовлены из изоляционного материала.

В квартирах счетчики, предохранители, выключатели и автоматические выключатели рекомендуется устанавливать в нишах, если позволяет строительная конструкция здания, или открыто на стене.

Электропроводки в животноводческих помещениях. По характеру и свойствам окружающей среды животноводческие помещения делятся на два класса: с наличием химически активной среды (паров аммиака) — коровники, телятники, птичники, овчарни; сырые — кормокухни, доильные залы, молочные и т. д.

В зависимости от класса помещения, конструктивных особенностей и возможных механических повреждений электропроводки в животноводческих помещениях выполняются: открытыми на изоляторах, на тросах тросовым проводом, кабелями и в винипластовых и стальных

трубах; скрытыми под слоем штукатурки в пластмассовых и стальных трубах.

При этом необходимо соблюдать следующие требования: нельзя располагать электропроводку над стойлами и другими местами нахождения животных; по всей трассе прохождения открытых проводов не допускается размещать сено, солому и т. п.; электрические проводки не должны проходить транзитом через помещения животноводческих ферм.

В животноводческих и птицеводческих, а также сырых и особо сырых помещениях, в помещениях с химически активной средой электропроводки рекомендуется выполнять проводами с пластмассовой изоляцией.

Провода (АПВ, АППВ, АПН, АПРВ и др.) на изоляторах следует прокладывать на высоте не менее 2,5 м. Расстояние от любой точки открыто проложенного провода до конструкции должно быть не менее 10 см. Изоляторы следует устанавливать на стальных крюках, штырях или якорях с помощью пакли, пропитанной суриком на олифе, или специальных пластмассовых колпачков с резьбой. Способы крепления изоляторов к строительной конструкции показаны на рис. 25. На рис. 25, в приведен вариант крепления изоляторов при помощи горизонталь-

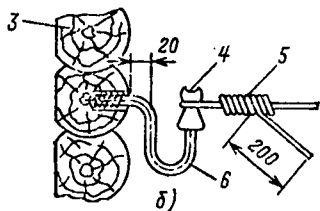
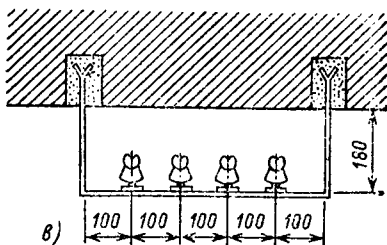
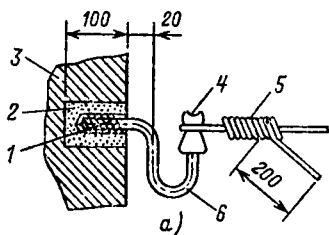


Рис. 25. Способы крепления изоляторов:

а — на кирпичной стене; б — на деревянной рубленой стене; в — на металлической скобе; 1 — проволочная намотка (спираль) по длине резьбы крюка; 2 — заливка цементным раствором; 3 — стена; 4 — изолятор; 5 — вязальная проволока; 6 — крюк

ной металлической скобы к бетонным или кирпичным конструкциям. К изоляторам провода прикрепляются с помощью мягкой стальной оцинкованной проволоки с подмоткой под нее изоляционной ленты.

В животноводческих и других помещениях электропроводка может выполняться специальными тросовыми проводами (с несущим стальным тросом) марок:

АРТ — тросовый с алюминиевыми жилами, резиновой изоляцией;

АВТ — тросовый с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией;

АВТС — алюминиевый с поливинилхлоридной изоляцией с несущим стальным тросом.

Кроме того, проводка может выполняться защищенными проводами и кабелями (АВРГ, АНРГ, АВВГ и др.) с непосредственным креплением к несущему тросу или незащищенными проводами марок АПВ и АПРВ, подвешиваемыми к несущему тросу диаметром 1,95—6,5 мм, состоящему из стальных оцинкованных проволок. Может использоваться также оцинкованная проволока диаметром 5—8 мм. При этом между точками крепления незащищенного изолированного провода к тросу должно выдерживаться расстояние не более 1500 мм.

Крепление кабелей к горизонтальным участкам стен, потолкам, вертикальным спускам, поворотам и у входа в коробки и выключатели осуществляется с помощью скоб. Изгибание кабелей на поворотах выполняется по радиусу, равному не менее шести наружных диаметров кабелей.

Электропроводки в помещениях производственных мастерских. В производственных мастерских с учетом характера помещения могут применяться те же виды электропроводок, которые применяются и в животноводческих помещениях. Кроме того, в них выполняются скрытые проводки в резиновых полутвердых (эбонитовых), резинобитумных и бумажно-металлических изоляционных трубах. Указанные трубы можно применять практически во всех помещениях, за исключением взрывоопасных. Резинобитумные, кроме того, нельзя применять в помещениях с агрессивной средой и при температуре выше 35 °С.

Скрытые проводки в изоляционных трубах выполняют в специально подготавливаемых бороздах в стенах, фундаментах, перекрытиях, других конструктивных эле-

ментах зданий, между плитами перекрытий, а также в технологических отверстиях железобетонных изделий. По сгораемым основаниям (стенам, перегородкам и т. п.) трубы прокладываются аналогично рассмотренному выше (винипластовые трубы). Следует отметить, что металлическую оболочку бумажно-металлических труб запрещается использовать в качестве заземляющих проводников.

В настоящее время большое распространение получили двух- или трехжильные изолированные провода с разьединительной пленкой. К ним относятся провода с полихлорвиниловой изоляцией марок АПВ, АППВ, АППВС и с резиновой найритовой изоляцией АППР и АПН, которыми можно выполнять скрытые проводки практически во всех помещениях. Исключение составляют взрывоопасные, особо сырые и помещения с химически активной средой.

При выполнении скрытой проводки по сгораемым основаниям под провода помещают подкладку из асбеста толщиной не менее 3 мм и оштукатуривают. Крепление провода в этом случае осуществляют алебастровым раствором. Открытая прокладка проводов может выполняться непосредственно по несгораемым конструкциям зданий. Однако в пожароопасных зонах и на чердаках это делать запрещается. Вместе с тем открытая прокладка таких проводов допускается по деревянным конструкциям с прокладкой листового асбеста толщиной не менее 3 мм. Провод АППР можно монтировать непосредственно по дереву. Крепление проводов в этом случае производится с помощью гвоздей, которые забиваются между жилами провода посередине пленки на расстоянии 200—300 мм. В местах пересечения проводов изоляция усиливается тремя-четырьмя слоями изоляционной ленты.

В сельской местности допускается прокладка плоских проводов по неоштукатуренным конструктивным элементам жилых и производственных помещений на роликах и кликах, размещаемых друг от друга на расстоянии 40 см. На рис. 26 приведены способы крепления проводов ППВ, АППВ (рис. 26, а) и АПН (рис. 26, б). При установке ролика 4 (рис. 26, а) под шляпку шурупа 3 подкладывают полоску 1 листового металла шириной 15 мм. Между проводом и пластиной кладут прокладку 2 из изоляционного картона шириной 17—18 мм. Концы металлической пластины вместе с прокладкой загибают и запи-

рают с помощью специального зажимного кольца 5. Для закрепления на роликах провода АПН разделительную пленку разрезают посередине вдоль провода так, чтобы через разрез могла пройти головка ролика. Провод на роликах закрепляют мягким шнуром. Плоские провода применять для зарядки подвесной осветительной арматуры запрещается.

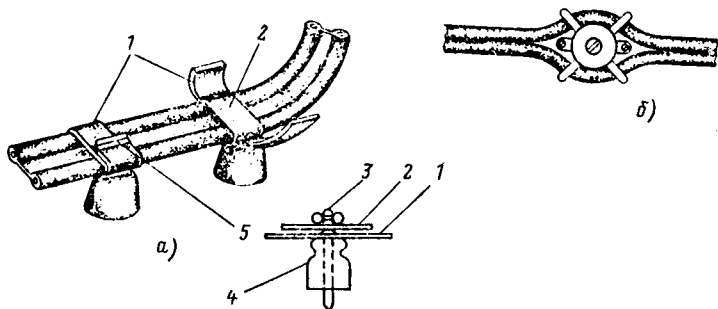


Рис. 26. Крепление проводов:  
а — ППВ и АППВ; б — АПН

**Установочная арматура и изделия.** При выполнении внутренних проводок применяют:

установочную арматуру — выключатели, предохранители, автоматические выключатели, штепсельные розетки, патроны для ламп и т. п.;

изолирующие изделия — изоляторы, ролики, втулки, воронки, изоляционные трубки, которые служат для надежной изоляции проводов от конструкций;

вспомогательные изделия и материалы — крепежные детали (шурупы, винты, болты, скобы, крюки, якоря и др.), припой и флюсы, вяжущие материалы (алебастр, цемент), изоляционные ленты, вязальные материалы (тесьма, проволока, шпагат) и т. д.;

изделия и материалы специального назначения (стальные трубы, лотки, короба, металлические гибкие рукава и др.).

Выключатели и предохранители устанавливают на распределительном щитке, который размещают в тамбуре или другом подсобном помещении или снаружи на расстоянии не более 1 м от ввода. Предохранители и автоматические выключатели можно расположить и на больших расстояниях от ввода.

При этом на опоре в начале вводного пролета следует установить грибообразные или обычные предохранители в защищенном от осадков, пыли ящике. На щитке с числом групп более трех должен быть установлен общий рубильник или другой отключающий аппарат для снятия напряжения со всей электрической проводки. В случае установки щитка на наружной стене он заключается в закрывающийся и запирающийся на замок неогороженный ящик.

При вводах в помещения с химически активной средой и пожароопасные через кровлю из горючих материалов предохранители и выключатели устанавливают до ввода в здание на наружной стене, в тамбуре или на ближайшей опоре ВЛ. Закрытые выключатели, корпус и ручка которых изготовлены из изолирующего материала, могут монтироваться в коридорах, тамбурах и других удобных для пользования местах на высоте 1,5—1,8 м от пола в рассечку фазного провода.

Штепсельные розетки для переносных и перевозных электроприемников устанавливают на высоте 0,8—1 м от пола. Они должны иметь конструкцию, исключающую возможность прикосновения к токоведущим частям. Розетки снабжают добавочным гнездом для заземления (соединения с нулевым проводом). Штепсельные вилки должны иметь заземляющий контакт, который замыкается раньше, а отключается позднее основных токоведущих контактов. Примером могут служить розетки типа У-94-Б (брызгонепроницаемые повышенной механической прочности), У-95-БМ, а также штепсельное соединение типа ШСС-1 (брызгонепроницаемое для закрепления на трубе), ШСС-2 (для установки на плоскости) и штепсельные разъемы типов ШРС-3-1, ШРС-4, ШРС-5 для присоединения светильников к сети.

**Эксплуатация электропроводок.** При эксплуатации внутренних проводок обслуживающий персонал должен обеспечить надежную работу проводок, щитков, предохранителей, выключателей и осветительной аппаратуры. Осмотры и чистку оборудования в помещениях с нормальной средой следует производить не реже 1 раза в 6 мес, а в остальных помещениях (сырых, особо сырых, с химически активной средой и т. п.) — не реже 1 раза в 3 мес. При осмотрах щитков следует проверять прочность всех контактных соединений, нагрев отдельных частей, состояние защиты открытых токоведущих частей.



При осмотре предохранителей и автоматических выключателей проверяют состояние контактных частей (отсутствие подгаров) и их корпусов, наличие калиброванной плавкой вставки и соответствие номинального тока плавкой вставки или автоматического выключателя фактической нагрузке. Обслуживающий персонал должен иметь запас калиброванных плавких вставок или предохранителей, а также автоматических выключателей. Устанавливать плавкие вставки на ток, превышающий расчетный, или применять некалиброванные вставки из отрезков проволоки запрещается.

При осмотре выключателей, переключателей и штепсельных розеток проверяют исправность крышек, состояние поверхности контактов, соответствие фактической нагрузки номинальному току аппаратов и наличие в штепсельной розетке третьего контакта для присоединения зануляющего провода. Выключатели и переключатели должны быть включены в рассечку фазного провода, а штепсельные розетки никогда не защищаются предохранителями.

При осмотре осветительных приборов необходимо проверять надежность крепления стеклянных колпаков, правильность подключения проводов к патрону (фазный провод должен подключаться к контактному винту патрона, а нулевой — к его винтовой гильзе) и наличие на осветительном приборе винта для присоединения зануляющего провода.

При осмотре внутренней проводки необходимо обращать внимание на: наличие провисания, обрывов и прикосновения проводов к частям здания и оборудования; повреждения изоляции проводов; состояние изоляторов и роликов и правильность закрепления на них проводов и др.

Все неисправные элементы электропроводки, а также установочную арматуру и приборы ремонтируют или заменяют. Следует принимать все меры по предотвращению повреждений и по защите проводки во время ремонта помещения. Очень важным при эксплуатации является контроль состояния изоляции электропроводок, поскольку, подвергаясь воздействию ряда факторов, приводящих с течением времени к ее старению, изоляция может потерять электрическую и механическую прочность. Это может привести к пробое изоляции с вытекающими последствиями: возникновением коротких замыканий и воспла-

менением самой изоляции или окружающей горячей среды; выносом опасных потенциалов на корпуса оборудования, в том числе технологического, конструкции здания.

Состояние изоляции электропроводок проверяется измерением ее сопротивления при помощи мегаомметра типа М-1101 на 1000 В не реже 1 раза в 2 года для помещений с нормальной средой и не реже 1 раза в год для остальных помещений. Обязательно проверяется изоляция вновь смонтированной или отремонтированной электропроводки.

Измерение сопротивления проводят при снятых предохранителях или их плавких вставках на участке между смежными предохранителями (или другими защитными аппаратами) или за последними предохранителями между каждым проводом и землей, а также между каждым двумя фазными проводами по схемам, показанным на рис. 27. При этом в силовых цепях должны быть отключены электроприемники, аппараты, приборы, лампы в осветительных цепях вывинчены, групповые щитки, штепсельные розетки и выключатели (во включенном положении) присоединены к сети. Сопротивление изоляции, измеренное при таких условиях, должно быть не менее 0,5 МОм.

Если сопротивление изоляции окажется 0,5 МОм, то ее испытывают в течение 1 мин переменным напряжением 1 кВ от переносного трансформатора или мегаомметра на 2500 В. Если в результате испытания сопротивле-

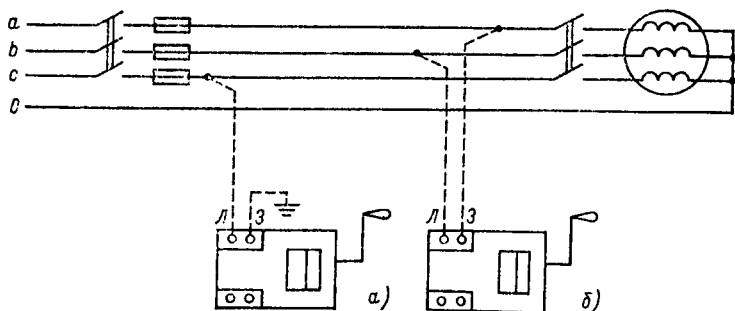


Рис. 27. Схема присоединения мегаомметра при измерении сопротивления изоляции:

а — между проводом и землей; б — между проводами

ние изоляции не уменьшается, то в зависимости от характера помещения изоляцию можно оставить в эксплуатации до замены при плановом ремонте или аварийный участок надо заменить немедленно.

## **4 Оборудование, аппаратура управления и защиты, применяемые в электроустановках**

Любая электрическая сеть комплектуется аппаратами управления и аппаратами защиты, которые обеспечивают включения, переключения и выключения электрических цепей в нормальных и аварийных режимах.

Аппараты управления (рубильники, выключатели, контакторы, магнитные пускатели и т. п.) устанавливают в цепи каждого токоприемника, а также в узловых пунктах сети, где повседневно потребители включаются под нагрузку. Исключением являются токоприемники малой мощности (с аппаратом защиты до 15 А) и переносные мощностью до 0,5 кВт, включаемые в сеть с помощью штепсельных розеток.

Аппараты защиты (плавкие предохранители, автоматические выключатели и т. п.) устанавливают в местах присоединения токоприемников, а также на вводах в здания и в местах, где снижаются сечения проводников (в направлении от источника питания к потребителям). Групповую осветительную или силовую сеть защищают предохранителями на групповых щитках, которые располагают в центре нагрузок и размещают в местах, доступных для обслуживания.

**Неавтоматические выключатели.** Неавтоматические выключатели — это коммутационные аппараты, как правило, с ручным приводом, предназначенные для сравнительно редких включений и отключений электрических цепей, а также для переключения участка цепи с одного источника питания на другой. Некоторые виды выключателей используются также для редких пусков и остановов электродвигателей. К неавтоматическим выключателям относятся рубильники и переключатели, пакетные выключатели.

**Рубильники и переключатели.** Рубильники применяют в цепях переменного и постоянного тока

в качестве входного аппарата, позволяющего отключить электроустановку или отдельные ее участки от сети питания. Рубильники подразделяют по следующим признакам:

- по числу полюсов — одно-, двух- и трехполюсные;
- по расположению зажимов для присоединения проводов или шин — с задним или передним присоединением;
- по роду привода — с центральной или боковой рукояткой, с центральным или боковым рычажным приводом;
- по наличию разрывных контактов — с разрывными искрогасительными контактами и без них.

Рубильники без разрывных контактов имеют контактную систему, состоящую из неподвижно укрепленных пружинящих губок и плоских рубящих ножей. Последние жестко соединены изолирующей траверсой, на которой укреплена рукоятка привода. Такие рубильники применяют только в тех установках переменного тока напряжением до 220 В, в которых при отключении не возникает электрической дуги. В установках постоянного тока напряжением 220 В и переменного тока напряжением 380 В и выше их используют только для включения и отключения обесточенных цепей. При отключении токов нагрузки

Т а б л и ц а 1. Классификация рубильников и переключателей единой серии

Наименование аппарата	Род привода	Вид присоединения	Число полюсов	Типы аппаратов для цепей с номинальным током, А			
				100	200	400	600
Рубильник разъединитель	Центральная рукоятка	Переднее и заднее	1	P11	P12	P-4	P16
			2	P21	P22	P24	P26
			3	P22	P32	P34	P36
Переключатель-разъединитель	То же	Заднее	1	П11	П12	П14	П16
			2	П21	П22	П24	П26
			3	П31	П32	П34	П36
Рубильник	Боковая рукоятка	Переднее	2	PБ21	PБ22	PБ24	PБ26
			3	PБ31	PБ32	PБ34	PБ36
			3	ПБ21	ПБ22	ПБ24	ПБ26
Переключатель	То же	То же	2	ПБ31	ПБ32	ПБ34	ПБ36
			3	РПБ21	РПБ22	РПБ24	РПБ26
			3	РПБ31	РПБ32	РПБ34	РПБ36
Рубильник	Боковой рычажной привод	» »	2	РПБ21	РПБ22	РПБ24	РПБ26
			3	РПБ31	РПБ32	РПБ34	РПБ36
			3	ППБ21	ППБ22	ППБ24	ППБ26
Переключатель	То же	» »	2	ППБ31	ППБ32	ППБ34	ППБ36
			3	РПЦ21	РПЦ22	РПЦ24	РПЦ26
			3	РПЦ31	РПЦ32	РПЦ34	РПЦ36
Рубильник	Центральный рычажный привод	» »	2	РПЦ21	РПЦ22	РПЦ24	РПЦ26
			3	РПЦ31	РПЦ32	РПЦ34	РПЦ36
			3	ППЦ21	ППЦ22	ППЦ24	ППЦ26
Переключатель	То же	» »	2	ППЦ31	ППЦ32	ППЦ34	ППЦ36
			3	ППЦ21	ППЦ22	ППЦ24	ППЦ26
			3	ППЦ31	ППЦ32	ППЦ34	ППЦ36

при указанных напряжениях рубильники снабжают съемными дугогасительными камерами в виде решеток со стальными пластинками. У рубильников, имеющих разрывные искрогасительные контакты, в момент отключения сначала разрывается цепь на главных контактах, а затем разрываются искрогасительные контакты.

В настоящее время выпускаются рубильники единой серии (табл. 1) на токи 100—600 А. В обозначениях рубильников принято: РБ — рубильник с боковой рукояткой, РПБ — рубильник с боковым рычажным приводом, РПЦ — рубильник с центральным рычажным приводом. На рис. 28, а показан рубильник РБ, а на рис. 28, б — рубильник РПЦ.

Кроме рубильников единой серии выпускаются рубильники серии РО с центральной рукояткой на ток 100—

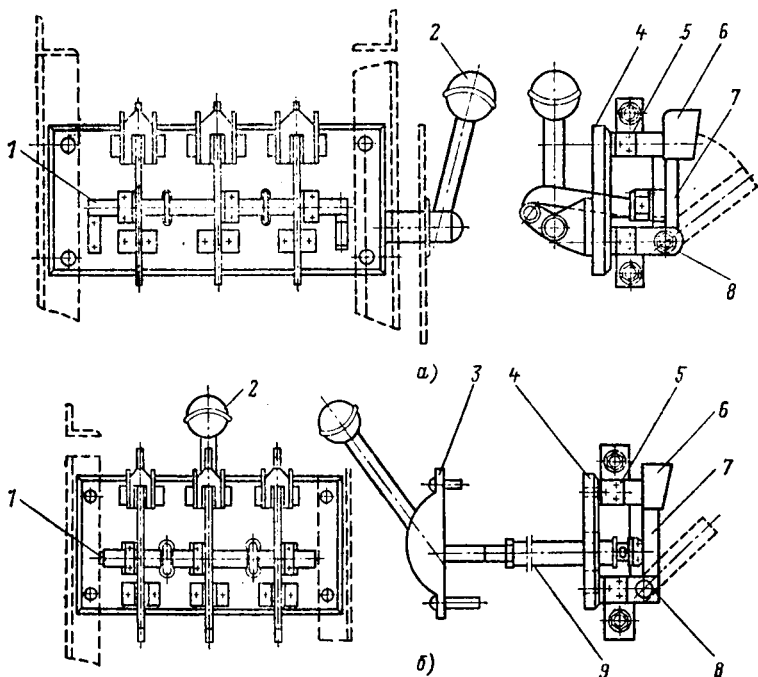


Рис. 28. Трехполюсные рубильники:

а — рубильник РБ с боковой рукояткой; б — рубильник РПЦ с центральным рычажным приводом; 1 — траверса; 2 — рукоятка; 3 — основание привода; 4 — изолирующее основание; 5 — контактная стойка; 6 — дугогасительная камера; 7 — нож; 8 — шарнирная стойка; 9 — тяга

400 А и серии РП с центральным рычажным приводом на ток 600 и 1000 А. В обозначениях рубильников серий РО и РП первая цифра указывает габарит, вторая — номинальный ток (например, РП-5-600).

Рубильники-переключатели используются для переключения установки или отдельных ее участков с одного источника питания на другой, для переключения электродвигателя с одной панели на другую (резервную) или для изменения схемы установки. Переключатели имеют на каждый полюс по три контактных стойки в отличие от рубильников, имеющих две стойки. В остальном все сказанное выше о рубильниках в равной мере относится к переключателям. В обозначениях переключателей единой серии (табл. 1) принято: П — переключатель, ППБ — переключатель с боковым приводом, ППЦ — переключатель с центральным рычажным приводом.

При установке рубильников и переключателей необходимо, чтобы: рубильники и переключатели, предназначенные для отключения цепей под нагрузкой, монтировались только в вертикальном положении; в установках напряжением 380 В и выше применялись рубильники и переключатели только с рычажным приводом или с защитными кожухами; при монтаже был обеспечен надежный контакт в местах присоединения шин и проводов; металлические нетоковедущие части рубильников и переключателей были заземлены; контакты были смазаны тонким слоем смазки ЦИАТИМ-201.

Пакетные выключатели и переключатели. Пакетные выключатели и переключатели применяются для редких включений и переключений электрических цепей под нагрузкой, а также для ручного включения, выключения и реверсирования короткозамкнутых асинхронных двигателей.

Пакетные выключатели, как правило, имеют клиновые контакты и контактные шайбы с пружинящими контактными губками. Контактные узлы находятся внутри невысоких изоляционных цилиндров, называемых пакетами и устанавливаемых один над другим; в каждом пакете располагается контактный узел одной коммутируемой цепи. Неподвижные контакты 7 пакетного выключателя (рис. 29), к которым присоединяются подводящие провода, устанавливаются в пазах наружного кольца пакета 2. В центре пакета проходит четырехгранный изолированный валик 9, на который насаживаются подвижные

контакты 10. При установке валика в определенное положение неподвижные контакты переключаются подвижным контактом. В крышке 4 пакетного выключателя установлены ось 6 с рукояткой 5 и механизмом, который служит для поворота контактного валика 9. Механизм состоит из заводной спиральной пружины с двумя поводками; один из поводков жестко связан с осью, а другой —

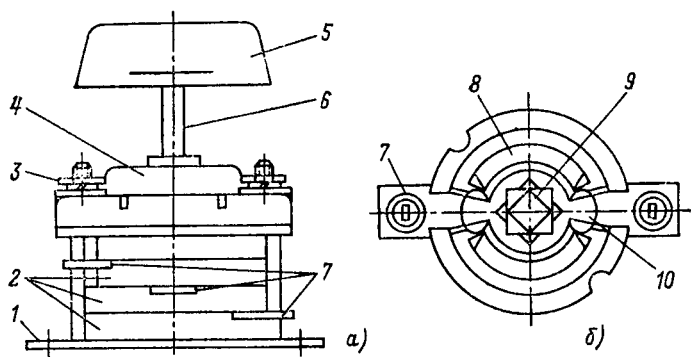


Рис. 29. Пакетный выключатель:  
а — общий вид; б — пакет (секция)

с контактным валиком через фасонную шайбу, фиксирующую положение валика по отношению к упорам, выполненным в виде выступов на крышке. При повороте рукоятки 5 сначала натягивается заводная пружина, а затем освобождается фиксирующая шайба. Под действием пружины контактный валик с большой скоростью, не зависящей от скорости поворота рукоятки, поворачивается на заданный угол, определяющий переход одного контактного узла из включенного положения в отключенное и наоборот.

Возникающая при операциях пакетным выключателем электрическая дуга гасится углекислым газом, который выделяется из искрогасительной фибровой шайбы 8. Все элементы пакетного выключателя собираются на скобе 1 стяжными шпильками и закрепляются крышкой 4 с помощью гаек 3. Скоба имеет монтажные пазы для установки и монтажа пакетного выключателя.

Собирая пакеты с подвижными контактными шайбами разной конфигурации и располагая по-разному неподвижные контакты, можно получить различные схемы

выключателя. Наибольшее распространение имеют одно-, двух- и трехполюсные пакетные выключатели и трехполюсные переключатели на два направления.

В табл. 2 приведены данные о некоторых распространенных пакетных выключателях и переключателях. Кроме указанных в таблице, выпускаются также кулачковые пакетные выключатели с мостиковыми контактами серий ПКВ и ПКП. В отличие от выключателей серий ПВ и ПП

**Т а б л и ц а 2. Пакетные выключатели и переключатели открытого исполнения**

Наименование аппарата	Тип	Номинальный ток, А, при напряжении	
		220 В	380 В
<b>Выключатели:</b>			
однополюсные	ПВ1-10	6	4
двухполюсные	ПВ2-10	10	6
	ПВ2-25	25	15
	ПВ2-60	60	40
	ПВ2-100	100	60
трехполюсные	ПВ3-10	10	6
	ПВ3-25	25	15
	ПВ3-60	60	40
	ПВ3-100	100	60
<b>Переключатели:</b>			
однополюсные на два направления с двумя нулевыми положениями	ПП1-10/Н2	6	4
то же без нулевых положений	ПП1-10/4с	6	4
двухполюсные на два направления с одним нулевым положением	ПП2-10/Н2	10	6
	ПП2-25/Н2	25	15
	ПП2-60/Н2	60	40
	ПП2-100/Н2	100	60
то же без нулевых положений	ПП2-10/4с	10	6
	ПП2-25/4с	25	15
трехполюсные на два направления с одним нулевым положением	ПП3-10/Н2	10	6
	ПП3-25/Н2	25	15
	ПП3-60/Н2	60	40
	ПП3-100/Н2	100	60
двухполюсные на три направления с одним нулевым положением	ПП2-10/Н3	10	6
	ПП2-25/Н3	25	15
	ПП2-60/Н3	60	40
трехполюсные на три направления с одним нулевым положением	ПП3-10/Н3	10	6
	ПП3-25/Н3	25	15
	ПП3-60/Н3	60	40



контакты здесь мостиковые и управляются фигурными кулачками без моментного переключения.

Перед монтажом пакетный выключатель необходимо тщательно очистить от консервационной смазки, а после сборки контактные поверхности, к которым присоединяются провода, смазать тонким слоем технического вазелина. При монтаже подводящих проводов надо следить за тем, чтобы эти провода не создавали дополнительных усилий на неподвижные контакты выключателя.

Эксплуатация неавтоматических выключателей. Наиболее уязвимыми частями рубильников являются контактные поверхности соприкосновения ножей с губками. Контактные поверхности должны быть всегда чистыми, так как появление на них слоя окиси или грязи увеличивает сопротивление, что вызывает местный перегрев рубильника. Причиной перегрева и подгорания контактных поверхностей может также служить неплотное прилегание поверхностей губок и ножей. Если рубильник сравнительно часто включается и выключается, его контакты самозачищаются и их специально зачищать не следует. Если же рубильник находится во включенном положении длительно, то полезно регулярно — 1 раз в сутки — при снятой нагрузке произвести рубильником два-три включения и отключения. В случае частого отключения рубильником тока под нагрузкой нужно периодически, не реже 1 раза в 3 мес, осматривать контакты рубильника и зачищать контактные поверхности личным напильником или шабером, удаляя при этом наплывы и капли застывшего металла. После зачистки контактные поверхности следует протереть смоченной бензином салфеткой.

В процессе эксплуатации необходимо следить за истиранием контактных поверхностей ножей и особенно контактных губок рубильника, не доводя до обламывания концов губок, а также за состоянием контактных соединений между выводами рубильника и подводящими проводами (кабелями). Наряду с этим в процессе эксплуатации необходимо наблюдать и осуществлять уход за шарнирными соединениями привода, если они имеются. Уход предусматривает периодическое возобновление смазки в случае ее высыхания; можно использовать смазку ЦИАТИМ-201 или смесь тавота или технического вазелина с мелко истолченным графитом.

В процессе эксплуатации пакетных выключателей

и переключателей следует наблюдать за креплением их к панели и за нагревом выводов выключателя. При чрезмерном нагреве неподвижных контактов выключатель необходимо демонтировать и устранить причины перегрева. Необходимо также периодически, не реже 1 раза в 3 мес, очищать выключатели при снятом напряжении от пыли и грязи с помощью сухой салфетки. Один раз в 5 лет или после выполнения гарантированного числа операций выключатель следует разобрать и осмотреть, обращая при этом внимание на износ, наличие и достаточность нажатия контактов, целостность изоляционных корпусов пакетов и фибровых шайб, отсутствие трещин и вмятин в изоляции контактных валиков, состояние пружины моментного включения и износ фиксирующих элементов. После осмотра смоченной бензином салфеткой необходимо протереть все детали выключателя, удалить загрязненную смазку с деталей включающего механизма, смазать его ЦИАТИМ-201 или другой смазкой, собрать выключатель и смазать контактные поверхности неподвижных контактов техническим вазелином. Для проверки, не вызывало ли прохождение токов короткого замыкания сваривания или недопустимой деформации деталей выключателя и его контактов, необходимо путем включения и отключения выключателя убедиться в отсутствии заедания контактов и проследить за нагревом выводов неподвижных контактов.

Для очистки контактов выключателя от окислов желательно, если контакты длительно находятся под током, 1 раз в сутки произвести одно-два включения или отключения цепи.

Ремонт рубильников и переключателей, а также пакетных выключателей и переключателей сводится в основном к замене изношенных и поврежденных деталей запасными. При этом некоторые детали могут изготавливаться в местных условиях по образцам заменяемых.

**Плавкие предохранители.** Плавкий предохранитель — это коммутационный аппарат однократного действия, в котором при токе больше заданного значения размыкается электрическая цепь за счет расплавления плавкой вставки, нагреваемой током. Он служит для защиты участка цепи или электрической установки от действия токов короткого замыкания (КЗ) или от длительных перегрузок. В электрических сетях хозяйственного назна-

чения плавкие предохранители применяют на напряжении до 35 кВ. В частности, для защиты силовых трансформаторов на подстанциях напряжением 35 кВ используют предохранители типа ПСН-35.

В электрических сетях до 1 кВ применяются плавкие предохранители следующих видов:

с открытой плавкой вставкой серии П; предохранители этой серии не имеют устройств, ограничивающих объем дуги, выброс пламени и частиц расплавленного металла;

с полузакрытым патроном серии СПО или ПТ; патрон предохранителя этих серий открыт с одной или двух сторон, что несколько ограничивает выбросы пламени и металла;

с закрытым патроном, в котором дуга гасится без выброса ионизированных газов; в предохранителях без наполнителя, плавкая вставка находится в заполненном воздухом патроне (серий Е27, Е33, ПР1, ПР2, ПРС), в предохранителях с наполнителем — в патроне, заполненном кварцевым песком (серий НПН, ПН2, ПНБ, ПРТ и др.). Предохранители серий Е и ПРС — пробочные.

Основными параметрами предохранителей является номинальный ток, номинальное напряжение и предельный ток отключения.

Номинальный ток предохранителя  $I_{\text{ном,пр}}$  (указан на предохранителе) равен наибольшему из номинальных токов плавких вставок, предназначенных для данного предохранителя.

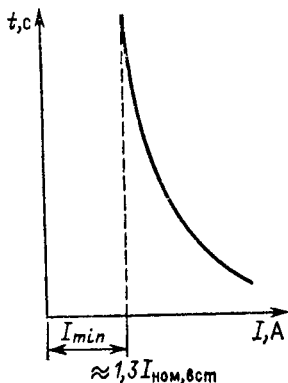
Номинальный ток плавкой вставки  $I_{\text{ном,вст}}$  — это ток, указанный на плавкой вставке, при котором она работает длительное время и не расплавляется. Номинальный ток плавкой вставки должен быть всегда меньше или равен номинальному току предохранителя ( $I_{\text{ном,вст}} \leq I_{\text{ном,пр}}$ ).

Номинальное напряжение предохранителя  $U_{\text{ном,пр}}$  указывается на предохранителе и соответствует наибольшему номинальному напряжению сети, в которой допускается установка данного предохранителя.

Предельный ток отключения  $I_{\text{пред,пр}}$  — наибольшее значение тока КЗ, при котором гарантируется надежная работа предохранителя, т. е. обеспечивается гашение дуги без каких-либо повреждений.

рис. 30. Ампер-секундная характеристика плавкой вставки

Важной характеристикой предохранителя является ампер-секундная или защитная характеристика вставки, представляющая собой зависимость времени  $t$  перегорания плавкой вставки от протекающего по ней тока  $I$  (рис. 30). Как видно из рисунка, время перегорания плавкой вставки быстро уменьшается с увеличением тока.



Предохранители, устанавливаемые в сетях 380 В и ниже, должны выдерживать ток, равный  $1,3 I_{\text{ном,вст}}$ , неограниченно длительное время, а ток  $1,6 I_{\text{ном,вст}}$  — до 1 ч. При токах  $(2 \div 2,5) I_{\text{ном,вст}}$  время снижается до нескольких минут или секунд в зависимости от типа предохранителя и плавкой вставки. При выборе плавких вставок необходимо учитывать защитные характеристики каждой отдельной вставки. Семейства таких характеристик имеются для каждой серии предохранителей.

В электрических сетях сельского хозяйства наибольшее применение получили предохранители серий Е, ПРС, ПР, ПН и НПН; технические данные некоторых из них приведены в табл. 3.

Предохранители пробочные серии Е применяются главным образом для защиты участков осветительной сети переменного тока. Они могут также использоваться для защиты пусковых устройств с номинальным напряжением до 500 В электродвигателей в случаях, когда максимальное значение тока короткого замыкания (КЗ) на защищаемом участке не превышает 2000 А.

Предохранитель состоит из фарфорового основания, на котором смонтированы стальная оцинкованная обойма с выдавленной резьбой и плоская контактная пластина с выводными шпильками, фарфоровой крышки и фарфоровой пробки, на которой смонтированы стальная оцинкованная трубка с выдавленной резьбой и контактный колпачок. Между трубкой и колпачком внутри проб-

Т а б л и ц а 3. Технические данные плавких предохранителей

Т п	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А		Отключающая способность при токах КЗ, А, менее
		предохранителя	плавкой вставки	
Е27	380	25	4, 6, 10, 15, 20, 25	600
Е33	380	60	10, 15, 20, 25, 30, 60	1000
ПРС6	380	6	1, 2, 4, 6	2000
ПРС20	380 (500)	20	10, 16, 20	—
ПРС63	380 (500)	63	25, 40, 63	6000
ПРС100	380 (500)	100	80, 100	
ПР2	380/500	15	6, 10, 15	8000/7000
(2-й габарит)	380/500	60	15, 20, 25, 35, 45, 60	4500/3500
	380/500	100	60, 80, 100	11 000/10 000
	380/500	200	100, 125, 160, 200	11 000/10 000
	380/500	100	30, 40, 50, 60, 80, 100	28 000/25 000
ПН2	380/500	250	80, 100, 120, 150, 200, 250	28 000/25 000
	380/500	15	6, 10, 15	—/2160
	380/500	60	15, 20, 25, 35, 45, 60	—/4670
НПН15				
НПН60				

ки находится плавкий проволочный мостик, концы которого припаяны к трубке и колпачку.

Предохранители серий ПР1 и ПР2 применяются для защиты установок переменного тока с напряжением до 250 В (первый габарит) и с напряжением до 500 В (второй габарит). Они могут использоваться и для защиты установок постоянного тока напряжением до 220 и 440 В. Предохранители серии ПР выпускаются на номинальные токи от 15 до 1000 А в двух исполнениях (по длине) патронов (на 230 и 500 В).

Собственно предохранитель серии ПР2 (рис. 31) состоит из фибрового патрона 1 с концевой металлической обоймой 3, на которой имеется резьба, плавкой вставки 2, крепящейся к контактными ножами 5, и металлических колпачков 4 с резьбой и прорезями для контактных но-

жей. Предохранитель вставляется в две контактные стойки с пружинящими губками. Необходимое контактное нажатие между контактной стойкой и головкой или ножом патрона осуществляется в предохранителях 6—

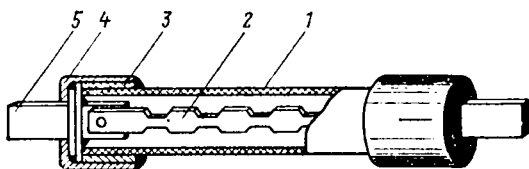


Рис. 31. Разборный предохранитель серии ПР

60 А за счет пружинящих свойств контактных губок стойки, в предохранителях на 100—350 А при помощи стальной кольцевой пружины и в предохранителях на 600—1000 А с помощью винта с пластмассовой рукояткой, установленного на контактной стойке. Предохранители на 100, 200 и 350 А имеют унифицированные контактные стойки, как у рубильников и переключателей единой серии. Предохранители серии ПР1 отличаются от предохранителей ПР2 размерами и конфигурацией отдельных деталей.

Предохранители серии ПН2 обладают повышенной коммутационной способностью и, начиная с тока 5000 А, работают как токоограничивающие. Поэтому их можно использовать для защиты электроустановок при любой мощности питающей сети с напряжением до 500 В переменного тока и до 400 В постоянного тока. Предохранители серии ПН2 получили наибольшее распространение в распределительных сетях сельскохозяйственного назначения. Благодаря своей высокой механической прочности они могут использоваться в блоке рубильник—предохранитель. Предохранители изготавливаются на номинальные токи от 100 до 600 А.

Предохранитель ПН2 (рис. 32) — разборный, состоит из фарфорового патрона 3 квадратного сечения, двух металлических крышек 2, прикрепленных к торцам патрона с круглой внутренней полостью, двух контактных ножей 1 и плавких вставок 4, закрепленных между ножами. Внутренняя полость патрона заполняется сухим

кварцевым песком, который обеспечивает быстрое гашение дуги и охлаждение возникающих при плавлении вставки газов. Для герметизации патрона имеется прокладка 5.

Плавкие вставки штампуются из тонкой медной ленты. В средней части вставки напаяется оловянный ша-

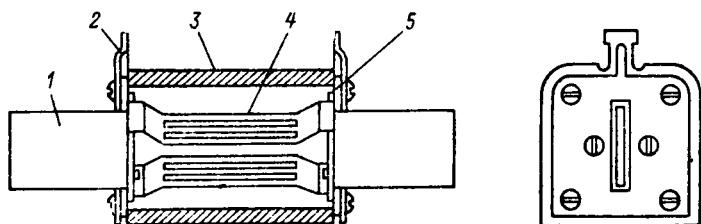


Рис. 32. Предохранитель серии ПН2

рик, который плавится при более низкой температуре в отличие от ленты. Этим снижается температура плавления ленты и обеспечивается перегорание плавкой вставки при токах перегрузки.

Предохранители устанавливаются на контактные стойки с пружинящими губками, которые крепятся на изоляционной панели или на специальных изоляторах, устанавливаемых и на металлических панелях. Контактные стойки предохранителей — штампованные, из твердой меди. Контактные нажатия между губками стоек и ножами патрона осуществляются разрезными пружинящими стальными кольцами. Для безопасности обслуживания на крышках патронов предохранителя имеются Т-образные выступы, за которые при отсутствии нагрузки в цепи патрон предохранителя можно вынуть из контактных стоек при помощи специальной съемной ручки, пригодной для любых патронов серии ПН2.

Эксплуатация предохранителей всех типов сводится к контролю за состоянием и нагревом контактных соединений и к замене перегоревших плавких вставок (пробок). Замену предохранителей (пробок) можно производить без снятия напряжения с установки, но при обязательном отключении нагрузки с защищаемой линии другим аппаратом. Эту работу следует выполнять в защитных очках, стоя на диэлектрическом коврике.

Патроны предохранителей следует извлекать с помощью изоляционных клещей, специальной съемной ручки или рукой, защищенной диэлектрической перчаткой. При обслуживании предохранителей следует помнить о совершенно недопустимом использовании «жучков», что может при случайном их перегорании во время осмотра предохранителя или во время установки в контактные стойки (ввинчивания в гнездо патрона) привести к несчастному случаю.

Особенность предохранителей серий ПР заключается в том, что после трех отключений одним патроном предельных значений тока фибровая трубка должна быть заменена. Необходимо при смене плавкой вставки обращать внимание на надежность контактного соединения между концами плавкой вставки с торцами нажимных колпачков или контактных ножей. Запасные цинковые плавкие вставки для предохранителей ПР при хранении покрываются слоем плохо проводящего окисла, поэтому перед установкой в патрон такую плавкую вставку следует очистить от окисла в тех местах, где она соприкасается с ножом.

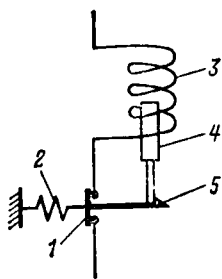
Ремонт предохранителей серии Е сводится к замене разбитых фарфоровых элементов и плавких вставок. При этом плавкая вставка должна устанавливаться внутри корпуса пробки, а ее концы надежно припаяны к контактными элементами пробки; при пайке не следует пользоваться кислотой из-за возможности усиленной коррозии.

При ремонте предохранителей серии ПР заменяют запасными вышедшие из строя детали. Некоторые из них (контактные стойки, ножи и плавкие вставки) при отсутствии запасных могут изготавливаться в мастерских. При этом для изготовления плавких вставок можно использовать листовой цинк марки Ц0 и Ц1. Конфигурация и толщина плавкой вставки должны быть такими же, как у стандартной вставки. Изготовление в местных условиях фибровых патронов не рекомендуется.

При повреждении фарфоровой трубки патрона предохранителя ПН2 (сколы на торцевых поверхностях, повреждения резьбы, сквозные трещины) ее следует заменить, так как при отключении токов короткого замыкания такой патрон может разрушиться. При отсутствии чистого кварцевого песка можно использовать чистый речной песок с диаметром песчинок 0,2—1 мм. Для этого песок просеивается, а затем многократно промывается во-



Рис. 33. Принципиальная схема действия автоматического выключателя



дой до тех пор, пока сливаемая вода не станет совершенно прозрачной; промытый песок просушивается при комнатной температуре и прокаливается в фарфоровом сосуде при температуре до  $180^{\circ}\text{C}$ .

Плавкие вставки выбираются в соответствии с расчетом и результатами опробования защиты отдельных элементов сети.

При эксплуатации необходимо следить, чтобы расстояния между токоведущими частями предохранителей различных фаз и заземленными частями электроустановки были не менее 12 мм для 380 В и не менее 20 мм для 500 В.

**Автоматические выключатели.** Автоматический выключатель — коммутационный аппарат, предназначенный для автоматического отключения цепей при возникновении в них недопустимых перегрузок и токов короткого замыкания, для нечастых отключений и включений цепей в нормальных режимах, для пуска и отключения асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и защиты их от недопустимой перегрузки.

Наиболее распространены автоматические выключатели максимального тока (применяются также автоматические выключатели минимального напряжения), принцип действия которых состоит в следующем. Когда ток в обмотке 3, включенной в цепь последовательно (рис. 33), превысит заданное значение, сердечник 4 втягивается и освобождает защелку 5. Под действием пружины 2 контакты 1 цепи размыкаются.

Наибольшее применение получили выключатели серий АП50, АК5, АЗ700, АВ, АВМ, АБ25 и др. Автоматическое срабатывание выключателя обеспечивает расцепитель. Автоматические выключатели изготавливаются нескольких типов — с электромагнитным, тепловым и комбинированным расцепителями. Как правило, автоматические выключатели имеют ручное включение. Однако выключате-

ли серий АВ, АВМ и некоторые автоматические выключатели иностранного производства имеют также электромагнитный или электродвигательный привод.

Автоматические выключатели характеризуются следующими основными параметрами:

1) номинальным напряжением  $U_{\text{ном,ав}}$ , соответствующим наибольшему номинальному напряжению сетей, в которых разрешается применять выключатель;

2) номинальным током  $I_{\text{ном,ав}}$  — наибольшим током, на который рассчитаны токоведущие и контактные части выключателя, равным наибольшему из номинальных токов расцепителя;

3) номинальным током расцепителя  $I_{\text{ном,элм}}$ ,  $I_{\text{ном,теп}}$  или  $I_{\text{ном,комб}}$  — наибольшим током, на который рассчитан расцепитель, при длительной работе не вызывающим срабатывания расцепителя;

4) номинальным током уставки теплового расцепителя  $I_{\text{ном,уст,теп}}$  — током, на который отрегулирован тепловой расцепитель и при котором последний не срабатывает. Он выбирается:

$I_{\text{ном,уст,теп}} = (0,6 \div 1) I_{\text{ном,теп}}$  — для выключателей с регулировкой тока уставки;

$I_{\text{ном,уст,теп}} = I_{\text{ном,теп}}$  — для выключателей без регулировки тока уставки;

5) током срабатывания (уставки) расцепителя ( $I_{\text{ср,элм}}$ ,  $I_{\text{ср,теп}}$ ) — наименьшим током, при котором срабатывает расцепитель автоматического выключателя.

$I_{\text{ср,элм}} = (7 \div 15) I_{\text{ном,элм}}$  — для выключателей с электромагнитным или комбинированным расцепителем;

$I_{\text{ср,теп}} = (1,25 \div 1,45) I_{\text{ном,теп}}$  — для выключателей с тепловым расцепителем без регулировки тока уставки;

$I_{\text{ср,теп}} = (1,25 \div 1,35) I_{\text{ном,теп}}$  — для выключателей с тепловым расцепителем с регулировкой тока уставки;

6) предельным током отключения при данном напряжении  $I_{\text{пр,ав}}$  — наибольшим значением тока КЗ сети, при котором гарантируется надежная работа автоматического выключателя.

Номинальные параметры выключателя приводятся в каталогах, а некоторые указываются на заводских табличках (щитках) автоматического выключателя. В табл. 4—7 приведены технические данные некоторых типов автоматических выключателей.

**Таблица 4. Технические данные автоматических выключателей серии АП50**

Номинальный ток, А, уставок тепловых расцепителей автоматических выключателей АП50-3МТ и АП50-3Т на номинальное напряжение		Ток срабатывания электромагнитного расцепителя, А	Предельный ток отключения, А
220 В	380 В		
1,6—2,5	1—1,6	11	300
2,5—4	1,6—2,5	17,5	400
6,4—10	2,5—4	28	600
10—16	4—6,4	45	800
10—16	6,4—10	70	1500
16—25	10—16	110	1500
25—40	16—25	175	1500
40—50	40—50	350	1500

**Таблица 5. Технические данные автоматических выключателей серии АЗ100**

Выключатель			Расцепитель	
Тип	$I_{\text{ном}}$ , А	Число полюсов	Вид	$I_{\text{ном}}$ , А
АЗ160	50	1, 2, 3	Тепловой	15, 20, 25, 30, 40, 50
АЗ110	100	2, 3	Комбинированный	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100
АЗ120	100	2, 3	»	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100
АЗ130	200	2, 3	»	120, 150, 200
АЗ140	600	2, 3	»	250, 300, 400, 500, 600

Выключатели серии АП50 выпускаются в двухполюсном (АП50-2, АП50-2Т, АП50-2М, АП50-2МТ) и трехполюсном (АП50-3, АП50-3Т, АП50-3М, АП50-3МТ) исполнениях. Цифра в обозначении выключателя после дефиса соответствует числу полюсов. Выключатели с тепловыми расцепителями работают с выдержкой времени, находящейся в обратной зависимости от силы тока, и имеют в обозначении букву Т, выключатели с электромаг-

**Таблица 6. Технические данные автоматических выключателей серии АВ (АВМ)**

Тип	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	Номинальный ток максимального расцепителя, А	Предельный ток отключения при 380 В, А
АВ-4 (АВМ-4)	400	100, 120, 150, 200, 250, 300, 400	17 000
АВ-10 (АВМ-10)	1000	500, 600, 800, 1000,	17 000
АВ-15 (АВМ-15)	1500	1000, 1200, 1500	25 000
АВ-20 (АВМ-20)	2000	1000, 1200, 1500, 2000	25 000

**Таблица 7. Технические данные автоматических выключателей серии АБ25**

Номинальный ток расцепителя, А	Время срабатывания при перегрузке			Предельный ток отключения, А
	$1,1 I_{\text{ном,теп}}$	$1,45 I_{\text{ном,теп}}$	$6,1 I_{\text{ном,теп}}$	
15, 20, 25	Не срабатывает в течение 1 ч	Срабатывает в течение 30 мин	Срабатывает от 1 до 6 с	1000

нитным расцепителем мгновенного действия — букву М, с комбинированным расцепителем — МТ; неавтоматические выключатели без расцепителя буквенного обозначения после дефиса не имеют.

Выключатели серии АП50 изготавливаются в пластмассовом и в дополнительном силуминовом корпусах как без вспомогательных, так и со вспомогательными контактами в следующих сочетаниях: два замыкающих или два размыкающих, два замыкающих и два размыкающих. Выключатели АП50 в пластмассовом корпусе имеют защищенное исполнение, в силуминовом — пылеводозащищенное.

В автоматическом выключателе имеется механизм свободного расцепления, осуществляющий мгновенное размыкание контактов с постоянной скоростью, не зависящей от скорости движения кнопки отключения. Нали-

чие этого механизма обеспечивает автоматическое отключение цепи при перегрузках и коротких замыканиях независимо от положения кнопок управления. Коммутационное положение контактов определяется по положению кнопки включения: кнопка утоплена — контакты замкнуты, кнопка выступает из крышки — контакты разомкнуты.

Установочные автоматические выключатели серии АЗ100. Нормальный режим работы выключателей — продолжительный. Они могут отключать токи от номинального до  $6 I_{\text{ном,ав}}$  и выпускаются в двух- и трехполюсном исполнении, а выключатели на 50 А также и в однополюсном исполнении. Выключатели на 50 А могут изготавливаться с тепловыми расцепителями или вообще без расцепителей, а на большие токи — с комбинированными или электромагнитными расцепителями. Автоматические выключатели АЗ161, АЗ162, АЗ163 нашли наиболее широкое применение в осветительных сетях (последняя цифра в обозначении указывает число полюсов); выключатели АЗ110, АЗ120, АЗ130, АЗ140 применяются в основном для защиты и управления питающими линиями. Последняя цифра в обозначении выключателей АЗ113 и АЗ114, АЗ123 и АЗ124: АЗ133 и АЗ134, АЗ143 и АЗ144 указывает на число полюсов: цифра 3 — двухполюсный, а цифра 4 — трехполюсный автоматический выключатель.

Выключатель серии АЗ100 имеет дугогасительные камеры и состоит из кожуха, коммутирующего устройства, расцепителей, механизма управления и зажимов для присоединения внешних проводов. Механизм управления, примененный в установочных автоматических выключателях, обеспечивает моментное замыкание и размыкание контактов. Благодаря этому скорость замыкания и размыкания контактов не зависит от скорости движения рукоятки ручного управления автоматическим выключателем. В выключателях могут устанавливаться вспомогательные контакты и отключающий дистанционный расцепитель переменного или постоянного тока.

Автоматические выключатели серий АВ и АВМ предназначены для нечастых коммутаций при нормальных условиях работы, а также для автоматического отключения электрических цепей при редко возникающих коротких замыканиях и недопустимых перегрузках. Такие выключатели, в частности, устанавливаются

на вводных и секционных панелях ЩО-70 в закрытых трансформаторных подстанциях.

Каждый выключатель имеет два или три электромагнитных расцепителя максимального тока, представляющих собой реле прямого действия. Кроме того, могут устанавливаться дополнительные расцепители минимального напряжения или независимый. Полное время отключения выключателей мгновенного срабатывания АВ-4 и АВ-10 — 0,06 с, а выключателей АВ-15 и АВ-20 — 0,095 с. В зависимости от вида максимального расцепителя выключатели выпускаются трех модификаций: Б — мгновенного действия, отключающийся без выдержки времени при перегрузках и токах короткого замыкания; Н — неизбирательные автоматические выключатели, расцепители которых отключают выключатель с регулируемой выдержкой времени (обратно зависящей от тока) при перегрузках и мгновенно — при токах короткого замыкания; С — избирательные (селективные) автоматические выключатели, которые отключаются с регулируемой выдержкой времени (обратно зависящей от тока) при перегрузках и при токах КЗ. Выдержка времени при перегрузках создается часовым механизмом расцепителя, при токах короткого замыкания — за счет механического замедления расцепления.

Выключатели серии АБ25 (бытовые) — однополюсные, с тепловым расцепителем, используются в осветительных сетях взамен плавких предохранителей и выключателей.

Эксплуатация автоматических выключателей. Выключатели необходимо содержать в чистоте и осматривать при снятой крышке через 2000 включений, но не реже 1 раза в год, а также после каждого короткого замыкания. Перед снятием крышки принимают меры, исключающие возможность появления на вводе и вспомогательных контактах выключателя напряжения. При осмотре удаляют копоть с внутренней поверхности салфеткой, смоченной бензином; смазывают шарниры, проверяют затяжку винтов, целостность пружин и состояние контактов. При снятом напряжении производят несколько включений выключателя, убеждаются в свободном перемещении контактов и отсутствии заеданий рычагов и кнопок управления, снимают с дугогасительных камер и контактов брызги металла личным напильником. При сильном износе или выгорании металло-



Таблица 8. Технические данные контакторов

Тип	Величина	Номиналь- ный ток, А	Рабочий ток ка- тушки, А, при напряжении	
			220 В	380 В
КТ-32Б, КТ-32/3Б	II	50	0,29	0,16
КТЭ-32, КТЭ-32/3Б	II	50	0,29	0,16
КТВ-32, КТВ-32Л	II	50	0,5	0,3
КТ-33/1А, КТ-33/3А	III	100	0,4	0,25
КТВ-33, КТВ-33Л	III	100	0,84	0,53
КТ-34/1А, КТ-34/3А	IV	200	2	0,8
КТВ-34, КТВ-34Л	IV	200	2,75	1,6

или двузначное число. В трехзначном числе первая цифра 1 означает исполнение без дугогашения. Остальные две цифры означают: первая — число полюсов, вторая — величину контактора. Знаменатель дроби 3А и 3Б соответствует контакторам с передним присоединением проводов. Для контакторов серии КТВ цифры имеют то же значение, что и для серий КТ и КТЭ, а буква Л соответствует контакторам с передним присоединением.

Контакторы переменного тока с замыкающими главными контактами, рассчитанные на малую мощность, и контакторы на большую мощность, имеющие встроенную тепловую защиту от перегрузок, называются магнитными пускателями. Магнитные пускатели используют для местного и дистанционного включения и выключения электродвигателей и других токоприемников, а также для защиты от перегрузок или самопроизвольного включения после снятия напряжения. Реверсивные (сдвоенные) магнитные пускатели предназначены для изменения направления вращения двигателя. В них имеется механическая или электрическая блокировка от одновременного включения.

В магнитных пускателях имеется одна пара вспомогательных контактов. Дополнительно могут устанавливаться вспомогательные контакты для цепей управления и сигнализации. Управление магнитными пускателями осуществляют от кнопочной станции. Для защиты электроустановки от коротких замыканий последовательно с силовыми контактами магнитного пускателя устанавливают предохранители, которые должны рассчитывать на ток, не превышающий четырехкратного тока теп-



лового реле. В противном случае при коротком замыкании может сгореть нагревательный элемент теплового реле.

На рис. 35 показана принципиальная схема включения в сеть через предохранители 2 магнитного пускателя

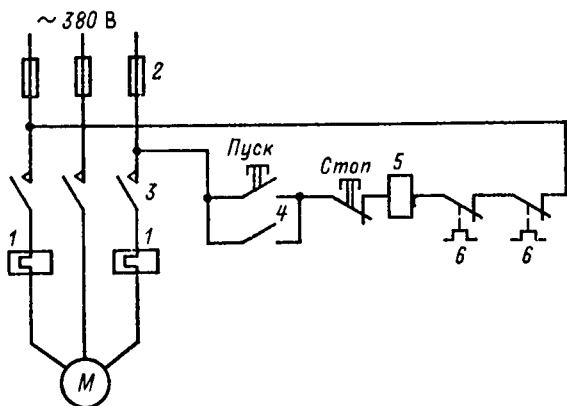


Рис. 35. Принципиальная схема включения магнитного пускателя с тепловым реле

с тепловым реле 1. При нажатии на кнопку *Пуск* ток поступает в обмотку 5 магнитного пускателя, срабатывает магнитная система и замыкаются силовые контакты 3 и вспомогательные 4, включенные параллельно кнопке *Пуск* и заменяющие ее после момента включения. При нажатии на кнопку *Стоп* цепь тока через обмотку 5 разрывается и магнитный пускатель размыкает все свои контакты, отключая токоприемник от сети и разрывая контактами 4 цепь срабатывания обмотки 5. Магнитный пускатель отключается также при перегрузке, когда размыкаются контакты 6 теплового реле 1.

В электроустановках сельскохозяйственного назначения наибольшее распространение получили магнитные пускатели серий ПМЕ и ПА (табл. 9), которые могут укомплектовываться тепловыми реле типа ТРН и ТРП (табл. 10).

Следующие за буквами цифры в обозначении магнитного пускателя означают: первая цифра — величина магнитного пускателя; вторая цифра — исполнение магнитного пускателя по роду защиты от окружающей среды:

Т а б л и ц а 9. Технические данные магнитных пускателей

Тип	Величина пускателя	Номинальный ток при защищенном исполнении, А	Предельная мощность Двигателя, кВт, при напряжении		Тип встроенных тепловых реле
			220 В	380 В	
ПМЕ-000	0	3	0,6	1,1	ТРН-8
ПМЕ-100	1	10	2,2	4	ТРН-10
ПМЕ-200	2	25	5,5	10	ТРН-25
ПА-300	3	40	10	17	ТРН-40
ПА-400	4	56	14	28	ТРН-60
ПА-500	5	115	30	55	ТРП-150
ПА-600	6	140	40	75	ТРП-150

Т а б л и ц а 10. Номинальные токи сменных нагревательных элементов к тепловым реле

Тип	Номинальный ток, А
ТРН-8, ТРН-10	0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10
ТРН-25	5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20
ТРН-40	12,5; 16; 20; 32; 40
ТРП-60	25; 30; 40; 50; 60
ТРП-150	50; 60; 80; 100; 120; 150

1 — открытое; 2 — защищенное; третья цифра — электрическое исполнение: 1 — неререверсивный пускатель без тепловых реле; 2 — то же с тепловыми реле; 3 — реверсивный без тепловых реле; 4 — то же с тепловым реле. Так, магнитный пускатель ПМЕ-122 означает: 1-й величины, защищенного исполнения, неререверсивный с тепловыми реле.

Эксплуатация контакторов и магнитных пускателей. Контактторы и магнитные пускатели следует осматривать не реже 1 раза в 2—3 мес. Перед осмотром необходимо снять напряжение и исключить возможность его появления на вводе и вспомогательных контактах. При осмотре снимают крышку (если она есть), удаляют пыль, грязь с доступных мест, используя салфетки, смоченные бензином, подтягивают винты и гайки креплений; проверяют, нет ли механических повреждений изоляции подводящих проводов цепей вторич-

пой коммутации. Проверяют надежность заземления металлических частей корпусов и состояние контактов в месте присоединения проводов, исправность действия аппарата, включая и отключая его от руки при снятом напряжении. Затем проверяют целостность уплотнений аппарата.

При уходе за магнитными пускателями проверяют: не перекошена ли контактная система и одновременно ли замыкаются контакты, нет ли коррозии на пружинах главных и вспомогательных контактов (дефектные пружины заменяют), состояние контактов. Окислившиеся, подгоревшие, потемневшие контакты зачищают бархатным напильником;

крепление магнитной системы, подтягивают ослабевшие винты;

плотность посадки обмотки на сердечник магнитопровода; внешний покров катушки должен быть блестящим, без подтеков, не должно быть специфического запаха горелой изоляции;

не имеют ли искрогасительные камеры трещин, сколов и пригораний;

состояние тепловых реле; нагревательный элемент заменяют новым, если обнаружено выгорание металла;

работу магнитного пускателя под напряжением; он должен четко срабатывать без заметного торможения. Магнитная система должна издавать легкий равномерный гул без дребезжания.

**Электрические двигатели.** В настоящее время в сельском хозяйстве применяются синхронные и асинхронные электрические машины. Синхронные машины используются, как правило, в качестве генераторов переменного тока на электростанциях, а асинхронные — в качестве электродвигателей. Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором является основным и по существу единственным типом электродвигателя для привода машин и механизмов в сельском хозяйстве.

Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором (рис. 36) состоит из: статора 3 — неподвижного кольцевого сердечника, набранного из листов электротехнической стали, в пазах которого уложена статорная обмотка 6; ротора 4, вращающегося в подшипниках 2, укрепленных в подшипниковых щитах 1. Сердечник ротора набран также из листов электротехнической стали и укреплен на валу электродвигателя, на котором уста-

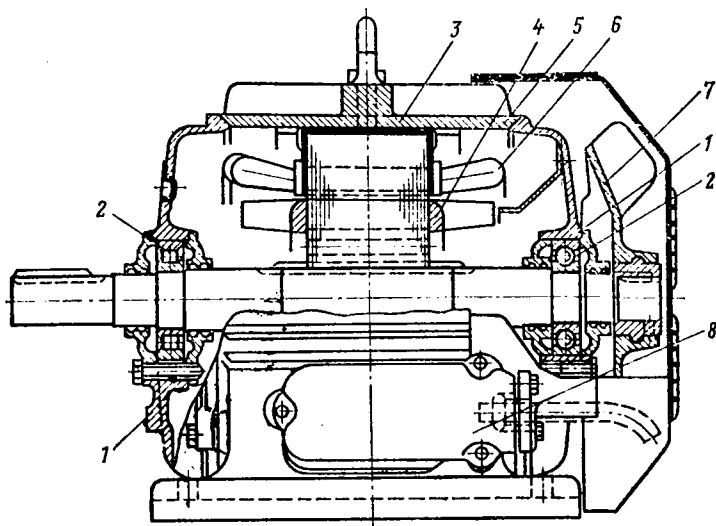


Рис. 36. Разрез асинхронного короткозамкнутого электродвигателя

навливается вентилятор 7. В пазах ротора укладывается стержневая обмотка, накоротко замкнутая кольцами по концам. Статорные обмотки асинхронного электродвигателя имеют шесть концов со следующими обозначениями:

	I фаза	II фаза	III фаза
Начало . . .	C1	C2	C3
Конец . . .	C4	C5	C6

Начала и концы статорных обмоток выводятся в коробку зажимов 8, которая размещается на корпусе электродвигателя 5.

Если напряжение сети равно 380 В, то обмотки должны соединяться по схеме «звезда». При этом в общую точку должны соединяться или все начала (C1, C2, C3) или, как показано на рис. 37, все концы (C4, C5, C6). Если напряжение сети 220 В, то обмотки собираются по схеме «треугольник». В этом случае в коробке зажимов устанавливаются перемычки между C1 и C6, C2 и C4, C3 и C5.

Сельскохозяйственное производство предъявляет к электродвигателям повышенные требования. К ним относится возможность работы в среде со значительным

перепадом температур, с высокой влажностью и содержащей агрессивные газы. Электродвигатели должны работать в условиях повышенной запыленности и воздействия факторов, вредно влияющих на изоляцию, покрытия и т. п. Поэтому электродвигатели общего назначения

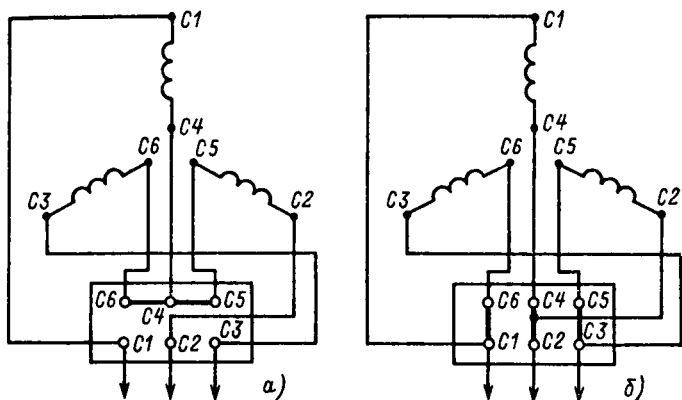


Рис. 37. Схемы соединения выводов трехфазных обмоток электродвигателя:

а — звезда; б — треугольник

в сельском хозяйстве имеют низкую надежность и малый срок службы. С учетом изложенного электротехническая промышленность выпускает электродвигатели сельскохозяйственного назначения. Конструктивно они выполняются закрытыми, обдуваемыми и обеспечивают защиту от попадания внутрь электродвигателя воды, пыли и т. д. Они имеют повышенные пусковые моменты и улучшенные энергетические показатели. В конце обозначения электродвигателей сельскохозяйственного назначения стоят буквы СХ, С или СВ.

Наибольшее применение получили ранее выпускавшиеся двигатели А, АО, Д, А2 и АО2, а также электродвигатели новой единой серии 4А, производимые взамен двигателей единой серии А2 и АО2. По степени защиты оболочки они изготовляются закрытого обдуваемого исполнения (условное обозначение IP44), защищенные от пыли (IP54) и защищенные от дождя (IP23). Они имеют мощность от 0,18 до 30 кВт с той же шкалой, что и электродвигатели основного назначения. Обозначение элек-

тродвигателя типа 4AP180S4CX расшифровывается следующим образом: 4 — порядковый номер серии; А — асинхронный, Р — с повышенным пусковым моментом; 180 — высота оси вращения, мм; S — установочный размер по длине станины; 4 — число полюсов; CX — сельскохозяйственного назначения, химически- и влагостойкий.

Электродвигатели серии АО2 сельскохозяйственного назначения имеют мощность от 0,4 до 30 кВт, степень защиты оболочки IP44 и повышенный пусковой момент. Обозначение электродвигателя АОП2-52-4CX расшифровывается следующим образом: А — асинхронный, О — обдуваемый; П — с повышенным пусковым моментом; 2 — порядковый номер серии; 5 — пятого габарита (условный диаметр статора); 2 — порядковый номер длины сердечника (условная длина стального пакета статора); 4 — число полюсов и CX — сельскохозяйственного назначения, химически- и влагостойкий.

Выпускаются также двигатели-редукторы мощностью от 0,6 до 4,5 кВт серии МРГ для привода сельскохозяйственных машин и установок (смесители кормов, дробилки, транспортеры, доильные установки и т. п.). Условное обозначение, например, двигателя-редуктора МРГ-III-2,8-100 расшифровывается так: электродвигатель-редуктор третьего габарита с электродвигателем мощностью 2,8 кВт и частотой вращения выходного вала 100 об/мин. Двигатели-редукторы изготовляют на базе трехфазных асинхронных короткозамкнутых обдуваемых электродвигателей единой серии и пристроенных к ним одно- или двухступенчатых планетарных редукторов с частотами вращения выходного вала 25, 40, 63, 100, 160 и 250 об/мин.

Однофазные асинхронные электродвигатели выпускаются в основном небольшой мощности (до 3—5 кВт), они дороже трехфазных и имеют ограниченное применение. Вместе с тем при необходимости и при отсутствии однофазных электродвигателей можно использовать обычные трехфазные асинхронные двигатели 380/220 В. Схема включения такого двигателя для работы в качестве однофазного представлена на рис. 38. При включении по схеме рис. 38, а две обмотки в качестве главной соединяют последовательно и включают в сеть, а третью используют для пуска. Ее можно включать в сеть через конденсатор С или активное сопротивление. При включении по схеме рис. 38, б обмотки электродвигателя сое-

диняют в треугольник и параллельно одной из них включают также конденсатор или активное сопротивление. При пуске рубильник  $S$  включен. Его отключают после того, как двигатель разгонится. Оставлять включенной емкость  $C$  (активное сопротивление) недопустимо, так

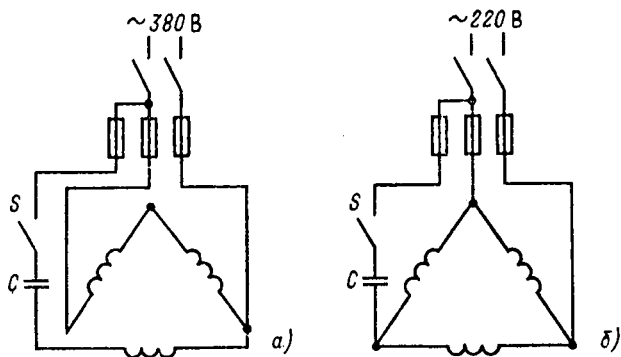


Рис. 38. Схемы включения трехфазного электродвигателя 380/220 В в однофазную сеть:  
а — 380 В; б — 220 В

как ток обмотки пуска будет перегревать электродвигатель.

В этом режиме работы двигатель развивает мощность 50—70 % номинальной. Значения емкости конденсаторов и активных сопротивлений зависят от мощности электродвигателей и находятся в пределах:  $C$  (рис. 38, а) — от 13 до 88 мкФ;  $C$  (рис. 38, б) — от 40 до 260 мкФ;  $R$  (рис. 38) — от 25—30 до 5—7 Ом для двигателей мощностью 0,6—4 кВт.

Схема включения трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором была показана на рис. 35. Согласно [1] все электродвигатели должны иметь защиту от токов короткого замыкания без выдержки времени, а электродвигатели мощностью 10 кВт и более — еще и защиту от перегрузки, если это не исключено по условиям технологического режима (электродвигатели зерноочистительных и кормоприготовительных машин, а также машин с ручной загрузкой). Защиту электродвигателей от коротких замыканий выполняют плавкими предохранителями или автоматическими выключателями; защиту от перегрузки — тепловыми реле

магнитных пускателей (см. рис. 35). Наиболее совершенным устройством для защиты электродвигателей от коротких замыканий и перегрузок является встроенная температурная защита типов УВТЗ-1 и УВТЗ-4Б. Температурная защита позволяет отключать электродвигатель при длительных перегрузках, неправильных процессах пуска и торможения, повышенной частоте включений, колебаниях напряжения в сети в пределах 70—110 % номинального, заклинивании приводного механизма, включении двигателя с заклиненным ротором, повышенной температуре окружающей среды, нарушениях в системе охлаждения.

**Эксплуатация электродвигателей.** Электродвигатель является достаточно сложной вращающейся машиной, поэтому требует к себе внимания. Перед пуском двигателя необходимо прежде всего проверить состояние его изоляции. Изоляция считается нормальной, если удовлетворяется условие, Ом:

$$R_{из} \geq 1000U_{ном},$$

где  $U_{ном}$  — напряжение, на которое рассчитан электродвигатель, В.

Двигатель следует просушить, если сопротивление окажется меньшим. Нужно проверить крепление салазок и самого двигателя. Следует промыть керосином смазанные или покрытые лаком для предохранения от ржавчины на заводе-изготовителе части двигателя, а также подшипники, которые после этого следует залить маслом. Необходимо вручную проверить двигатель, чтобы убедиться в отсутствии заеданий; проверить натяжение ремня. Перед пуском проверяется также схема соединений обмоток электродвигателя, состояние контактов, защитной и пускорегулирующей аппаратуры.

При эксплуатации необходимо наблюдать за правильной загрузкой двигателя по показаниям амперметра. При отсутствии амперметра нагрев электродвигателя проверяется на ощупь. При этом необходимо предварительно изолировать себя от земли при помощи диэлектрических коврика, галош, бот или сухой доски. Двигатель считают неперегретым, если рука терпит температуру.

Следят за состоянием смазки в подшипниках, периодически 1 раз в 3—6 мес. меняя ее. При тяжелых условиях работы (запыленность, высокая температура) мас-



**Т а б л и ц а 11. Неисправности трехфазных асинхронных короткозамкнутых электродвигателей и способы их устранения**

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
При нажатии кнопки Пуск двигатель не включается	Отсутствует напряжение Обрыв в цепи термодатчиков Короткое замыкание в цепи термодатчиков	Необходимо подать напряжение Устранить обрыв Устранить замыкание
При работе двигателя отключается	Обрыв фаз Перегрузка электродвигателя (заклинивание рабочего механизма, ротора, отклонение напряжения от допустимых норм) Нарушение в системе охлаждения, в том числе высокая температура охлаждающей среды	Устранить обрыв фаз Устранить причины перегрузки и после охлаждения двигателя включить его повторно Проверить вентилятор, очистить кожух от грязи
Двигатель не запускается без нагрузки	Обрыв (в одном из проводов) питающей линии	Проверить напряжение линии (линейное напряжение)
Нет пускового момента	Обрыв в одной из обмоток фаз статора двигателя (при включении звездой)	Проверить предохранители или значения тока в питающих проводах, или значения сопротивлений обмоток фаз
Двигатель вращается с меньшей частотой вращения	Пониженное напряжение сети Повышенное сопротивление обмотки ротора в результате распайки, плохой заливки, трещин в стержнях и кольцах короткозамкнутого ротора	Проверить значения напряжений Проверить значения тока короткого замыкания
Двигатель застревает при малых частотах вращения и гудит	Обрывы в нескольких стержнях или замыкающих кольцах короткозамкнутого ротора	Проверить значения тока в питающих проводах, маркировку концов обмотки

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
<p>Повышенный нагрев статора</p>	<p>Повышенный ток в обмотке статора в результате:</p> <p>обрыва в одном из трех проводов питающей линии, в цепи одной фазы обмотки статора;</p> <p>повышенного или пониженного напряжения в сети;</p> <p>перегрузки;</p> <p>межвиткового замыкания в обмотке фазы статора, замыкания между обмотками фаз</p>	<p>Проверить предохранители, а также значения напряжений между проводами линии и ток в них</p> <p>Проверить значения напряжений между проводами питающей линии и значения тока в них</p> <p>То же</p> <p>Проверить значения тока в питающих проводах, сопротивлений между фазами обмотки статора и на корпус, сопротивлений обмоток</p>
<p>Перегрев ротора</p>	<p>Ухудшение вентиляции</p> <p>Перегрузки</p>	<p>Прочистить вентиляционные каналы</p> <p>Проверить нагрузку</p>
<p>Значения тока, потребляемого двигателем, периодически изменяется</p> <p>При включении срабатывает защита (большой ток)</p>	<p>Обрыв в роторе</p> <p>Перевернута фаза обмотки статора</p> <p>Соединение фаз обмотки статора в треугольник вместо звезды</p> <p>Замыкание обмоток на корпус или между фазами</p>	<p>Проверить значения тока короткого замыкания. Устранить обрыв</p> <p>Проверить маркировку концов и схему соединений</p> <p>Проверить схему соединения обмоток</p>
<p>Перегрев подшипников</p>	<p>Отсутствие смазки</p> <p>Неподходящий сорт смазки</p> <p>Износ подшипника</p>	<p>Проверить изоляцию обмоток фаз относительно корпуса и друг друга</p> <p>Промыть. Заменить смазку</p> <p>То же</p> <p>Проверить зазор в подшипнике. При необходимости подшипник заменить</p>

до заменяют чаще. Замену смазки в подшипниках качения производят обычно 1 раз в 6—12 мес; при этом смазку набивают на  $\frac{2}{3}$  объема подшипника.

Возможные неисправности, их причины и способы устранения приведены в табл. 11.

Электродвигатель должен быть немедленно остановлен при несчастном случае или его угрозе; появлении дыма или огня из электродвигателя или его пускорегулирующей аппаратуры; поломке приводимого механизма (сельскохозяйственной машины, станка, насоса и т. д.); чрезмерной вибрации, угрожающей целостности электродвигателя; значительном снижении частоты вращения, сопровождающейся быстрым нагревом электродвигателя; нагреве подшипников сверх допустимой температуры, указанной в инструкции завода-изготовителя.

## **5 Электрическое освещение и применение ультрафиолетового и инфракрасного излучений**

Электрическое освещение не только используется в жилых, общественно-культурных и производственных помещениях совхозов и колхозов, но и находит разнообразное применение непосредственно в сельскохозяйственном производстве. В качестве примера можно привести использование электрического освещения в теплицах при выращивании рассады, овощей и цветов в зимнее время, для увеличения продолжительности светового дня в птичниках в осенне-зимнее время. Электрическими лампами ультрафиолетового излучения облучают животных и птиц, что предохраняет их от заболеваний и создает благоприятные условия для нормального развития. Электрические лампы инфракрасного излучения применяют для сушки зерна и других сельскохозяйственных продуктов, обогрева и лечения молодняка животных и птиц и других производственных целей.

Рациональное освещение повышает производительность труда, улучшает качество продукции и увеличивает безопасность работы обслуживающего персонала. Вместе с тем правильное освещение уменьшает зрительное и общее утомление работника, способствует поддержанию чистоты и порядка в помещениях. Таким образом, электрическое освещение сельскохозяйственных помещений

может выполнять функции рабочего освещения и являться биологически необходимым в отдельных технологических процессах.

По характеру исполнения рабочее или основное освещение может быть общим, местным или комбинированным. Общее освещение равномерно освещает все помещение или его часть на всех участках. Местное освещение предназначается только для рабочих поверхностей. При этом светильник устанавливается на рабочем месте в непосредственной близости от поверхности, которую он должен освещать. Местное освещение, как правило, дополняется общим освещением помещения. Использование только местного освещения не допускается. Комбинированное освещение — это сочетание общего и местного освещения; его целесообразно применять при высокой точности работ, малой площади рабочих мест и редком их расположении. Достаточность освещенности рабочей поверхности, равномерность освещения и наибольшая экономичность при этом определяются расчетом.

Кроме основного рабочего освещения, в тех помещениях, где отсутствие света может привести к длительному расстройству технологического процесса или нарушению электро- или водоснабжения и т. д., предусматривается аварийное освещение. Аварийное освещение для эвакуации людей из помещения выполняется по линиям основных проходов и на ступеньках лестниц. Светильники аварийного освещения включаются вместе со светильниками основного освещения, что создает нормированную рабочую освещенность. Аварийное освещение можно использовать как дежурное или охранное освещение в нерабочее ночное время. Питание аварийного освещения рекомендуется осуществлять от независимого источника или при автоматическом переключении на него. Переносные светильники аварийного освещения приравниваются к светильникам местного освещения. Переносные светильники напряжением до 42 В должны питаться от понижающих трансформаторов.

**Электрические источники света и светильники.** В качестве электрических источников света в сельском хозяйстве используют лампы накаливания, люминесцентные и газоразрядные лампы.

**Лампы накаливания.** Лампы накаливания представляют собой источники света, работающие по принципу температурного излучения. В стеклянной кол-

бе помещена спираль из нити, нагреваемая электрическим током. Нить накала может быть моноспиральной (односпиральной), биспиральной, а в некоторых лампах состоять из трех спиралей. Некоторые типы ламп наполняют нейтральным газом (азот, аргон, криптон). Лампы накаливания общего назначения мощностью до 40 Вт выпускают вакуумными (тип НВ), большей мощности изготовляют газополными моноспиральными (тип НГ) и биспиральными (тип НБ). В вакуумной лампе мощностью 40 Вт в видимое излучение превращается всего лишь 7 % потребляемой мощности, на образование инфракрасного излучения — 70 %; треть потребляемой мощности переходит в тепловые потери. В настоящее время в сельском хозяйстве в основном применяются лампы накаливания 220 и 235 В. Лампы типа В220-235 и Б220-235 (табл. 12) рассчитаны на повышенное напряжение, срок их службы в 2 раза больше (2500 ч), чем у ламп типов В220, Б220. Лампы накаливания общего назначения снабжаются цоколями Е-27.

Т а б л и ц а 12. Лампы накаливания осветительные общего назначения

Тип	Мощность, Вт	Напряжение, В	Продолжитель- ность горения, ч
В220-15-1	15	220	1000
В220-25-1	25	220	1000
Б220-40-1	40	220	1000
Б220-60-1	60	220	1000
Б220-100-1 (2)	100	220	1000
Б220-150-1	150	220	1000
Б220-200-1	200	220	2000
В220-235-15	15	220—235	2500
Б220-235-25	25	220—235	2500
В220-235-40	40	220—235	2500
Б220-235-60	60	220—235	2500
Б220-235-100	100	220—235	2500
Б220-235-150	150	220—235	2500

**Люминесцентные лампы.** Принцип действия этих ламп упрощенно сводится к следующему. В стеклянной трубке между двумя электродами, расположенными на ее концах, происходит электрический разряд в парах ртути; ультрафиолетовое излучение, возникающее при этом, вызывает свечение специального состава

ва — люминофора, которым покрыта внутренняя поверхность трубы. Стеклоанная трубка становится источником света, который равномерно распространяется по ее длине. В зависимости от состава люминофора получается различная цветность излучения: нашли применение люминесцентные лампы дневного (типы ЛД и ЛДЦ), белого (тип ЛБ), тепло-белого (тип ЛТБ) и холодно-белого (тип ЛХБ) света. Люминесцентные лампы экономичнее ламп накаливания, срок их службы гораздо больше и достигает 12 000 ч. Недостатками этих ламп являются: необходимость в приборах для зажигания и ограничения тока, большие габариты, чувствительность к температуре окружающей среды.

Основные типы люминесцентных ламп низкого давления приведены в табл. 13. Для работы в условиях повышенной запыленности выпускаются рефлекторные лампы типа ЛБР-40.

Таблица 13. Люминесцентные лампы низкого давления на 220 В

Тип	Мощность, Вт	Размеры трубки, мм	
		диаметр	длина
ЛБ-30	30	27	909
ЛТБ-30	30	27	909
ЛХБ-30	30	27	909
ЛДЦ-40	40	40	1213
ЛД-40	40	40	1213
ЛБ-40	40	40	1213
ЛТБ-40	40	40	1213
ЛХБ-40	40	40	1213
ЛДЦ-80	80	39,5	1496
ЛД-80	80	39,5	1496
ЛБ-80	80	39,5	1496
ЛТБ-80	80	39,5	1496

Применяется несколько схем включения люминесцентных ламп. На рис. 39 показана наиболее распространенная из них. К сети переменного напряжения зажимами 1 подключается лампа 2, лампа включается с помощью стартера 3, который представляет собой стеклянную колбочку, заполненную неоном, с двумя впаянными электродами. Один электрод изготовлен из биметалла. Колбочка заключена в металлический защитный кожух.

В момент включения на разомкнутые электроды стартера подается полное напряжение сети, между электродами в неоне возникает тлеющий разряд, нагревающий биметаллическую пластинку. Нагретая пластинка изгибается и замыкает электроды стартера, через них начинает протекать ток, который нагревает биспиральные электроды 2 из вольфрамовой нити лампы.

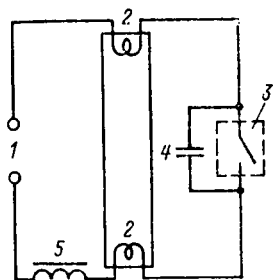


Рис. 39. Схема включения люминесцентной лампы

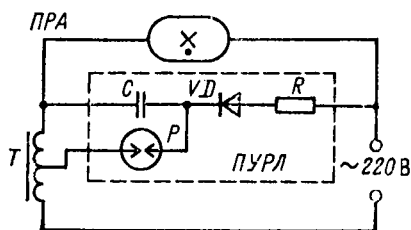


Рис. 40. Схема включения двухэлектродной лампы ДРЛ

После замыкания электродов стартера тлеющий разряд в неоне прекращается, электроды охлаждаются и размыкаются. При размыкании цепи между электродами в трубке возникает повышенное напряжение (импульс напряжения), под действием которого в трубке, заполненной аргоном, происходит разряд. Небольшое количество ртути, находящееся в трубке, под действием электрического разряда испаряется, и электрический разряд продолжается уже в парах ртути. Этот разряд излучает в большом количестве ультрафиолетовые лучи, которые, падая на люминофор, вызывают свечение трубки. Процесс включения и зажигания длится 1—2 с. Конденсатор 4 служит для устранения радиопомех при включении лампы, а дроссель 5 является балластным сопротивлением и предназначен для ограничения тока. В связи с понижением напряжения на стартере после зажигания лампы, вызванным падением напряжения на дросселе, тлеющий разряд в стартере не может возникнуть. Цепь стартера остается разомкнутой, когда горит лампа.

Для освещения производственных площадок и поме-

щений применяют люминесцентные лампы высокого давления типа ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные), устроенные следующим образом. Во внешний стеклянный баллон, покрытый изнутри люминофором, заключена ртутная кварцевая лампа (ДРТ) в виде трубки. При таком давлении возникает мощный поток ультрафиолетовых излучений, под действием которых люминофор светится. В зависимости от конструктивного исполнения лампы снабжаются цоколями Р-27 или Р-40 (табл. 14).

Т а б л и ц а 14. Дуговые ртутные лампы высокого давления типа ДРЛ

Тип	Число электро- дов	Мощность, Вт	Рабо- чий ток, А	Диа- метр, мм	Длина, мм	Продол- житель- ность горения, ч	Цо- коль
ДРЛ-250 ДРЛ-500 ДРЛ-750 ДРЛ-1000	2	250 500 750 1000	2 4 6 8	125 145 170 200	320 360 390 440	3000	Р40
ДРЛ-80-2 ДРЛ-125-2 ДРЛ-250-2	4	80 125 250	0,8 1,15 2	72 77 91	165 184 227	Средняя 6000	Р27
ДРЛ-400-2 ДРЛ-700-2 ДРМ-1000-2		400 700 1000	3,2 5,5 6	122 152 181	292 368 410	Мини- мальная 2000	Р40

На рис. 40 изображена схема включения двухэлектродной лампы типа ДРЛ. В схеме используется пуско-регулирующий аппарат ПРА и поджигающее устройство ПУРЛ. При пуске работает ПУРЛ, в котором через сопротивление  $R$  и выпрямитель  $VD$  происходит заряд конденсатора  $C$ . При определенном значении напряжения на обкладках конденсатора разрядник  $P$  (неоновая лампа) загорается. Конденсатор  $C$  разряжается на часть витков трансформатора  $T$ , в котором при этом возникает импульс высокого напряжения, вызывающий разряд в ртутной лампе высокого давления. Напряжения 220 В недостаточно для зажигания лампы. Процесс полного зажигания лампы длится 5—7 мин.

На рис. 41 изображены схемы включения четырехэлектродных ламп типа ДРЛ в сеть напряжением



220 В. Различают дроссельную и трансформаторную схемы включения. При пониженной температуре окружающей среды для зажигания лампы требуется напряжение не менее 300 В. Это достигается применением трансформатора с большим магнитным рассеянием.

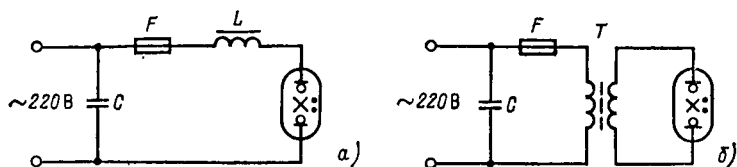


Рис. 41. Схемы включения четырехэлектродных ламп ДРЛ:  
 а — с дросселем; б — с трансформатором;  $L$  — дроссель;  $T$  — трансформатор с магнитным рассеиванием;  $C$  — компенсирующая емкость;  $F$  — предохранитель

Для включения четырехэлектродных ламп типа ДРЛ используют дроссели различного типа в зависимости от мощности лампы: ДБ-125/230-Н-Т; ДБ-250/230-Н-Т; ДБ-400/230-Н-Т и т. д. Стабилизация электрических и световых характеристик происходит в течение 10—15 мин. Повторное зажигание возможно после остывания лампы.

Ртутно-кварцевые лампы типа ДРТ (рис. 42, а), используемые в технологических процессах сельского хо-

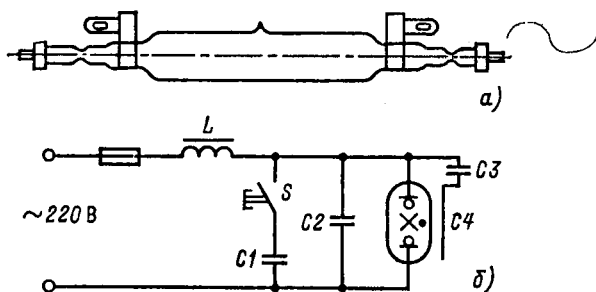


Рис. 42. Схема включения ртутно-кварцевой лампы типа ДРТ

зяйства, подключают к сети последовательно с балластным сопротивлением — дросселем  $L$ , который ограничивает проходящий через лампу ток. Для облегчения зажигания лампы в схему (рис. 42, б) включают конденсаторы  $C1$  и  $C2$ . Для снижения радиопомех при работе

лампы служит конденсатор  $C3$ . Для включения лампы необходимо включить рубильник (на рисунке не показан) или прерывисто нажимать кнопку  $S$  в цепи конденсатора  $C1$ . При замыкании цепи между конденсаторной пластиной  $C4$  и электродами лампы возникают импульсы повышенного напряжения, что приводит к ионизации аргона. При нажатии на кнопку через дроссель  $L$  проходит ток, при размыкании магнитное поле дросселя исчезает и наводит импульс электродвижущей силы, превышающей напряжение сети. Возникает разряд в аргоне, ртуть испаряется, благодаря этому происходит дуговой разряд между электродами лампы. После включения лампа начинает разогреваться. Через 8—15 мин тепловой ее режим устанавливается, трубка разогревается. Повторное зажигание лампы возможно только после остывания, т. е. через 5—10 мин после отключения.

Кроме ламп общего назначения применяются люминесцентные лампы специального назначения: бактерицидные ДБ, БУВ, эритемные лампы ЛЭ, ЛЭР, ДРВЭД и др. В последнее время появились ксеноновые газоразрядные (дуговые) лампы мощностью от двух до нескольких сотен киловатт: ДКСТ-5000, ДКСТ-10000 и др. Таким лампам необходимо специальное пусковое устройство и не требуется балластное сопротивление при работе. Это объясняется особым свойством электрической дуги в ксеноне: ее сопротивление уменьшается не беспредельно, а стабилизируется. В результате ток лампы ограничивается за счет собственного сопротивления дугового разряда.

Электрические светильники являются осветительными приборами, состоящими из источника света и осветительной арматуры и предназначенными для освещения объектов, расположенных не далее чем в 20—30 м от источника света. Светильники выбирают, исходя из условий окружающей среды, экономичности, долговечности и безопасности обслуживания. Так, в сухих, незапыленных и неопасных в отношении взрыва помещениях к конструкциям светильников дополнительных требований не предъявляется; в сырых и особо сырых помещениях следует применять полугерметические светильники с отдельным вводом проводов, а в пыльных помещениях — закрытые уплотненные светильники. Светильники классифицируются по характеру светорас-

пределения, целевому назначению, способу установки и т. п.

**Осветительные сети и уличное освещение.** Питание электрических сетей, предназначенных для освещения, в сельской местности осуществляется от трансформаторов, питающих одновременно и силовую нагрузку *1* (рис. 43). При наличии на трансформаторной подстан-

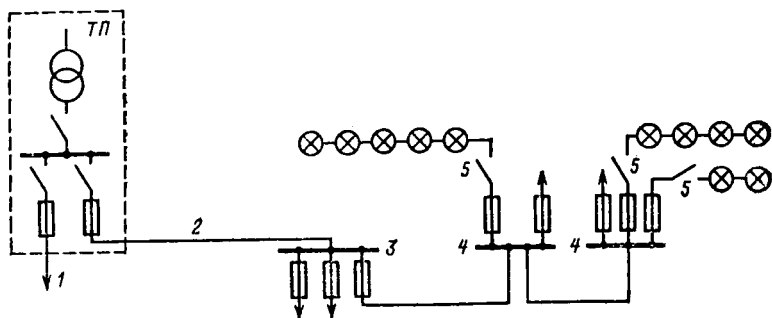


Рис. 43. Схема осветительной сети

ции распределительного щита низкого напряжения питание освещения производится, как правило, самостоятельными линиями. Каждая линия 2 в свою очередь питает один или несколько групповых щитков 4. При большом числе осветительных линий для небольших нагрузок, а также при ограниченном числе панелей распределительного щита целесообразно на подстанции или в удалении от нее устанавливать для питания групповых щитков магистральный шкаф 3, подключаемый одной линией 2 к щиту. Магистральные шкафы необходимо также устанавливать на вводе линии в здания с большой осветительной нагрузкой, удаленной от подстанции. Групповые щитки и магистральные шкафы укомплектовываются аппаратами защиты и управления — предохранителями, рубильниками, выключателями, в том числе автоматическими, магнитными пускателями и другими в зависимости от принятой системы управления осветительными установками. При этом все осветительные сети должны иметь защиту от токов КЗ, а в ряде случаев и от перегрузки. Последнее требуется для сетей: внутри помещений, выполненных открыто проложенными незащищенными изолированными прово-

дамы с горючей оболочкой; в пожароопасных и взрывоопасных помещениях, а также взрывоопасных наружных установках; осветительных сетей питания бытовых и переносных электроприборов в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях и т. п.

Для надежного отключения при КЗ и с наименьшим временем необходимо, чтобы ток короткого замыкания не менее чем в 3 раза превышал номинальный ток аппарата защиты. Для взрывоопасных помещений это соотношение должно быть не менее 4 для предохранителей и 6 для автоматических выключателей. Для обеспечения селективности номинальные токи плавких вставок или уставок автоматических выключателей каждого последующего аппарата защиты должны быть не менее чем на две ступени ниже предыдущего.

Светильники рабочего освещения должны соединяться в такие группы, чтобы все токоприемники включались одновременно. Нельзя объединять светильники производственных и административных помещений и т. д. Если группы светильников включаются и отключаются одновременно, то на щитках, помимо предохранителей, должны устанавливаться выключатели 5 групп (рис. 43).

Для освещения в темное время суток населенных пунктов, а также отдельных производственных площадок используются сети уличного освещения, которые питаются, как правило, по самостоятельным линиям. В этой сети используют арматуру наружного освещения с лампами накаливания, люминесцентными или ртутными лампами. Для освещения некоторых территорий (пункты обработки зерна и т. п.) используются прожекторы ПЗС-35 и ПЗС-45.

Управление уличным освещением. В сельской местности наибольшее применение нашло зависимое нераздельное питание с одновременным включением и отключением всех светильников уличного освещения. В этой системе сети, питающие уличное освещение, имеют нулевой провод, общий с сетями других потребителей, и собственный фазный провод.

В небольших населенных пунктах, где уличное освещение питается от одной трансформаторной подстанции, управление освещением производится непосредственно с подстанции автоматически. С этой целью в поставляемых ныне комплектных трансформаторных

подстанциях установлен комплект автоматики уличного освещения, схема которого показана на рис. 44.

В комплект входят магнитный пускатель *МП*, включенный в линию уличного освещения, и выпускаемое промышленностью фотореле типа *ФР-1*, в котором в качестве первичного элемента использовано фотосопротивление *R4* типа *ФСК-1Г* в герметичном исполнении.

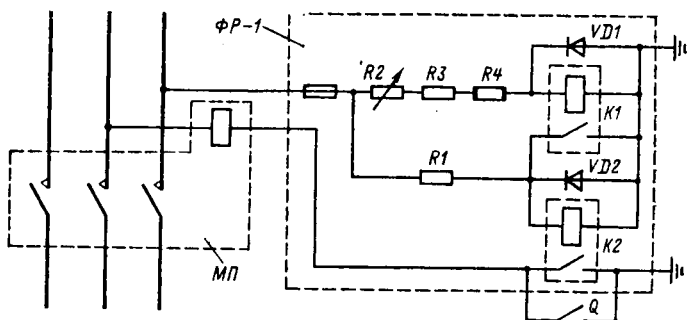


Рис. 44. Схема включения фотоэлектронного автомата *ФР-1* в цепь магнитного пускателя

Днем, когда освещенность большая, сопротивление *R4* мало и по обмотке поляризованного реле *K1* типа *РП-7*, включенного последовательно с фотосопротивлением, протекает ток, значительно превышающий ток срабатывания *K1*. Поэтому в реле замыкаются замыкающие контакты, которые шунтируют обмотку исполнительного промежуточного реле *K2* типа *РПНВ*. Уменьшение в вечернее время освещенности приводит к увеличению сопротивления фотосопротивления, уменьшению тока в обмотке *K1* до тока срабатывания реле. При этом контакты реле размыкаются, реле *K2* срабатывает, замыкая контакты в цепи обмотки магнитного пускателя *МП*; пускатель срабатывает и включает уличное освещение. Утром при увеличении освещенности сопротивление *R4* уменьшается, срабатывает реле *K1* и схема возвращается в исходное положение. Опробование работы *МП* осуществляется выключателем *Q*. В более крупных населенных пунктах, когда уличное освещение питается от нескольких подстанций, целесообразно применить каскадную схему управления: исполнительная аппаратура головного участка управляется вручную

или автоматически; включением головного участка подается напряжение на обмотку магнитного пускателя второго участка, который, включаясь, подключает участок сети уличного освещения к другой подстанции и т. д.

**Дополнительное освещение в теплицах и оранжереях.** При выращивании рассады овощей, в основном помидоров и огурцов, широко применяется искусственное освещение. Для этого используются зеркальные лампы накаливания, люминесцентные лампы типа ЛБ, ДРЛ, ксеноновые лампы большой мощности. Наибольшее распространение получили при освещении теплиц наиболее экономичные — люминесцентные лампы. Люминесцентные лампы включают группами по 10—15 ламп на специальных рамках, изготовленных из сухого пропитанного олифой прочного дерева. Электрическую проводку выполняют проводом с полихлорвиниловой изоляцией.

**Электрическое освещение в птичниках.** Для удлинения светового дня, что способствует увеличению яйценоскости птицы, также используется дополнительное электрическое освещение. При этом могут применяться лампы накаливания мощностью 60—100 Вт с высотой подвеса 2 м и расстоянием между лампами 3 м.

С тем, чтобы дать птицам время разместиться на насестах, лампы на ночь включают постепенно, используя следующие способы: выключение света «миганием», т. е. периодическим включением и отключением; выключение части ламп (50—70 %) на некоторое время с последующим выключением остальных ламп; выключение света с помощью реостата. В настоящее время изменение освещенности в птичниках программируется и автоматизируется.

Электрический свет используется для борьбы с насекомыми-вредителями полей, садов и огородов (светоловушки), а также при полевых работах в ночное время.

**Обслуживание электроосветительных приборов.** Осветительную арматуру можно использовать только с теми лампами, для которых она предназначена, иначе может произойти перегрев арматуры, ламп и проводов, что вызовет их разрушение. Светильники должны быть полностью укомплектованы и надежно укреплены. Патрон не должен проворачиваться при ввертывании и вывертывании ламп; лампа ввинчивается до отказа.

Периодически производят чистку светильников, смену перегоревших ламп, закрепление ослабевших контак-

ных соединений, окраску отражательных поверхностей арматуры, проверку и установку надлежащих углов наклона прожекторов заливающего света и т. д. Во время осмотров обращают внимание на состояние автоматических выключателей, штепсельных розеток, безопасность пользования ими, состояние изоляции проводки и мест соединения проводов и контактов с арматурой, на прочность закрепления проводов, смесильников, а также на состояние заземляющей проводки и надежность ее контактов.

Осмотр электрических осветительных установок, арматуры и ламп, выключателей, штепсельных розеток, щитков в помещениях с нормальной средой проводится не реже 1 раза в 6 мес, а в помещениях с повышенной опасностью — не реже 1 раза в 3 мес. Сопротивление изоляции электропроводки измеряют не реже 1 раза в 2 года в помещениях с нормальной средой и не реже 1 раза в год для остальных помещений.

**Использование ультрафиолетового и инфракрасного излучений.** Ультрафиолетовые излучения, источником которых в природных условиях является солнце, играют важную роль в биологических процессах. Их недостаток отрицательно сказывается на состоянии людей и животных. Природная ультрафиолетовая недостаточность может быть компенсирована излучениями искусственных источников. Различают несколько методов генерирования ультрафиолетовых излучений: метод температурного излучения, который используется в лампах накаливания; метод генерирования излучений через находящиеся в электрическом поле газы и пары металлов, который используется в ртутных и других газоразрядных лампах; метод генерирования излучений люминесценцией, который применяется, например, в эритемных и бактерицидных лампах.

Источниками ультрафиолетовых излучений, нашедших практическое применение в сельскохозяйственном производстве и реализующих указанные методы генерирования ультрафиолетовых излучений, являются, например, ртутно-кварцевые лампы типов ПРК и ДРТ; эритемные люминесцентные лампы типов ЭУВ, ЛЭ, ЛЭР, ДРВЭД и др.; бактерицидные лампы типов БУВ, ДБ. Ртутно-кварцевые лампы создают мощный поток ультрафиолетовых излучений и используются с профилактической и лечебной целью в медицине, а также в сельском хозяй-

стве в животноводческих помещениях, например, для облучения молодняка. Эритемные лампы устроены аналогично обычным люминесцентным лампам и отличаются от них лишь составом люминофора и сортом стекла трубки. Схема включения эритемной лампы подобна схеме включения люминесцентной лампы дневного и белого света. Эритемные лампы применяются в установках облучения для компенсации ультрафиолетовой недостаточности, которые применяются в первую очередь в детских и лечебно-профилактических учреждениях, а также в производственных и общественных помещениях, лишенных естественного света, в животноводческих помещениях для облучения молодняка животных и птицы. Бактерицидные лампы БУВ устроены подобно обычным люминесцентным лампам. Вместе с тем выполненные из кварцевого увиолевого стекла трубки ламп, хорошо пропускающие бактерицидные излучения, люминофором не покрываются. Бактерицидные лампы применяются для обеззараживания помещений и предметов обихода, питьевой воды, для обеззараживания и предохранения от микробного заражения пищевых продуктов, оборудования и др.

Ультрафиолетовые излучения от мощного источника, например лампы ДРТ, могут применяться для так называемого люминесцентного анализа. Люминесцентный анализ основан на том, что ультрафиолетовые излучения вызывают свечение многих веществ и микроорганизмов. С помощью люминесцентного анализа можно определить заболевания и повреждения картофеля и многих овощей, выявить скрытые формы порчи мяса, рыбы, зерна, качество молока и продуктов из него и т. д.

Инфракрасные излучения являются результатом теплового излучения. Поэтому в качестве искусственных источников инфракрасных лучей могут использоваться любые тела, нагретые до высокой температуры. Примером источника этих излучений является обычная лампа накаливания, которая, как указывалось, превращает в тепловые потери до 70 % всей потребляемой ею энергии. На практике наибольшее распространение получили специальные лампы накаливания — термоизлучатели, например зеркально-сушильные лампы типов ЗС-2 и ЗС-3, лампа типа ИКЗ, инфракрасный облучатель типа ОКБ-1376А.

Инфракрасные излучения используются для сушки сельскохозяйственных продуктов (зерна, фруктов, ово-



щей и др.), древесины, лакокрасочных материалов. При сушке зерна одновременно можно проводить дезинфекцию от вредителей (амбарного долгоносика, мучного клеща и т. д.).

Инфракрасные излучения нашли широкое применение в медицине при лечении различных заболеваний. Широко используются инфракрасные излучения при выращивании молодняка сельскохозяйственных животных и птицы в холодное время, а также при их лечении. Для выращивания молодняка птицы могут применяться электробрудеры с лампами ИКЗ для регулирования температурного режима в зоне обогрева; для обогрева молодняка птицы могут применяться и другие инфракрасные лампы, оборудованные защитной арматурой.

При помощи ламп ИКЗ и ЗС осуществляется облучение поросят, телят и ягнят в станках. Для этого могут применяться также автоматизированные комбинированные установки типов ИКУФ-1, ИКУФ-1М — инфракрасного обогрева и ультрафиолетового облучения молодняка сельскохозяйственных животных. Установка ИКУФ-1, структурная электрическая схема которой показана на рис. 45, состоит из блока 1 программного управления, силового щита 2 и облучателей 3, включающих смонтированные в общей арматуре две инфракрасные лампы ИКЗК-220-250, одну ультрафиолетовую ЛЭ-15 и пусковую аппаратуру к ней. Блок управления и силовой щит

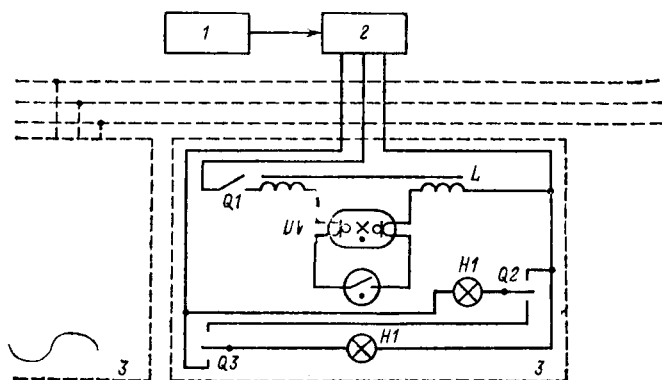


Рис. 45. Структурная электрическая схема установки ИКУФ-1:  
1 — блок управления; 2 — силовой щит; 3 — облучатель; L — дроссель; Q1, Q2, Q3 — тумблеры; H1 — лампа инфракрасного обогрева; UV — лампа ультрафиолетового облучения

состоят из пусковой и защитной аппаратуры, реле времени и элементов управления. Управление работой инфракрасных ламп — программное, основанное на биологическом цикле кормления поросят; ультрафиолетовое облучение — автоматическое. Установка выполняется по блочному принципу и может выпускаться на различное количество мест.

Обслуживание установок ультрафиолетового и инфракрасного излучения имеет ряд особенностей с точки зрения охраны труда и должно осуществляться специально подготовленными и проинструктированными ответственными лицами.

## **6 Применение электроэнергии для получения теплоты**

Использование электроэнергии для получения теплоты в сельском хозяйстве постоянно расширяется. В настоящее время колхозы и совхозы могут использовать на фермах для нужд теплоснабжения и обогрева мощности до 400 кВт. Предусматривается строительство в каждом сельскохозяйственном районе по одной экспериментальной электрической котельной теплоснабжения.

Помимо животноводства такое получение теплоты может использоваться и в других отраслях сельского хозяйства, в частности: птицеводстве (инкубация, отопление, обогрев и вентиляция птичников, подогрев воды в поилках); растениеводстве открытого и закрытого грунта (обогрев зимних и весенних парников, теплиц, стерилизация почвы и др.), и для обеспечения теплотой и горячей водой производственных мастерских и т. п. При решении вопроса об использовании электроэнергии для получения теплоты необходимо экономически оценить его эффективность в сравнении с другими источниками.

**Электротеплоснабжение животноводства.** Электрический нагрев применяется во многих производственных процессах животноводства.

*Водонагревательные установки* используют для автоматического поения животных, получения теплой воды для ухода за животными, обеспечения горячей водой различных производственных помещений и бытовых нужд.

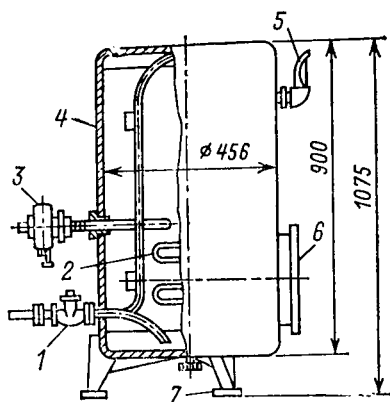


Рис. 46. Общий вид емкостного электроводонагревателя типа УАП-100/2

К таким установкам относятся аккумулирующие установки типов ВЭТ и УАП емкостью от 100 до 1600 л, представляющие собой (рис. 46) цилиндрический бак 4, установленный вертикально на опорах 7. Нагрев воды осуществляется нагревателями 2 типа ТЭН, которые вставляются в патрубок 6,

сваренный в боковую поверхность корпуса. Температура в заданных пределах поддерживается автоматически при помощи датчика температуры 3 типа ТУДЭ-2 и устройства автоматики, размещенного в отдельном шкафу. Температура воды в водонагревателе контролируется по термометру 5. Разбор воды осуществляется через вентиль 1. Для нагрева воды применяются также электродные электроводонагреватели типа ЭПЗ-25, ЭПЗ-60, ЭПЗ-100. При большом суточном расходе воды для обогрева производственных и жилых помещений могут использоваться электродные водяные котлы типа КЭВЗ-100/0,4 мощностью 100 кВт или большей мощности.

*Вентиляционно-отопительные установки.* Температура, относительная влажность и содержание вредных примесей газов в воздухе животноводческих и птицеводческих помещений нормируются. Поддержание определенных комфортных условий оказывает значительное влияние на повышение эффективности животноводства. Для создания температурно-влажностного режима промышленностью выпускаются комплекты электрифицированные установки, например автоматизированная система вытяжной вентиляции типа «Климат», электрокалориферная установка типа «Электроклимат», установка проточно-вытяжной вентиляции с электроподогревом типа ПВУ. Для охлаждения, увлажнения и очистки от пыли воздуха животноводческих и птицеводческих помещений с сухим

и жарким климатом используется, например, комплект оборудования КИО-13.

Электрокалориферная установка типа СФОА показана на рис. 47; основными элементами ее являются элект-

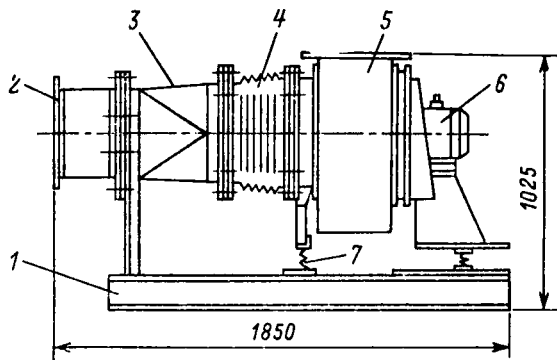


Рис. 47. Общий вид электрокалориферной установки типа СФОА:

1 — рама; 2 — электрокалорифер; 3 — диффузор; 4 — мягкая вставка; 5 — вентилятор; 6 — электродвигатель; 7 — виброизолятор

трокалорифер 2 и центробежный вентилятор 5 с электродвигателем 6. Электрокалорифер состоит из сварного каркаса и трубчатых нагревательных элементов, соединенных в три секции. Для защиты электрокалорифера и обслуживающего персонала от создаваемой вентилятором вибрации служат мягкая вставка 4, размещаемая между вентилятором и диффузором 3, и виброизолятор 7, с помощью которых установка крепится к раме 1 основания. В комплект поставки установки входит щит автоматики с соответствующими датчиками, обеспечивающими автоматическое отключение электрокалорифера при остановке электродвигателя вентилятора или при повышении температуры на поверхности нагревателя выше  $180^{\circ}\text{C}$ . При отключенном электродвигателе вентилятора схема автоматики дает запрет на включение нагревателей.

Установки СФОА выпускаются мощностью от 5 до 100 кВт и могут использоваться для отопления крупных теплиц и бытовых помещений, картофелехранилищ, а также для сушки зерна и сена. Специальное влаго- и химически стойкое покрытие элементов установок по-

звolyет размещать их и в производственных помещениях с агрессивной средой.

*Электрообогреваемые полы.* Для помещений с напольным содержанием молодняка применяют местный обогрев пола. В качестве основного средства здесь используют электрообогреваемые полосы и площадки пола с помощью нагревательных проводов, которые размещают в бетонном покрытии пола. Комплект оборудования для обогрева порослят, например, типа ООП-50 предусматривает установку в каждом из пятидесяти станков для размещения порослят полика и зонта, в которые вмонтированы трубчатые электронагревательные элементы типа ТЭН. Предусмотрена возможность автоматического поддержания заданной температуры поликов с помощью терморегуляторов. Электрообогреваемые полы применяют, как правило, без утепляющих деревянных настилов или асфальтового покрытия и без подстилки.

*Холодильники, тепловые насосы и кондиционеры.* Принципы действия компрессионного холодильника и теплового насоса аналогичны. В холодильнике теплота, отделяемая воздухом в камере хранения с находящимися там продуктами, передается в окружающую среду через радиатор, установленный сзади холодильника, обычно теплый на ощупь. В тепловом насосе в отличие от холодильника теплота от источника с низкой температурой переносится к источнику теплоты с более высокой температурой. Теплота в тепловом насосе отнимается от низкопотенциального источника (река, термальные подземные воды и др.) и переносится рабочей жидкостью (агентом) с низкой температурой кипения (фреон, аммиак и др.), которая циркулирует в замкнутой системе теплового насоса, состоящей из компрессора с электроприводом, испарителя, конденсатора и дроссельного вентиля. Испаритель заполняется жидкостью-агентом, через которую водяным насосом через расположенный в испарителе змеевик прогоняется, например, речная вода. Создавая разрежение в испарителе, компрессор приводит к закипанию жидкости-агента при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ . Процесс кипения форсируется подачей в змеевик речной воды. Эта вода при охлаждении передает свою теплоту жидкости-агенту. За счет высокого давления температура паров агента повышается.

Конденсатор компрессора, заполняемый парами с помощью агента, также имеет змеевик, который включается в систему внешнего обогрева (жилого дома, производственных помещений и т. п.). Пары агента, охлаждаясь, нагревают воду в змеевике и конденсируются. Конденсат агента через дроссельный вентиль снова поступает в испаритель. Электроэнергия затрачивается лишь на привод компрессора и насосов.

Для нагрева воздуха зимой и охлаждения его в помещениях летом применяются кондиционеры. Компрессор и вентиляторы кондиционера приводятся в действие электродвигателем. Вентилятор засасывает воздух из комнат и прогоняет его через пластины радиатора-испарителя снова в комнату, тем самым в жаркое летнее время воздух в помещении охлаждается. В случае необходимости один из вентиляторов кондиционера может работать только для вентиляции помещения. С помощью схемы управления можно задать тот или иной режим работы кондиционера.

*Некоторые формы использования теплоты.* В птицеводстве нашли применение сравнительно простые способы получения теплоты. Для увеличения яйценоскости кур питьевая вода подогревается до  $20^{\circ}\text{C}$  с помощью лампы накаливания, которую помещают в жестяной цилиндр, устанавливаемый в воду автопоилки, или автоматического подогревателя. Применение специальных обогреваемых насестов приводит к уменьшению потребления курами пищи, так как уменьшаются затраты энергии на излучение теплоты телом. Обогреваемый насест выполняют в виде газовой трубы с помещенным внутри проводочным нагревателем.

**Электрообогрев защищенного грунта.** Для обогрева парников и теплиц существует несколько способов электрообогрева: кабельный, неизолированным проводом, элементный, электродный и др.

*Нагревательный кабель* прокладывают в песке или в дренажных трубах отдельными петлями, которые можно с помощью переключателя соединять последовательно или параллельно. Это дает возможность регулировать температуру обогрева парника или теплицы. Кроме почвенного обогрева, в теплицах необходим также обогрев воздуха. Для этой цели нагревательный кабель подвешивают на специальных крючьях вдоль боковых стен и остекления теплицы. На рис. 48 показана электриче-

ская схема парника с нагревательным кабелем. В котловане парника, поперечный разрез которого приводится на рис. 49, дно и боковые стенки выложены шлаковой тепловой изоляцией (толщиной 15—20 см), которая уменьшает уход теплоты в нижние слои земли. Толщина песчаного слоя должна составлять 5—10 см; песок защищает кабель от соприкосновения со шлаком, а так-

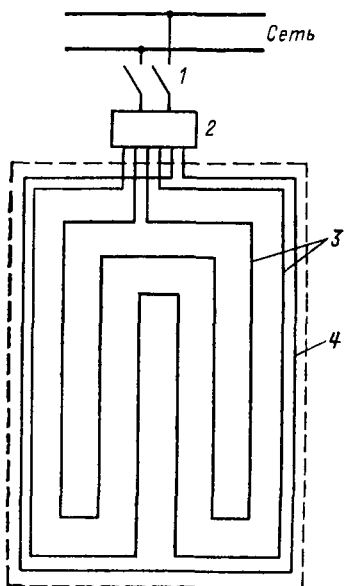
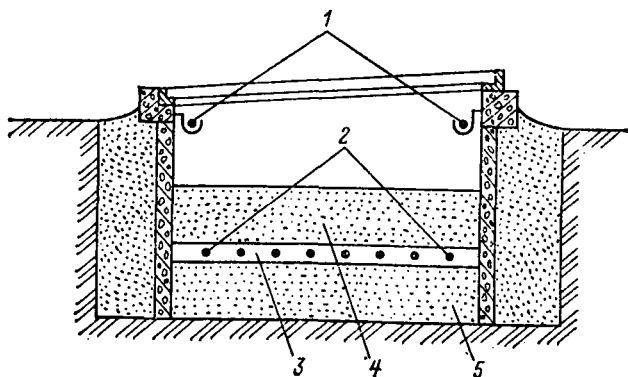


Рис. 48. Электрическая схема парника с нагревательным кабелем:

1 — рубильник; 2 — переключатель для параллельного и последовательного включений отдельных ветвей кабеля; 3 — две параллельные ветви кабеля для обогрева почвы; 4 — кабель для обогрева воздуха

Рис. 49. Разрез парника с нагревательным кабелем:

1 — нагревательный кабель для обогрева воздуха; 2 — то же для обогрева почвы; 3 — песок; 4 — почва; 5 — шлак



же выравнивает температуру почвы в парнике. Для защиты кабеля от механических повреждений во время обработки почвы на расстоянии 5—10 см от него следует помещать металлическую сетку. Если кабель проложен в дренажных трубах, теплоту горячего воздуха этих труб используют для дополнительного обогрева пространства под рамами; при этом в местах стыков труб устанавливают патрубки с выходом их в подрамное пространство.

*Неизолированная стальная оцинкованная проволока*, прокладываемая подобно нагревательному кабелю, также используется для обогрева парников. Конструкция парника при таком способе обогрева ничем не отличается от предыдущей. Вместе с тем для обеспечения электробезопасности парники питают от понижающих трансформаторов со вторичным напряжением 20—40 В.

*Элементный способ электрообогрева* предусматривает использование неизолированной стальной оцинкованной проволоки, прокладываемой в асбестоцементных трубах. Таким способом может производиться почвенно-воздушный обогрев парников и теплиц. Электрическая схема питания дает возможность, когда нет необходимости в обогреве воздуха, отключать элементы воздушного обогрева.

Диаметр труб, прокладываемых в почве, — 50—150 мм, диаметр труб для обогрева воздуха — 50 мм. Трубы почвенных нагревательных элементов укладывают в слой песка толщиной 10—15 см, находящийся под растительным слоем почвы. Трубы соединяют муфтами на цементном растворе. Проволоку натягивают и прокладывают внутри труб на изолирующих подставках из пропитанного в горячем битуме или трансформаторном масле асбестоцементе. Торцы труб заделывают изолирующими заглушками. Парники и теплицы имеют тепловую изоляцию из шлака.

В *электродном способе обогрева* элементом, выделяющим теплоту, является земля, которая нагревается проходящим по ней электрическим током. Для подвода электрического тока служат электроды, представляющие собой полосы из кровельного или листового железа 130—140×6—8×0,05—0,07 см с приваренными к ним медными проволочками-отпайками. С помощью отпайек электроды соединяют с неизолированными распределительными проводами, которые прокладывают вдоль пар-



ника на роликах. Электроды ставят на ребро, заглубляя в почву на 6—8 см, перпендикулярно продольной оси парника на расстоянии 50—60 см между ними.

К распределительным проводам ток подводят с помощью отпаек из изолированного провода, присоединяя их к магистральным проводам большого сечения. Питание парников осуществляется в целях обеспечения электробезопасности на напряжении 50—65 В, при этом для предварительного подогрева применяется напряжение 127 или 220 В, так как при напряжении 50—65 В подогрев затруднен и длится продолжительное время.

Все параметры элементов электрообогрева (сечение кабелей и проводов, мощность трансформаторов и др.) определяются расчетом; параметры зависят от обогреваемых площадей, максимальной потребности в теплоте и температуры внутри парника или теплицы, которую необходимо поддерживать для выращивания той или иной культуры.

**Бытовые нагревательные приборы.** Преобразование электроэнергии в тепловую широко используется в быту. Для приготовления и нагрева пищи, обогрева помещений, для медицинских и других целей применяют нагревательные приборы, в которые встроены элементы, превращающие электрическую энергию в тепловую. Нагревательные элементы бытовых приборов изготавливаются из металлов и сплавов с большим удельным сопротивлением, мало изменяющимся при колебаниях температуры, высокой температурой плавления и стойкими к окислению при нагреве в воздушной среде. Качество электронагревательных приборов и надежность их в эксплуатации зависят в значительной мере от правильного выбора электро- и теплоизоляционных материалов. Первые должны иметь высокое электрическое сопротивление и механическую прочность, хорошую теплопроводность и малую гигроскопичность, выдерживать резкие колебания температуры; вторые — небольшую теплоемкость и способность выдерживать рабочую температуру приборов. Этим требованиям удовлетворяют асбест, асбослюда, шлаковата, шамот, которые предохраняют окружающие предметы от загорания и повышают коэффициент полезного действия нагревательных приборов.

В настоящее время в быту используется набор электронагревательных приборов, в которых применены од-

на или несколько конструкций нагревательных элементов: электрические плиты с жарочными шкафами, электрочайники и электроводонагреватели, рефлекторные отопительные печи и камины, электроотопительные печи с аккумулярованием тепла и др.

**Эксплуатация электронагревательных установок.** При эксплуатации электронагревательных установок и приборов наряду со строгим выполнением правил техники безопасности выдвигается на первый план соблюдение требований пожарной безопасности. Высокое качество изготовления электронагревательных устройств, устранение их конструктивных недостатков и строгое соблюдение правил монтажа являются предпосылкой безопасной эксплуатации.

*Парники и теплицы* по условиям окружающей среды относятся к особо сырým помещениям, относительная влажность воздуха в которых близка к 100 %. По степени опасности поражения током электроустановки парников и теплиц делятся на две категории. Категория А — напряжение питания электронагревательных элементов выше 65 В при обогреве с помощью электродов, заложенных в землю, или неизолированных проводов, проложенных в земле или воздухе. Категория Б — напряжение питания электронагревательных элементов не более 65 В при обогреве с помощью электродов, заложенных в землю или воздухе, а также напряжение выше 65 В с прокладкой нагревательных элементов в асбоцементных трубах или при использовании специальных нагревательных кабелей.

Участок парников или теплиц категории А ограждают забором высотой 2 м, отстоящим не менее чем на 1 м от ближайших парников и теплиц. Такие парники можно обслуживать только при снятом напряжении. Перед подачей напряжения необходимо убедиться, что на участке нет людей, запретить вход на участок и вывесить на входе плакат: «Парники (теплицы) под напряжением. Вход на территорию воспрещен».

В парниках и теплицах категории Б при включенном обогреве допускаются работы, не требующие применения инструментов, а также работы, исключающие погружение в почву более чем на 25 см металлической части инструментов с деревянными ручками. Перед включением парников и теплиц под напряжение необходимо поставить об этом в известность всех работающих в это

время на участке и вывесить на видных местах плакаты: «Парники (теплицы) под напряжением».

Устройства для автоматического регулирования температуры и влажности выполняются на напряжении не выше 36 В с изоляционными рукоятками регуляторов для изменения режима.

Электроводонагреватели и электрокалориферы следует применять только промышленного изготовления. При этом водонагреватели электродного типа должны обеспечиваться блокировкой, исключающей возможность открытия водозаборного крана при включенном водонагревателе. Трубопроводы горячей и холодной воды необходимо занулять и присоединять к корпусу котла через изолирующие вставки с сопротивлением столба воды не менее 2000 Ом при расчетном удельном сопротивлении воды не более 2 Ом м. Изоляцию корпуса от кожуха вместе с этими вставками без воды испытывают 1 раз в год напряжением 2 кВ в течение 1 мин. Электропроводку к водонагревателям и электрокалориферам прокладывают в трубах, которые зануляют. Подвод электрического кабеля к электрокалориферу осуществляют через разъемное соединение. Эксплуатация электрокалориферов возможна только при наличии автоматической защиты от перегрева.

Наибольший эффект по повышению электробезопасности на животноводческих фермах достигается с помощью устройства выравнивания потенциалов. Конструктивно устройство выполняется из металлических выравнивающих проводников диаметром 6—8 мм, которые закладываются в пол животноводческого помещения непосредственно на песчаную, щебеночную или другую подготовку перед заливкой бетонным раствором. Выравнивающие проводники закладываются в каждом ряду размещения животных на расстоянии 1,2—1,4 м друг от друга, соединяются сваркой с металлическими частями машин, механизмов и трубопроводов, подключенных к нулевому защитному проводу сети. Соединения в торцевой части выравнивающих проводников осуществляются болтовыми соединениями с тем, чтобы проверить целостность цепи выравнивающих проводников; проверка проводится не реже 2 раз в год. Устройства для привязи скота, поилки, кормушки и другие приспособления, которых животные касаются непосредственно, рекомендуется выполнять из изоляционных материалов.

Устройство для выравнивания потенциалов выполняется одновременно с занулением металлических трубопроводов и конструкций транспортеров для раздачи кормов, уборки навоза и других механизмов. При наличии устройства для выравнивания потенциалов изоляция технологического оборудования и применение изолирующих вставок на трубопроводах не требуются.

## **7 Заземление и меры безопасности в электроустановках**

Одной из основных причин поражения электрическим током людей и животных в условиях сельскохозяйственного производства является замыкание токоведущих частей на землю или на корпуса электрических машин, трансформаторов и других электрических аппаратов и приборов. Вследствие того, что электрические установки в сельском хозяйстве работают в неблагоприятных условиях (большое число их подвергается воздействию атмосферных осадков, эксплуатируется в пыльной, влажной или агрессивной среде и т. п.), может разрушаться изоляция проводов, образовываться токопроводящая влажная и пыльная пленка на изоляторах, конденсироваться влага между обмоткой и корпусом электрической машины, на корпусах электроустановок появляется потенциал. В ряде случаев такой потенциал представляет большую опасность для обслуживающего персонала и животных.

Следует указать основные причины поражения электрическим током:

прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением;

прикосновение к нетоковедущим, но токопроводящим частям электрооборудования, оказавшимся под напряжением из-за неисправности изоляции или защитных устройств;

попадание под шаговое напряжение.

Особо необходимо выделить нарушение правил техники безопасности и правил технической эксплуатации электроустановок [6].

По условиям безопасности электроустановки делятся на две категории: напряжением до 1 кВ, которые в основном питаются от трехфазных сетей — трехпровод-

ной с изолированной нейтралью и четырехпроводной с глухозаземленной нейтралью и напряжением выше 1 кВ — трехпроводной с изолированной нейтралью и трехпроводной с глухозаземленной нейтралью.

Для защиты от поражения в электроустановках применяются следующие меры и способы: защитное заземление; защитное зануление; защитное отключение; обеспечение малых напряжений; защитное разделение сетей; контроль и профилактика повреждений изоляции.

**Заземление электроустановок.** Заземлением электроустановки называют преднамеренное электрическое соединение ее с заземляющим устройством. Заземляющее устройство состоит из заземлителя и заземляющих проводов. Заземлителем называется металлический стержень, провод, лист, полоса или металлический предмет другой формы, соединяющий заземляемую часть электроустановки с землей. Устройство, состоящее из ряда заземлителей, соединенных между собой электрически при помощи металлической полосы или провода, образует *заземляющий контур* или контур заземления. Заземляющим проводником называют металлические проводники, которыми заземляемые части электроустановки соединяются с заземлителем или контуром заземления. Различают защитное и рабочее заземление.

Защитным заземлением является соединение с заземлителем (контуром) металлических частей электроустановки, нормально изолированных от частей, находящихся под напряжением, служащее для того, чтобы обезопасить человека от поражения электрическим током в случае прикосновения к частям электроустановки, оказавшимся под напряжением вследствие повреждения изоляции.

Действие защитного заземления заключается в том, что оно снижает напряжение между корпусом оборудования, оказавшимся под напряжением, и землей до безопасного значения. Если корпус электроустановки (рис. 50) не заземлен и оказался в контакте с фазой, то прикосновение человека к такому корпусу равносильно прикосновению к фазе. Если же корпус заземлен, его потенциал относительно земли не превышает безопасного значения. Защитное заземление применяется в трехфазных трехпроводных сетях напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью и в сетях напряжением 1 кВ и выше с любым режимом заземления нейтрали.

Рабочее заземление применяют для обеспечения нормальной работы электроустановок. К рабочим заземлениям относят заземления нейтрали генераторов и трансформаторов, заземление средств грозозащиты и т. д.

Рис. 50. Схема соединения электроустановки с заземлителем;

$R_z$  — сопротивление заземлителя

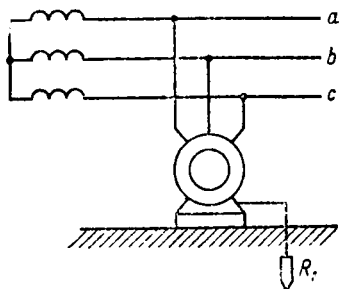
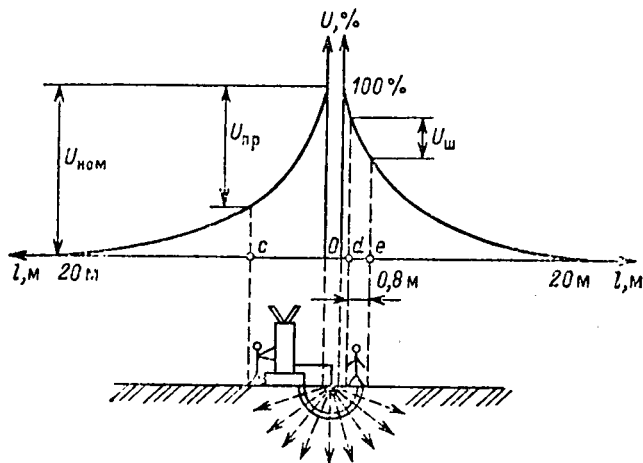


Рис. 51. Растекание тока у заземлителя и характер изменения потенциала вокруг него:

$U_{ном}$  — номинальное напряжение электроустановки;  $U_{пр}$  — напряжение прикосновения;  $U_{ш}$  — шаговое напряжение



Основной электрической характеристикой заземлителя или контура заземления является сопротивление растеканию тока. Если представить заземлитель в виде полушферы, то ток в земле растекается во все стороны от этого заземлителя в радиальных направлениях (рис. 51). Наибольшим потенциалом обладает электроустановка. Если пренебречь падением потенциала в заземляющем проводе, потенциал заземлителя окажется равным потенциалу электроустановки. По мере удаления

от заземлителя потенциал снижается. На расстоянии более 20 м слой грунта имеет нулевой потенциал.

Разность потенциалов двух точек, к которым одновременно прикасается человек, называется напряжением прикосновения. Чем дальше человек находится от заземлителя ( $U_{\text{пр}} = U_{\text{ном}} - U_{\text{с}}$ ), тем больше напряжение прикосновения, и наоборот. Таким образом, непосредственно около заземлителя напряжение прикосновения равно нулю. Вместе с тем при отсутствии заземления или неудовлетворительном состоянии изоляции человек, стоящий на земле около рассматриваемой установки и прикоснувшийся к металлическим ее частям, может оказаться под линейным напряжением.

Если человек подходит к установке с поврежденной изоляцией и его ноги касаются земли в точках  $d$  и  $e$ , то он окажется под действием разности потенциалов этих точек, называемой шаговым напряжением  $U_{\text{ш}}$ , т. е.  $U_{\text{ш}} = U_d - U_e$ . Чем ближе к заземлителю, тем больше шаговое напряжение, наибольшее — непосредственно у заземлителя. При устройстве заземлений стремятся к тому, чтобы напряжение прикосновения и шаговое напряжение были возможно меньше, что повышает безопасность обслуживания электроустановок. Для понижения напряжения прикосновения и шагового напряжения устраивают сложные заземлители (контуры), добиваясь малых значений сопротивления заземляющего устройства.

Требования, предъявляемые к заземлениям. В соответствии с [1] сопротивление заземляющего устройства в любое время года не должно превышать следующих значений:

0,5 Ом — для электроустановок напряжением выше 1 кВ с большими токами замыкания на землю;

не более 10 Ом — для электроустановок напряжением выше 1 кВ с малыми токами замыкания на землю;

4 Ом — для электроустановок напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью;

4 Ом — для электроустановок до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, когда к заземляющему устройству присоединены нейтрали генераторов и трансформаторов, и 10 Ом при мощности этих генераторов и трансформаторов 100 кВт (кВ·А) и менее.

Сопротивление повторного заземления нулевого провода не должно быть более 10 Ом, а электроустановок, сопротивление заземляющих устройств которых не пре-

вышает 10 Ом, — не более 30 Ом. Для заземлений электроустановок разных напряжений и назначений следует, когда это возможно, создавать одно общее устройство заземления.

В электрических установках должны заземляться: станины и кожухи электрических машин, трансформаторов, осветительной арматуры и других аппаратов; приводы электрических аппаратов (рубильников, разъединителей и т. д.); вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока и напряжения; каркасы распределительных щитов, шкафов и сборок; металлические конструкции подстанций и открытых распределительных устройств; корпуса кабельных муфт, оболочки кабелей и проводов; трубы электропроводок.

Заземление электроустановок не требуется при номинальном напряжении 36 В и ниже для переменного и 110 В и ниже для постоянного тока во всех случаях, за исключением взрывоопасных установок и электроустановок с двойной изоляцией.

**Выполнение заземлений.** Для заземляющих устройств по возможности используют естественные заземлители: проложенные в земле водопроводные, канализационные и другие трубопроводы, кроме трубопроводов горючих жидкостей и газов; металлические конструкции и арматура железобетонных изделий, имеющие надежное соединение с землей; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле. Для заземления нельзя применять алюминиевые оболочки кабелей и алюминиевые неизолированные провода, так как в почве они окисляются, а окись алюминия обладает изоляционными свойствами.

При отсутствии естественных заземлителей делают искусственные заземлители — вертикально закладывают в землю стальные трубы длиной 2,5—3 м, диаметром 30—50 мм с толщиной стенок не менее 3,5 мм; металлические стержни диаметром 10—12 мм и длиной 10 м; угловую сталь с толщиной полок не менее 4 мм. Применяют также горизонтальные (протяженные) заземлители из стальной прямоугольной полосы, круглой стали и др. В качестве искусственных заземлителей в агрессивных почвах (щелочных, кислых и др.), где они подвергаются усиленной коррозии, применяются медь, омедненный или оцинкованный металл.

Вертикальные заземлители забивают на расстоянии



не менее 2,5—3 м друг от друга в землю таким образом, чтобы верхний конец заземлителя находился ниже поверхности земли на 0,6—0,7 м. Причем, чем глубже заложен заземлитель, тем лучше, так как на большей глубине земля не промерзает и не высыхает, а удельное сопротивление грунта практически не изменяется в зависимости от времени года.

Забитые в землю заземлители соединяют стальной полосой толщиной не менее 4 мм, уложенной также на ребро, заземляющие полосы соединяют между собой сваркой внахлест, присоединение полос к заземлителям выполняют также сваркой. Горизонтальные заземлители укладываются на ребро в траншеи глубиной 0,6—0,7 м. После монтажа заземляющего устройства траншеи засыпают землей, не содержащей камней и мусора, и утрамбовывают.

В помещениях заземляющую проводку прокладывают в виде магистралей заземления, имеющих не менее двух соединений с заземлителем. Заземляющую проводку следует располагать так, чтобы она была доступна для осмотра и надежно защищена от механических повреждений. На полу помещений проводку укладывают в специальные канавки. В помещениях, где возможно выделение едких паров и газов, а также в помещениях с повышенной влажностью заземляющие проводники прокладывают вдоль стен с помощью скоб на расстоянии 10 мм от стены. В качестве проводников для внутренней сети заземления используют стальные полосы толщиной не менее 3 мм и сечением не менее 24 мм<sup>2</sup> или круглые стальные проводники диаметром не менее 5 мм.

Каждая заземляемая часть электроустановки должна быть присоединена к заземлителю или заземляющей магистрали с помощью отдельного проводника (рис. 52, а). Последовательное включение нескольких заземляемых частей электроустановки в заземляющий проводник запрещается (рис. 52, б).

Иногда бывает недостаточным раздельное заземление корпусов оборудования. Так, для случая, когда они расположены рядом (рис. 53, а), при пробое одной фазы на корпус 1, а другой — на корпус 2 оба корпуса окажутся под напряжением, равным примерно половине линейного. Из-за недостаточного значения токов предохранители могут не перегореть и корпуса могут длительно оставаться под опасным напряжением. Соединение кор-

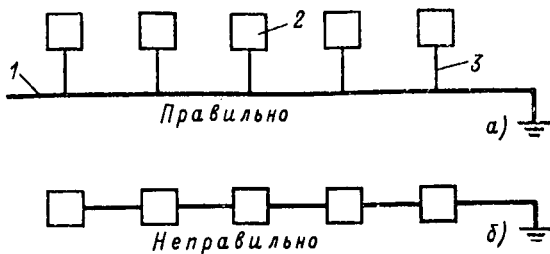


Рис. 52. Схемы присоединения заземляемых объектов к заземляющей магистрали:

1 — заземляющая магистраль; 2 — заземляющее оборудование; 3 — проводник-ответвление

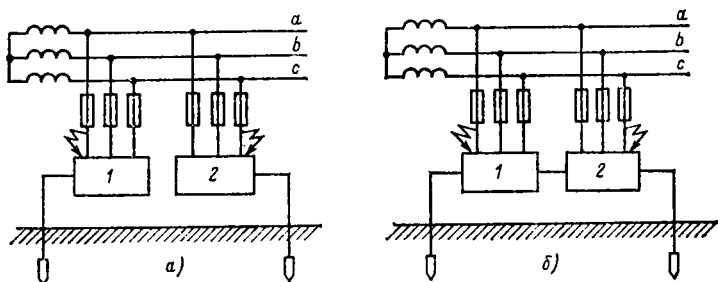


Рис. 53. Заземление корпусов, расположенных рядом

пусов (или других электроустановок) между собой проводником (рис. 53, б) превращает однофазные замыкания в двухфазное короткое замыкание и приводит к безусловному перегоранию по крайней мере одного из предохранителей.

В случае ошибочного применения защитного заземления в сетях напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью заземление не обеспечивает надежной защиты. При пробое фазы на корпус электроустановки, как это показано на рис. 54, а, ток протекает по следующему пути: сопротивление защитного заземления  $R_z$  — земля — сопротивление заземления нейтрали  $R_0$  — обмотка трансформатора — фазный провод — корпус электроустановки. Поскольку сопротивления  $R_0$  и  $R_z$  включены последовательно, то фазное напряжение 220 В поделится пропорционально их значениям. Поэтому, если  $R_z > R_0$  (как это обычно и бывает), напряжение на корпу-

се будет опасным — по крайней мере превысит 110 В. На рис. 54, б часть корпусов присоединена к нулевому проводу, а часть заземлена. При пробое фазы на заземленный корпус на обоих корпусах появится опасное напряжение. В этом случае ток замыкания  $I_k$  потечет по пути:  $R_3$  — земля —  $R_0$  — обмотка трансформатора —

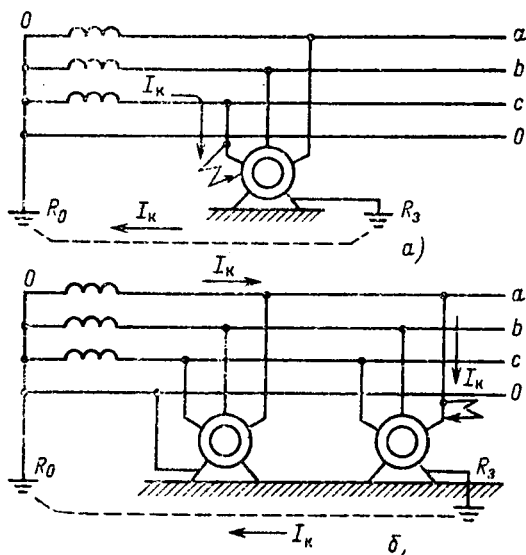


Рис. 54. Схемы неправильного выполнения защитного заземления: а — в сети с заземленной нейтралью; б — в сети с заземленной нейтралью, где часть установок занулена

фазный провод — корпус электроустановки. При  $R_0 = R_3$  на первом и втором корпусах напряжения будут примерно одинаковыми, равными половине фазного напряжения.

Из приведенных примеров следует, что в сетях напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью заземлять корпуса токоприемников нельзя; не допускается также соединять часть корпусов с нулевым проводом, а другую заземлять.

Заземляющие проводники присоединяют к заземляемым металлическим корпусам, кожухам электрооборудования сваркой или болтовыми соединениями. Болтовые соединения зачищают стальной щеткой до блеска и смазывают нейтральным вазелином, после затяжки болта

контактное соединение покрывают лаком. Заземление электрооборудования, которое часто подвергается перестановке, подвержено вибрации или установлено на движущихся частях технологического оборудования, выполняется гибким проводом. При этом должны быть приняты меры против ослабления контактов: поставлены контргайки, разрезные или замковые шайбы и т. п.

**Проверка заземляющих устройств.** Для определения технического состояния заземляющего устройства должны систематически производиться следующие работы: внешний осмотр видимой части заземляющего устройства; осмотр и проверка наличия цепи между заземлителем и заземляемыми элементами; измерение сопротивления заземляющего устройства; проверка пробивных предохранителей трансформаторов; проверка надежности соединений естественных заземлителей; измерение сопротивления петли фаза—нуль; измерение удельного сопротивления грунта для опор линий электропередачи напряжением выше 1 кВ; выборочное вскрытие грунта для осмотра находящихся в земле элементов заземляющего устройства.

Проверка наличия цепи между заземлителем и заземленным оборудованием проводится для выявления непрерывности и надежности цепи заземления, в которой не должно быть обрывов и неудовлетворительных контактов. В простых неразветвленных сетях измерение сопротивления переходных контактов производится непосредственно между заземлителем и каждым заземляемым элементом. В сложных разветвленных сетях измерение сопротивления производится сначала между заземлителем и отдельными участками заземляющей магистрали, а затем между этими участками и заземленными элементами. Перед измерением необходимо убедиться в отсутствии напряжения на корпусах проверяемого оборудования. Для измерений применяют специально предназначенный для таких проверок омметр типа М-372, а также измерительные мосты типов МВУ, УМВ, ММВ или измерители сопротивления заземления типа МС-08. Непосредственное измерение сопротивления заземляющих устройств является основным методом контроля их состояния. Для этого используются измерители типов М-416, МС-08, ИСЗ-01, М-1103.

Для защиты сетей до 1 кВ с изолированной нейтралью от перенапряжений служат устанавливаемые на

трансформаторах пробивные предохранители. Их надежная работа определяется правильной сборкой и постоянным поддержанием в надлежащем техническом состоянии. Поэтому проверку предохранителей необходимо производить как перед вводом в эксплуатацию, так и при каждом ремонте оборудования, перестановке предохранителей или предположении об их возможном срабатывании. При осмотре трансформатора производится также осмотр пробивного предохранителя.

В электрических сетях до 1 кВ с заземленной нейтралью перед сдачей в эксплуатацию объектов и периодически производится проверка соответствия сети требованиям обеспечения отключения аварийного участка [1]. Поврежденный участок надежно отключается, если значение тока однофазного замыкания  $I_k$  отвечает условию:

$$I_k \geq kI_{ном},$$

где  $I_{ном}$  — номинальный ток плавкой вставки предохранителя или ток уставки расцепителя автоматического выключателя;  $k$  — коэффициент, зависящий от вида защиты.

Для определения тока однофазного замыкания необходимо измерить полное сопротивление цепи однофазного замыкания на корпус или землю. Простейшим является способ измерения сопротивления петли фаза—нуль при помощи амперметра и вольтметра. Используются также приборы МС-08, М-417, ИПЗ-2М, ИПЗ-Т, ИПЗ-Ц и др. Для измерения удельного сопротивления грунта может использоваться измеритель типа М-416.

Каждое заземляющее устройство, находящееся в эксплуатации, должно иметь паспорт, включающий схему заземления, основные технические данные о результатах последних измерений и проверок, сведения о характере произведенных ремонтов и об изменениях, внесенных в устройство заземления.

**Защитное зануление.** Основной особенностью устройства заземлений электрических приборов и аппаратов, работающих у потребителя в распределительных сетях 380/220 В, является применение так называемого защитного зануления. Для каждого такого аппарата или прибора заземление не выполняют.

Защитным занулением называется преднамеренное соединение проводящих частей электроустановок, нормально не находящихся под напряжением, но могущих

оказаться под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора (трансформатора) в сетях многофазного тока, или с одним из глухозаземленных выводов источника однофазного тока, или с глухозаземленной средней точкой источника в трехпроводных сетях постоянного тока. Соединение зануляемых частей электроустановок с заземленной нейтралью выполняется нулевым защитным проводом. К нулевому проводу присоединяются корпуса и кожухи оборудования или отдельные его части (рис. 55).

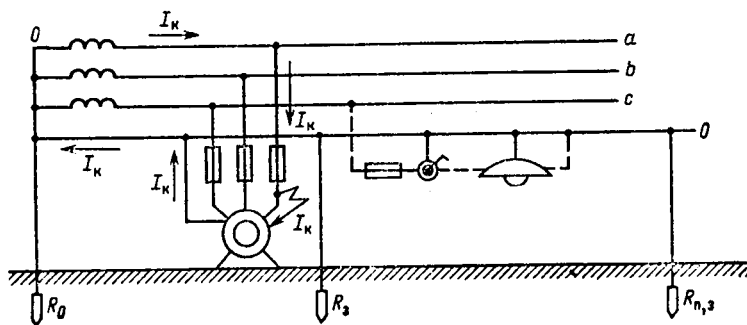


Рис. 55. Схема зануления электрического оборудования:

$R_0$  — сопротивление нулевой точки;  $R_з$  — сопротивление заземлителя;  $R_{п,з}$  — сопротивление повторного заземления

Отсутствие или неисправность, а также неправильное устройство защитного зануления могут быть причиной поражения электрическим током людей и животных или возникновения пожара. Так, при отсутствии защитного зануления и прикосновении человека к находящемуся под напряжением корпусу электроприемника образуется цепь для прохождения тока через тело человека, его обувь, землю и заземление нейтрали (рис. 56, а). Защитное действие зануления определяется тем, что при металлическом замыкании какой-либо фазы на корпус значение протекающего в ней тока (рис. 56, б) достаточно, чтобы перегорела плавкая вставка предохранителя или отключился автоматический выключатель.

Отсутствие защитного зануления электроприемника и, как следствие, прохождение тока замыкания по случайному пути в местах плохих контактов могут вызвать искрения и местные нагревы, которые являются причинами загораний и пожаров.

При эксплуатации надежность и целостность защитного зануления и его состояние должны проверять внешним осмотром не реже 1 раза в 6 мес, а в сырых и особо сырых помещениях — не реже 1 раза в 3 мес; измерения сопротивления растекания тока — не реже 1 раза в год, а также после каждого капитального ремонта и длительного бездействия установки. Результаты проверки должны записываться в соответствующий журнал.

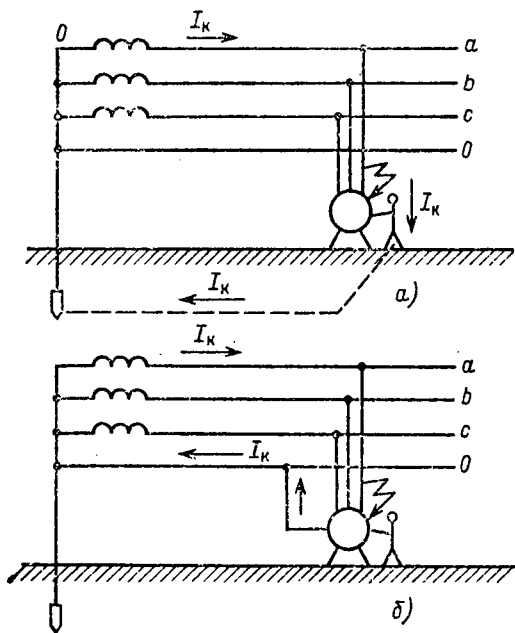


Рис. 56. Замыкание на корпус электроприемника в сети с глухозаземленной нейтралью:

а — при отсутствии защитного зануления; б — с защитным занулением

**Защитное отключение** — практически мгновенное (с полным временем не более 0,2 с) автоматическое отключение от сети всех фаз электроприемника или участка электропроводки при повреждении в них изоляции или при других аварийных режимах с целью защиты человека от поражения электрическим током. Защитное отключение может применяться как в дополнение к сетям заземления и зануления, так и в качестве единственной и основной меры защиты.

Устройства защитного отключения рекомендуется применять только в электроустановках до 1 кВ следующих видов:

в передвижных с изолированной нейтралью в условиях, когда сооружение заземляющего устройства с необходимыми параметрами затруднено. Защитное отключение в таких сетях может применяться в виде самостоятельной защиты и в сочетании с заземлением;

в стационарных с изолированной нейтралью для защиты ручных электрических машин;

в стационарных и передвижных с различными режимами нейтрали в условиях повышенной опасности поражения электрическим током и взрывоопасности;

в стационарных с глухозаземленной нейтралью на отдельных удаленных потребителях электроэнергии и потребителях большой мощности, на которых защита занулением недостаточно эффективна, т. е. защитное зануление не может обеспечить требуемой кратности тока однофазного замыкания на землю.

Для защитного отключения используются специальные устройства защитного отключения (ЗОУ), схемы и конструкции которых определяются характером электроустановки, режима заземления нейтрали и др. Может использоваться также специальное защитное реле, устройство которого аналогично высокочувствительному реле напряжения с размыкающими контактами, включаемыми в цепь магнитного пускателя, например электродвигателя.

Примером простейшего ЗОУ может служить реле напряжения, обмотка которого включена между корпусом и заземлителем (рис. 57). Если сопротивление обмотки реле значительно больше сопротивления вспомогательного заземлителя, который вынесен за пределы поля растекания защитного заземления, то обмотка реле  $K1$  находится под напряжением, равным напряжению корпуса относительно земли. Если при пробое на корпус это напряжение оказывается больше напряжения срабатывания реле  $K1$ , последнее срабатывает и замыкает цепь отключающей обмотки  $K2$  автоматического выключателя  $Q1$  (рис. 57, а) или размыкает цепь обмотки магнитного пускателя  $Q2$  (рис. 57, б).

Другим примером простейшего ЗОУ может служить максимальное токовое реле, обмотка которого включается в зануляющий провод, а контакты аналогично пре-



дыдущему размыкают цепь обмотки магнитного пускателя или замыкают цепь обмотки автоматического выключателя. Вместо реле в отдельных случаях можно использовать непосредственно обмотку максимально токового расцепителя автоматического выключателя.

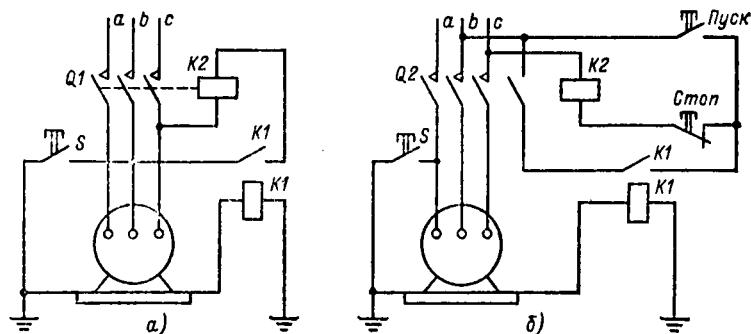


Рис. 57. Схема защитного отключения на появление напряжения корпуса относительно земли:

а — с автоматическим выключателем; б — с магнитным пускателем

Для обеспечения надежной работы устройств защитного отключения после ввода в эксплуатацию должны производиться их частичные и полные плановые проверки. Полные плановые проверки проводятся не реже 1 раза в три года и, как правило, одновременно с ремонтом соответствующих первичных цепей и силового оборудования. В объем полных проверок, кроме определяемых конкретным типом устройства испытаний, должны входить: испытание изоляции; осмотр состояния аппаратуры и коммутации; проверка уставок и основных параметров защиты; опробование устройства в действии.

Частичные проверки производятся между полными проверками с периодичностью, зависящей от местных условий. При этом измеряется сопротивление изоляции, производится осмотр аппаратуры и вторичных цепей, опробование в действии. В случае отказа в работе или неправильного действия устройства защитного отключения проводят дополнительные проверки по специальным программам.

**Обеспечение недоступности токоведущих частей.** Ограждение токоведущих частей и расположение их на недоступной высоте.

Помимо токоведущих частей, имеющих электрическую изоляцию по всей длине, в электроустановках применяют неизолированные токоведущие части, которые закрепляют на изоляторах в отдельных точках. Для предотвращения случайного прикосновения их закрывают сплошными ограждениями в виде крышек (например, присоединительные зажимы электродвигателей), кожухов (у электрических аппаратов, шинопроводов) или сетчатыми ограждениями (в распределительных устройствах) либо располагают на определенной высоте (провода линий электропередачи и др.).

Ограждения делают из диэлектрика или из металла. Они должны располагаться на определенном расстоянии от неизолированных токоведущих частей, зависящем от напряжения электроустановки и конструкции ограждения [1, 7]. Так, в закрытых РУ это расстояние для сплошных ограждений должно составлять при напряжении 6 кВ — 120 мм, 10 кВ — 150 мм, 35 кВ — 320 мм, а для сетчатых — соответственно 190, 220 и 390 мм.

Наряду со стационарными применяют временные ограждения, назначение которых при работах в электроустановках состоит в предупреждении опасного случайного прикосновения к находящимся под напряжением токоведущим частям, расположенным вблизи места работы. Они предназначаются также для закрытия проходов в помещения, куда вход работающим запрещен. Такими ограждениями могут быть специальные сплошные или решетчатые деревянные щиты, ширмы и т. п.; резиновые или пластмассовые колпаки, надеваемые на ножи однополюсных разъединителей для предотвращения их ошибочного включения; изолирующие накладки — пластины из резины, текстолита и им подобных материалов, используемые для покрытия ножей отключенного рубильника или разъединителя и препятствующие их ошибочному включению.

Ограждения в виде щитов, ширм применяются в электроустановках всех напряжений. Их устанавливают так, чтобы расстояние от них до токоведущих частей установок напряжением до 15 кВ было не меньше 0,35 м.

Случайное прикосновение к находящимся под напряжением токоведущим частям исключено в получивших широкое применение аппаратах закрытых конструкций: выключателях и переключателях, рубильниках и переключателях с рычажным приводом (у которых открытый

рубильник располагается за панелью распределительно-го щита, а рукоятка управления — на его лицевой стороне), магнитных пускателях серии П, установочных автоматических выключателях типов АП-50, А-3000 и др.

В тех случаях, когда изоляция или ограждение токоведущих частей нецелесообразны или невозможны, их размещают на недоступной высоте. Примером могут служить неизолированные провода воздушных линий электропередачи, прокладываемых вне зданий, которые действительно невозможно оградить. На воздушных линиях расстояние от земли до низшей точки провеса проводов (габарит) нормируется [1]:

на линиях напряжением до 1 кВ габарит должен быть не менее 6 м; наименьшее допустимое расстояние от земли до проводов ввода в дом при напряжении 380/220 В — 2,75 м; расстояние до вводного пролета, пересекающего пешеходную дорожку, или в месте пересечения с непроезжей частью улиц, ответвлениями от ВЛ должно быть не менее 3,5 м; также равным 3,5 м должно быть расстояние от земли до изоляторов выводов напряжением до 1 кВ на мачтовых и комплектных трансформаторных подстанциях;

на воздушных линиях выше 1 кВ и до 110 кВ расстояние от проводов до земли должно составлять 7 м (населенная местность), в ненаселенной местности — 6 м, в труднодоступной — 5 м. В местах пересечения автомобильных и железных дорог при напряжении до 110 кВ габарит линии должен быть соответственно не менее 7 и 7,5 м. Габарит до изоляторов выводов напряжением 6—10 кВ на трансформаторных подстанциях — не менее 4 м.

Внутри производственных зданий (в цехах, мастерских, гаражах и т. п.) неогражденные токоведущие шины должны прокладываться на высоте не менее 3,5 м от пола.

**Блокировки безопасности.** Надежным средством защиты персонала от прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, является блокировка. В общем случае блокировками называют устройства, исключающие возможность опасных ошибок в работе. Блокировки могут быть электромагнитными и механическими. Примером электромагнитной блокировки может служить блокировка двери ячейки РУ выше 1 кВ с выключателем и разъединителем, которая

позволяет открыть дверь ячейки только при отключенных выключателе и разъединителе, через которые в ячейку подается напряжение. При механической блокировке, например, при снятии защитного кожуха размыкается штепсельный разъем и подача напряжения к устройствам под кожухом прекращается.

Особая роль при эксплуатации электроустановок отводится оперативной блокировке, исключающей ошибочные операции коммутационной аппаратуры, в результате которых может произойти не только авария, но и несчастный случай. Такими операциями могут быть: отключение и включение разъединителями тока нагрузки при включенном выключателе; включение коммутационной аппаратуры на заземляющие ножи; включение заземляющих ножей на ошиновку, находящуюся под напряжением.

В сельских электроустановках применяют в основном механические блокировки разъединителей с непосредственной рычажной связью между приводами выключателя и разъединителя. Кроме того, в ячейках типа КРН-10 оборудуются блокировка двери или сетчатого ограждения ячейки со стороны масляного выключателя с разъединителем, исключающая возможность открывания двери или сетчатого ограждения ячейки при включенном разъединителе.

Мачтовые и комплектные трансформаторные подстанции 6(10)/0,38 кВ, включение которых осуществляется через выносные разъединители, имеют замок-блокировку системы Гинодмана с приводом главного рубильника 0,38 кВ, которая не позволяет проводить операции включения и отключения разъединителя при включенном главном рубильнике.

Применение малых напряжений, защитное разделение сетей и контроль изоляции. *Малым напряжением* называют номинальное напряжение не более 42 В между фазами и по отношению к земле, применяемое в электрических установках для обеспечения электробезопасности. Область применения малых напряжений невелика, так как уменьшение напряжения связано с увеличением тока, сечений проводов и токопроводящих частей электрических машин и аппаратов. Она ограничивается различным инструментом, сетями освещения, некоторыми бытовыми приборами и т. д. Источником малого напряжения может быть ба-

тарей гальванических элементов, аккумулятор, выпрямительная установка и трансформатор.

Наиболее часто в качестве источника малого напряжения используют понижающие трансформаторы с вторичным напряжением 12—35 В. Для обеспечения невозможности перехода тока из первичной обмотки во вторичную, питающую электроприемники, корпус трансформатора заземляют и удаляют его от электроприемников на расстояние не менее 5 м. Для большей безопасности на вторичной стороне трансформатора следует применять хорошо изолированные провода, а для переносных электроприемников — изолированные шланговые провода. При работе в металлических резервуарах и на токопроводящих конструкциях трансформаторы необходимо устанавливать вне емкостей и конструкций, а их корпуса соединять с этими объектами с целью выравнивания потенциалов на трансформаторе и конструкции.

*Защитное разделение сети* — деление электрической сети большой протяженности на короткие участки. Оно осуществляется путем подключения отдельных электроприемников через разделительный трансформатор, защитное действие которого основано на том, что он отделяет электроприемник от первичной сети и сети заземления. Вследствие этого при пробое изоляции в электроприемнике на корпус опасности для человека не возникает.

Разделительные трансформаторы должны удовлетворять следующим требованиям:

первичное напряжение — до 1 кВ, а вторичное — до 380 В. При этом коэффициент трансформации может быть 1 : 1;

от трансформатора может питаться только один электроприемник по сравнительно коротким проводам с надежной изоляцией;

конструкция и изоляция трансформатора должны иметь повышенную надежность;

корпус трансформатора должен быть заземлен или занулен в зависимости от режима работы нейтрали питающей сети;

заземлять или занулять вторичную обмотку трансформатора или питающийся от него электроприемник запрещается.

Разделительные трансформаторы применяют, например, для питания электрифицированного инструмента,

который из-за сравнительно большой мощности трудно выполнить на пониженном напряжении.

*Контроль изоляции* — это измерение ее активного (омического) сопротивления с целью обнаружить дефекты и предупредить замыкания на землю и короткие замыкания. Существует два вида контроля: периодический и постоянный. Периодический контроль состояния изоляции электроустановок напряжением до 1-кВ производится не реже 1 раза в 3 года, а также перед вводом электроустановок в эксплуатацию и после длительного пребывания в нерабочем состоянии. Измерение изоляции осуществляется при помощи омметра или мегаомметра.

Непрерывный контроль сопротивления изоляции в сетях переменного тока выше 1 кВ с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью, в сетях переменного тока до 1 кВ с изолированной нейтралью и в сетях постоянного тока должен выполняться автоматически с действием на сигнал при снижении сопротивления изоляции ниже заданного значения, с последующим контролем напряжения при помощи показывающего прибора (с переключением).

*Плакаты и знаки безопасности.* Одним из средств предупреждения случайных прикосновений к токоведущим частям, находящимся под напряжением, являются плакаты и знаки безопасности, а также надписи. Они предостерегают посторонних или позволяют персоналу, обслуживающему электроустановки, избежать опасных ошибок, в результате которых на место работ может быть подано напряжение. Плакаты и знаки делятся [7] на предупреждающие, запрещающие, предписывающие и указательные.

*Предупреждающими* служат плакаты «Стоять — напряжение», «Испытание — опасно для жизни», «Не влезай — убьет!» и знак, назначение которого состоит в предупреждении об опасности поражения электрическим током («Осторожно! Электрическое напряжение»).

*Запрещающими* плакатами, применяемыми в электросетях, являются: «Не включать — работают люди», «Не включать — работа на линии», «Не открывать — работают люди».

*Предписывающие* плакаты: «Работать здесь» и «Влезать здесь».

*Указательный* плакат — «Заземлено».

По характеру применения плакаты и знаки могут быть *постоянными и переносными*. Например, для предупреждения об опасности поражения электрическим током при проведении испытаний повышенным напряжением на оборудовании и ограждениях токоведущих частей при подготовке рабочего места вывешивается переносный плакат «Испытание — опасно для жизни».

Практически во всех электроустановках до 1 кВ и выше на внешних сторонах дверей РУ, щитов и сборок, ограждений в настоящее время укрепляется постоянный знак «Осторожно! Электрическое напряжение». Знак представляет собой вычерченный на желтом фоне черной каймой треугольник с черной стрелой внутри. Буквенных надписей нет. Такой знак укрепляется также на деревянных и металлических опорах ВЛ напряжением выше 1 кВ на высоте 2,5—3 м от земли. На железобетонных опорах ВЛ несмываемой черной краской с помощью трафарета наносят рамку и стрелу.

**Средства защиты.** К средствам защиты, применяемым в электроустановках, относятся:

изолирующие штанги (оперативные, для наложения заземления, измерительные), клещи изолирующие для операций с предохранителями и электроизмерительные, указатели напряжения, указатели напряжения для фазировки и т. д.;

изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ под напряжением выше 1 кВ и слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками для работы в электроустановках до 1 кВ;

диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики, изолирующие накладки и подставки;

переносные заземления; оградительные устройства и диэлектрические колпаки; плакаты и знаки безопасности (эта группа защитных средств рассмотрена выше);

защитные очки, каски, противогазы, рукавицы, предохранительные монтерские пояса и страховочные канаты.

Средства защиты по степени надежности делятся на *основные и дополнительные*. При этом основными нельзя пользоваться без применения дополнительных. Основными считаются защитные средства, которые допускают непосредственное прикосновение ими к токоведущим частям под напряжением. Дополнительные защит-

ные средства служат только дополнительной гарантией на случай повреждения основных или появления напряжения на частях установки, нормально не находящихся под напряжением.

К основным электрозащитным средствам для работы в электроустановках выше 1 кВ относятся: изолирующие штанги; изолирующие и токоизмерительные клещи; указатели напряжения и указатели напряжения для фазировки; изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ: изолирующие лестницы, площадки, тяги, непосредственно касающиеся проводов, канаты, корзины телескопических вышек и т. д.

К дополнительным средствам электрозащиты, применяемым в электроустановках напряжением выше 1 кВ, относятся: диэлектрические перчатки, боты и коврики; диэлектрические колпаки и изолирующие подставки и накладки; переносные заземления; оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности.

К основным электрозащитным средствам, применяемым в электроустановках до 1 кВ, относятся: изолирующие штанги; изолирующие и токоизмерительные клещи; диэлектрические перчатки; указатели напряжения; слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.

В качестве дополнительных в электроустановках до 1 кВ могут применяться защитные средства: диэлектрические галоши и коврики; переносные заземления; изолирующие подставки и накладки; оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности.

Порядок пользования, нормы и сроки испытаний защитных средств нормируются и показаны в [7].

Первая помощь пострадавшим от электрического тока. Весь персонал, обслуживающий электроустановки, должен знать способы оказания первой помощи пострадавшим [6], а также практические приемы освобождения от электрического тока, способы ведения искусственного дыхания и наружного (непрямого) массажа сердца. Спасение пострадавшего в большинстве случаев зависит от быстроты освобождения его от электрического тока, а также от быстроты и качества оказания первой помощи. Промедление и затянувшаяся подготовка могут повлечь за собой гибель пострадавшего.



*Освобождение от электрического тока.* Прикосновение к человеку, находящемуся под током, опасно для жизни оказывающего помощь и требует соблюдения ряда мер предосторожности. Прежде всего необходимо немедленно отключить ту часть электроустановки, которой касается пострадавший. При этом необходимо учитывать следующее. Если пострадавший находится на высоте, то отключение электроустановки и освобождение пострадавшего от электрического тока могут привести к падению пострадавшего с высоты; поэтому необходимо предупредить или обезопасить пострадавшего от падения. При отключении электроустановки может одновременно отключиться также и электрическое освещение, поэтому следует обеспечить освещение от другого источника (фонарь, факел, свечи, аварийное освещение и т. п.), не задерживая отключения установки и оказания первой помощи.

Если быстрое отключение установки невозможно, необходимо принять меры к отделению пострадавшего от токоведущих частей. При этом в электроустановках напряжением до 1 кВ следует пользоваться каким-либо сухим предметом — канатом, палкой, доской, сухой одеждой и т. п. Использовать для этого металлические и мокрые предметы не допускается. Можно также, оттаскивая пострадавшего, взяться за его одежду — полы пиджака, пальто — если она сухая и отстает от тела пострадавшего, избегая прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела, не прикрытым одеждой. Для изоляции рук оказывающего помощь необходимо надеть диэлектрические перчатки, набросить на руку сухую одежду (прорезиненный плащ, суконную фуражку, шарф и т. п.), опустить рукав собственной одежды. Можно также изолировать себя, надев диэлектрические галоши, подстелив диэлектрический коврик, встав на сухую доску или какую-либо другую не проводящую электрический ток подстилку; все зависит от того, что легче осуществить в данных условиях. При отделении пострадавшего от токоведущих частей рекомендуется по возможности действовать одной рукой.

Для отделения пострадавшего от земли или токоведущих частей, находящихся под напряжением выше 1 кВ, следует надеть диэлектрические перчатки и боты и действовать штангой или клещами, рассчитанными на напряжение данной установки. При необходимости мож-

но перерубить или перерезать провода топором с сухой деревянной рукояткой или другим изолирующим инструментом. На линиях электропередачи, когда невозможно достаточно быстро освободить пострадавшего от тока, применив вышеописанные способы, необходимо прибегнуть к короткому замыканию (например, металлическим набросом) всех проводов линии, предварительно заземлив набрасываемый провод. При этом должны быть приняты меры, чтобы набрасываемый провод не коснулся тела спасателя и пострадавшего. Кроме принятия мер на случай падения пострадавшего с высоты, следует иметь в виду, что если пострадавший касается одного провода, оказывается часто достаточным заземление только этого провода.

Следует всегда помнить, что и после отключения линии может иногда в течение некоторого времени, вследствие достаточно большой емкости (например, при наличии вставок кабелей), сохранять опасный для жизни электрический заряд. Поэтому линия должна быть надежно заземлена.

*Меры первой медицинской помощи* зависят от состояния, в котором находится пострадавший после освобождения его от электрического тока. Для определения этого состояния необходимо немедленно уложить пострадавшего на спину на твердую поверхность; проверить, есть ли у пострадавшего дыхание (определяется по подъему грудной клетки, зеркалом или каким-либо другим способом), есть ли пульс — на лучевой артерии у запястья или на сонной артерии шеи; выяснить состояние зрачка (узкий или широкий) — широкий зрачок свидетельствует о резком ухудшении кровоснабжения мозга.

Во всех случаях поражения электрическим током вызов врача является обязательным независимо от состояния пострадавшего.

Если пострадавший находится в сознании, но до этого он был в состоянии обморока, его следует уложить в удобное положение (подстелить под него что-либо из одежды и накрыть его) и до прибытия врача обеспечить полный покой. Необходимо непрерывно наблюдать за дыханием и пульсом. Ни в коем случае не позволять пострадавшему двигаться, а тем более продолжать работу, так как отсутствие ярко выраженных симптомов после поражения электрическим током не исключает последующего ухудшения состояния пострадавшего. При не-

возможности быстро вызвать врача надо срочно доставить пострадавшего в лечебное учреждение, обеспечив транспортным средством и носилками.

Пострадавшего, находящегося в бессознательном состоянии, но с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, следует удобно уложить на подстилку, растегнуть его одежду, распустить пояс, обеспечить приток свежего воздуха, давать нюхать нашатырный спирт, обрызгивать лицо холодной водой. Если дыхание пострадавшего очень редкое, судорожное, ему необходимо сделать искусственное дыхание и массаж сердца. Делать искусственное дыхание после того, как пострадавший начнет дышать самостоятельно и равномерно, не следует, так как продолжение искусственного дыхания в этом случае может причинить вред.

При отсутствии у пострадавшего признаков жизни (дыхания и пульса) нельзя считать его мертвым. Если пострадавшему не будет оказана немедленно первая помощь (искусственное дыхание, наружный массаж сердца), он действительно умрет. Искусственное дыхание следует производить непрерывно как до прибытия врача, так и после. Вопрос о целесообразности дальнейшего проведения искусственного дыхания решается врачом. Категорически запрещаются попытки оживлять пострадавшего от электрического тока, зарывая его в землю; такой способ не только совершенно бесполезен, но и очень опасен.

## Список литературы

1. Правила устройства электроустановок. — 6-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Барг И. Г., Валк Х. Я., Комаров Д. Т. Совершенствование обслуживания электросетей 0,4—20 кВ в сельской местности М.: Энергия, 1980.
3. Андриевский Е. Н. Эксплуатация оборудования электросетей в сельской местности. М.: Энергия, 1980.
4. Андриевский Е. Н. Секционирование и резервирование сельских электросетей. М.: Энергоатомиздат, 1983.
5. Справочник по строительству электрических сетей 0,38—35 кВ/Под ред. Д. Т. Комарова. М.: Энергоиздат, 1982.
6. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. — 4-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1986.
7. Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках. — 7-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1983.

# Содержание

Предисловие	3
1. Электрические сети в сельской местности	4
2. Распределительные электрические сети	16
3. Электрические линии 380/220 В	41
4. Оборудование, аппаратура управления и защиты, применяемые в электроустановках	60
5. Электрическое освещение и применение ультрафиолетового и инфракрасного излучений	92
6. Применение электроэнергии для получения теплоты	107
7. Заземление и меры безопасности в электроустановках	117
Список литературы	141